NORMA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE FIRMES DE LA RED DE CARRETERAS DEL PAÍS VASCO

Texto ampliado y revisado, abril de 2022

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 5
2. ÁMBITO DE APLICACIÓN 8
3. JERARQUIZACIÓN DE LA RED 9
4. CONSIDERACIONES GENERALES 10
4.1. INTRODUCCIÓN 10
4.2. ANÁLISIS DEL TRÁFICO 10
4.3. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS TERRENOS 10
4.4. IDENTIFICACIÓN DE SUELOS Y MATERIALES DISPONIBLES 11
4.5. SELECCIÓN DE LA EXPLANADA MEJORADA 11
4.6. DISEÑO DE LOS FIRMES 11
4.7. UTILIZACIÓN DE SECCIONES ALTERNATIVAS DE FIRME 12
4.8. PROGRAMACIÓN DE LA OBRA PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DEL FIRME 12
5. TRÁFICO DE PROYECTO 13
5.1. CATEGORÍA DE TRÁFICO DE PROYECTO 13
5.2. CÁLCULO DEL TRÁFICO DE PROYECTO 14
6. EXPLANADA MEJORADA 18
6.1. CATEGORÍA DE EXPLANADA 18
6.2. CATÁLOGO DE SECCIONES 19
6.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES 19
6.4. UNIDAD TERMINADA 21
6.5. CRITERIOS DE PROYECTO 22
7. MATERIALES PARA EL FIRME 25
7.1. MEZCLAS BITUMINOSAS. GENERAL 25
7.2. MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE Y SEMICALIENTE 26
7.3. MEZCLAS BITUMINOSAS TEMPLADAS CON EMULSIÓN 27
7.4. MEZCLAS BITUMINOSAS EN FRÍO 28
7.5. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES CON GRAVILLA 28

7.6. GRAVACEMENTO 31
7.7. SUELOCEMENTO 31
7.8. ZAHORRA ARTIFICIAL 32
7.9. RIEGOS 33

8. CLIMA 34

8.1. ZONA TÉRMICA ESTIVAL 34

9. SECCIONES DE FIRME EN CALZADA 35

9.1. CATÁLOGO DE SECCIONES 35
9.2. COMPARACIÓN DE SECCIONES 44
9.3. SECCIONES ALTERNATIVAS 44

10. SECCIONES DE FIRME EN ARCENES 47

11. SECCIONES DE FIRMES ESPECIALES 49

11.1. TRAVESÍAS 49
11.2. TÚNELES 50
11.3. OBRAS DE PASO 51
11.4. ENSANCHES DE CALZADA 52
11.5. FIRMES PROVISIONALES 53
11.6. ZONAS DE ESTACIONAMIENTO Y PARADA 54
11.7. LECHOS DE FRENADO 56

12. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS 58

12.1. DISPOSICIÓN TRANSVERSAL 58
12.2. VARIACIÓN DE SECCIONES ENTRE CARRILES 59
12.3. DRENAJE DE LAS CAPAS DE FIRME 60

13. DEFINICIONES 64

ANEJO 1. ESTUDIOS DE TRÁFICO 68

A1.1. INTENSIDAD DEL TRÁFICO PESADO (IMD_P) 68
A1.2. COEFICIENTE DE PONDERACIÓN (γ_T) 69
A1.3. FACTOR DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO (F) 71
A1.4. EJEMPLOS 74

ANEJO 2. ESCENARIOS DE CONSERVACIÓN 77

ANEJO 3. ÁRIDOS SIDERÚRGICOS DE HORNO ELÉCTRICO PARA MEZCLAS BITUMINOSAS 81

A3.1. DEFINICIÓN 81
A3.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES 81
A3.3. ÁRIDO GRUESO 82
A3.4. ÁRIDO FINO 82
A3.5. TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA 82
A3.6. CONTROL DE CALIDAD 83

ANEJO 4. ÁRIDOS SIDERÚRGICOS DE HORNO ELÉCTRICO PARA ZAHORRAS 84

A4.1. DEFINICIÓN 84

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

A4.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES 84
A4.3. TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA 85
A4.4. CONTROL DE CALIDAD 85

ANEJO 5. ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN Y DE MATERIAL BITUMINOSO RECUPERADO DE FRESADOS (RA) PARA ZAHORRAS 87

A5.1. DEFINICIÓN 87
A5.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES 88
A5.3. CONTROL DE CALIDAD 89

ANEJO 6. ÁRIDO RECICLADO PROCEDENTE DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) Y DE MATERIAL BITUMINOSO RECUPERADO DE FRESADOS (RA) COMO SUELOS SELECCIONADOS PARA TERRAPLENES Y EXPLANADAS MEJORADAS . 92

A6.1. DEFINICIÓN 92
A6.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES 93
A6.3. CONTROL DE CALIDAD 94
A6.4. ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA 98
A6.5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO DEL LOTE 99

ANEJO 7 - ÁRIDOS PARA MEZCLAS BITUMINOSAS A UTILIZAR EN LAS CAPAS DE RODADURA 101

A7.1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN 101
A7.2. REQUISITOS DE LOS ÁRIDOS GRUESOS Y ÁRIDOS FINOS 101
A7.3. REQUISITOS DEL POLVO MINERAL 104
A7.4. CONTROL DE CALIDAD 105

ANEJO 8 - MATERIALES TRATADOS CON CEMENTO (SUELOCEMENTO Y GRAVACEMENTO) 109

A8.1. DEFINICIÓN 109
A8.2. MATERIALES 109
A8.3. TIPO Y COMPOSICIÓN DEL MATERIAL TRATADO CON CEMENTO 114
A8.4. EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS 116
A8.5. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS 118
A8.6. TRAMO DE PRUEBA 123
A8.7. ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA 124
A8.8. LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN 125
A8.9. CONTROL DE CALIDAD 125
A8.10. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO 130
A8.11. MEDICIÓN Y ABONO 133

ANEJO 9 – MEZCLAS BITUMINOSAS TEMPLADAS CON EMULSIÓN TIPO HORMIGÓN BITUMINOSO 134

A9.1. DEFINICIÓN 134
A9.2. MATERIALES 134
A9.3. TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA 143
A9.4. EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS 147
A9.5. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS 149
A9.6. TRAMO DE PRUEBA 156

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

A9.7. ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA....157
A9.8. LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN....159
A9.9. CONTROL DE CALIDAD....159
A9.10. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO....168
A9.11. MEDICIÓN Y ABONO....170

ANEJO 10 – MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS EN FRÍO 172

A10.1. DEFINICIÓN....172
A10.2. MATERIALES....172
A10.3. TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA BITUMINOSA ABIERTA EN FRÍO....179
A10.4. EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS....181
A10.5. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS....184
A10.6. TRAMO DE PRUEBA....189
A10.7. ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA....190
A10.8. LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN....192
A10.9. CONTROL DE CALIDAD....192
A10.10. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO....197
A10.11. MEDICIÓN Y ABONO....199

ANEJO 11 – MATERIAL BITUMINOSO RECUPERADO DE FRESADOS (RA)..... 200

A11.1. DEFINICIÓN....200
A11.2. REQUISITOS DEL RA....200
A11.3. IDENTIFICACIÓN DEL RA....204
A11.4. TRATAMIENTO Y ACOPIO....205
A11.5. CONTROL DE CALIDAD....206
A11.6. MEDICIÓN Y ABONO....210

ANEJO 12 – MEZCLAS BITUMINOSAS FABRICADAS CON MATERIAL BITUMINOSO RECUPERADO DE FRESADOS (RA) EN CENTRAL EN CALIENTE O SEMICALIENTE..... 211

A12.1. DEFINICIÓN....211
A12.2. MATERIALES....211
A12.3. TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA....213
A12.4. EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS....213
A12.5. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS....214
A12.6. CONTROL DE CALIDAD....216
A12.7. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO....217
A12.8. MEDICIÓN Y ABONO....217

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

1. INTRODUCCIÓN

En la Comunidad Autónoma Vasca se da una elevada movilidad de personas y mercancías, generada, de un lado, por la ubicación geográfica de Euskadi respecto de Europa y el resto de la Península Ibérica, situada entre el Eje Atlántico y el Valle del Ebro y en el eje de comunicación Norte-Sur con Europa, que determinan que sea un territorio de paso obligatorio en la red de comunicaciones estatal y europea, y, de otro, por la intensa actividad económica con un importante peso relativo del sector industrial, consecuencia en parte de esta posición estratégica. Esta movilidad es absorbida en su mayor parte por la carretera, por lo que un elevado porcentaje de la red soporta tráficos muy altos. Por otro lado, muchas relaciones intercomarcales y locales se canalizan a través de vías con baja intensidad de tráfico.

La peculiar distribución del tráfico, unido a las especiales características climatológicas, terrenos existentes, disponibilidad de materiales y la experiencia desarrollada por las administraciones competentes en la gestión y explotación de las carreteras, conducen a plantear la necesidad de una norma técnica propia de dimensionamiento de firmes.

En virtud de lo dispuesto en el art. 7.a.8) de la Ley 27/1983 de 25 de noviembre, los Órganos Forales de los Territorios Históricos de Álava, Bizkaia y Gipuzkoa ostentan la competencia de planificación, proyecto, construcción, conservación, modificación, financiación, uso y explotación de carreteras que transcurren por su territorio, con la excepción de las autopistas en régimen de concesión estatal. Sin embargo, dado el carácter de continuidad e interrelación de la red viaria, y al objeto de asegurar la debida coordinación entre las redes del País Vasco que, atendiendo a la importancia de tráficos, son prolongación de las redes de otras administraciones limítrofes o de conexión de los Territorios Históricos entre sí, la Ley 27/1983 establece que corresponde, de un lado, al Gobierno Vasco la aprobación del denominado Plan General de Carreteras del País Vasco, y de otro, a los Territorios Históricos contemplar las previsiones, objetivos, prioridades y mejoras que se recojan en dicho Plan General de Carreteras. Este documento de planificación establece las normas técnicas que se pondrán en vigor en las redes de carreteras de las administraciones vascas.

La Norma Técnica para el dimensionamiento de secciones de firme de la red de carreteras de los Territorios Históricos del País Vasco, aprobada por Orden de la Consejera de Transportes y Obras Públicas de la Comunidad Autónoma del País Vasco, de 12 de julio de 2007, fué el resultado del trabajo realizado por la Comisión del Plan General de Carreteras del País Vasco mediante una comisión de seguimiento integrada por técnicos del Gobierno Vasco, las Diputaciones Forales de Álava, Bizkaia y Gipuzkoa y el CEDEX, en el marco de un convenio de colaboración entre el Gobierno Vasco y el Centro de Estudios de Carreteras del CEDEX. Antes de su redacción definitiva el documento fue sometido al análisis de una comisión de expertos a nivel nacional constituida ex profeso e integrada por técnicos de probada experiencia en el diseño y construcción de firmes de carreteras.

En la Norma se daban los criterios básicos a seguir para el proyecto de firmes de nueva construcción en el País Vasco, así como para la reconstrucción total de los existentes.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

Las soluciones de diseño se incluyen en una serie de catálogos de secciones, tanto para la constitución de los firmes como de las explanadas, de sencilla utilización por parte de los proyectistas, y en los que se ofrece una amplia gama de soluciones con diferentes materiales. Además, se abordan de forma especial los detalles constructivos y se ofrecen soluciones específicas para firmes especiales que, por su singularidad, precisan de consideraciones adicionales para su diseño.

La elaboración de esta Norma se basó en dos pilares fundamentales. De un lado el diseño analítico de firmes y la experiencia ya existente al respecto, que permite optimizar el diseño de las secciones en base a consideraciones mecánico-empíricas. De otro, la experiencia en el País Vasco, a partir de un estudio del comportamiento de los firmes construidos por las Diputaciones Forales en los últimos veinte años. También se incorporaron a esta Norma los últimos desarrollos en la técnica de la construcción de carreteras que se han considerado de aplicación en el territorio.

Aprobada la Norma de firmes, ha sido voluntad de la Comisión del Plan General de Carreteras del País Vasco efectuar un seguimiento continuo de su contenido, orientando el esfuerzo hacia el estudio del comportamiento de los firmes ejecutados de acuerdo con los nuevos criterios, el análisis y la incorporación en su caso de nuevos materiales y técnicas de construcción o innovaciones en los mismos, y en general a revisar y actualizar el contenido de manera que se acomode a los últimos avances tecnológicos y normativos.

Esta es una edición revisada y ampliada de la Norma, después de la realizada en 2012, que fue aprobada por Orden de 13 de noviembre de 2012 del Consejero de Vivienda, Obras Públicas y Transportes. El resultado es el texto refundido que se presenta, en el que se mantiene la misma estructura y criterios básicos del original y se modifican parcialmente los aspectos trabajados en este periodo de seguimiento, observando el mandato que se realiza en el artículo 84.2 de la Ley 10/2021, de 9 de diciembre, de Administración Ambiental de Euskadi cuando determina que las administraciones públicas, en el marco de sus competencias, adaptarán sus instrucciones técnicas y documentos análogos para promover la compra y contratación pública verde.

Los cambios se concretan en lo dispuesto a continuación:

- Incorporación de dos nuevos materiales, mezclas bituminosas semicalientes y templadas, que aportan unas características complementarias a las mezclas bituminosas en caliente y tienen un gran interés en cuanto a la sostenibilidad ambiental al permitir utilizar menores temperaturas de fabricación y puesta en obra que éstas. Se introducen en el capítulo 7 de la Norma y se incluye un anejo específico de prescripciones técnicas para las mezclas templadas, ya que éstas no cuentan con el correspondiente artículo del PG-3.
- Inclusión de un anejo de prescripciones técnicas sobre mezclas abiertas en frío. Estos materiales se aplican en carreteras de tráfico bajo y no contaban con normativa de empleo. Al igual que las mezclas semicalientes y templadas tienen interés por sus características técnicas y la mejora medioambiental que aportan respecto a las mezclas en caliente.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

- Incremento de las tasas de materiales fresados en las mezclas bituminosas y admisión de su empleo en capas granulares, explanadas mejoradas y rellenos. A este respecto se sigue la tendencia estatal y de otros países en el reciclado de mezclas bituminosas y se avanza en el planteamiento de que la carretera reutilice sus propios residuos.
- Inclusión de las cenizas de la incineración de lodos residuales como fíller para mezclas bituminosas.
- Eliminación de la gravaemulsión, unidad de obra que no se utiliza en el sector vasco de la carretera.
- Incorporación al cuerpo de la Norma dos anejos ya aprobados, respectivamente en 2015 y 2017: anejo 7 “Áridos para mezclas bituminosas en capas de rodadura” y anejo 8 “Materiales tratados con cemento”.
- Ampliación del campo de aplicación de los áridos siderúrgicos, cuyo empleo se admite ahora en los materiales tratados con cemento.
- Se hace obligatoria la prefisuración del suelocemento, independientemente de la zona climática. Desaparece por tanto la consideración de zonas climáticas establecida en versiones anteriores.
- Se han realizado algunas modificaciones en el capítulo 7 “Materiales para el firme”, respecto a los espesores o materiales de las mezclas bituminosas para las distintas capas.
- Se han añadido sendos Anejos 11 y 12 referidos de manera específica al material recuperado de fresados y a las mezclas bituminosa fabricadas en central a partir de este material.
- Se ha revisado en general el texto y se ha adecuado a la normativa vigente.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El ámbito de aplicación de la presente Norma son los proyectos de firmes de carreteras de nueva construcción, y los de acondicionamiento o mejora de las existentes pertenecientes a la red de carreteras de los Territorios Históricos del País Vasco según se establece en la Norma Foral 20/1990 de carreteras del Territorio Histórico de Álava, de la Norma Foral 2/2011 de carreteras de Bizkaia y de la Norma Foral 1/2006 de carreteras y caminos de Gipuzkoa, en lo relativo a las carreteras y sus elementos funcionales. Todo ello en cumplimiento del artículo 7 de la Ley 2/1989, Reguladora del Plan General de Carreteras del País Vasco.

Se excluye del ámbito de esta Norma, las vías que constituyan la red interior municipal o local de comunicaciones, siempre que no se hallen expresamente calificadas como tramos urbanos de carreteras.

No será aplicable a los proyectos de rehabilitación de firmes de carreteras en servicio salvo en el caso de reconstrucción total del mismo.

No se contempla la construcción de firmes por etapas salvo en el caso de obras provisionales y siempre que esta solución esté contemplada en el proyecto.

Esta Norma sólo será válida para aquellos supuestos considerados explícitamente en la misma. Si se dieran otros, se deberán justificar las soluciones adoptadas manteniendo los principios y recomendaciones que se dan tanto en el texto normativo como en los documentos anejos. En cualquier caso, dichas justificaciones deberán ser aprobadas por la administración competente en cada caso.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

3. JERARQUIZACIÓN DE LA RED

Las carreteras cuya titularidad corresponde a los Territorios Históricos del País Vasco se jerarquizan atendiendo a su funcionalidad en: Red de Interés Preferente, Red Básica, Red Comarcal y Red Local. Además, Álava incluye una jerarquía adicional: la Red Vecinal; así como Bizkaia: la red complementaria en el Área Metropolitana.

Red de interés preferente. - Constituida por autopistas, autovías y vías rápidas, y aquellas carreteras convencionales que se determinen, como:

- Itinerarios de tráfico de carácter internacional.
- Itinerarios de acceso a pasos fronterizos.
- Itinerarios que soporten tráficos interautonómicos importantes de largo recorrido.
- Itinerarios por los que discurre un volumen considerable de transportes pesados o carga apreciable de mercancías peligrosas, tanto exteriores como interiores.
- Accesos a puertos y aeropuertos de interés general.

Red básica. - Formada por autovías o carreteras convencionales que, sin pertenecer a la Red de Interés Preferente, constituyen:

- Conexión de comarcas vecinas de dos Territorios Históricos o con otras Comunidades Autónomas siempre que tengan tráfico importante.
- Vías estructurantes del Territorio Histórico, formando itinerarios completos.

Red complementaria. - Esta jerarquización tan solo está empleada en el ámbito metropolitano del Territorio Histórico de Bizkaia. Constituida por tramos urbanos de carretera que facilitan la transición entre los itinerarios de alta capacidad de las redes Básica y de Interés Preferente con las arterias urbanas.

Red comarcal. - Está constituida por aquellas carreteras que, sin un tráfico importante, comuniquen comarcas vecinas dentro del Territorio Histórico.

Red local. - La integrada por las carreteras que no pertenezcan a ninguna de sus clasificaciones anteriores. Además, en Álava se establecen matizaciones que la distinguen de la red vecinal.

Red vecinal. - Esta jerarquización tan solo está empleada en el Territorio Histórico de Álava. Está constituida por las carreteras que no se hallen integradas en ninguna de las redes definidas en los apartados anteriores.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

4. CONSIDERACIONES GENERALES

4.1. INTRODUCCIÓN

El dimensionamiento del firme de una carretera es función de las características de los terrenos sobre los que se va a apoyar y del tráfico que se prevé durante el período de proyecto. El dimensionamiento necesita de los siguientes estudios, que se incluirán en el anejo de firmes del proyecto de construcción:

- Análisis del tráfico que soportará el firme durante el período de proyecto.
- Caracterización geotécnica de los terrenos atravesados y definición de las obras de tierra.
- Identificación de suelos y materiales disponibles para explanadas y capas de firme, incluyendo residuos o materiales secundarios.
- Definición de la Explanada Mejorada.
- Dimensionamiento de los firmes y selección de la capa de rodadura.
- Programación de la obra para la correcta ejecución del firme.

4.2. ANÁLISIS DEL TRÁFICO

Se realizará de acuerdo con los criterios indicados en el capítulo 5 "*Tráfico de proyecto*" y en el anejo 1 "*Estudios de tráfico*". Como resultado del estudio se determinará la IMD total de vehículos prevista en el año de puesta en servicio del tramo, el porcentaje de vehículos pesados, el Tráfico de Proyecto y la categoría de Tráfico de Proyecto.

4.3. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS TERRENOS

Se reconocerá el terreno natural que atraviesa la traza. Se partirá de los mapas geológicos publicados por el Instituto Tecnológico y Geominero de España, estudios previos de corredores, etc., complementados con un estudio geológico de detalle que permita la identificación de las formaciones y una primera tramificación del trazado a escala 1:5.000. Para el estudio de detalle se efectuará una calicata por cada cambio de material, y al menos, una en cada 300 m con categorías de tráfico T2 o superiores (ver capítulo 5) o cada 500 m con categorías de tráfico inferiores. En los tramos en desmonte en los que no sea posible reconocer el terreno natural de cimiento del firme con calicatas se efectuará un sondeo mecánico cada 500 m o al menos uno por desmonte. Las calicatas y sondeos, o la definición de terraplenes, pedraplenes o todo-unos deberán permitir la caracterización del terreno subyacente al menos 2 m bajo el apoyo de la Explanada Mejorada.

Para el dimensionamiento de firmes es necesario que los suelos estén caracterizados mediante ensayos de identificación (granulometría, límites de Atterberg y humedad natural) y químicos (yesos, sulfatos y sales solubles y materia orgánica), complementados con la densidad máxima Proctor, el índice CBR, el hinchamiento libre y el asiento en ensayo de colapso. En desmontes, el índice CBR se podrá estimar a partir de resultados de ensayos SPT mediante correlaciones debidamente justificadas. Con estos datos se podrán definir los suelos como inadecuados o

marginales, tolerables, adecuados o seleccionados según el artículo 330 del PG-3 y las prescripciones complementarias señaladas en el capítulo 6 *"Explanada Mejorada".*

La traza se dividirá en zonas de terreno subyacente homogéneo, que deben tener una longitud mínima de 500 m. En el estudio geotécnico se incluirá un perfil geológico-geotécnico en el que se definan y caractericen los suelos encontrados, se realice la correspondiente tramificación en zonas, se señale el suelo característico de cada una, y se recoja la situación del nivel freático.

4.4. IDENTIFICACIÓN DE SUELOS Y MATERIALES DISPONIBLES

Se realizará un inventario de suelos y áridos disponibles en la zona, acompañando su caracterización y el volumen utilizable, y realizando una valoración del precio de adquisición, transporte y puesta en obra.

Se incluirán en el inventario los residuos o subproductos cuyas características hagan posible, técnica y económicamente, su utilización en la obra. Entre otros, las escorias de acería, los estériles de mina, las cenizas volantes, las cenizas de incineración de lodos de depuración de aguas residuales, los neumáticos fuera de uso, los materiales reciclados de firme y los materiales procedentes de demolición.

4.5. SELECCIÓN DE LA EXPLANADA MEJORADA

La explanada mejorada se seleccionará de entre las predefinidas en el capítulo 6, en función del terreno subyacente, el tráfico esperado, el firme previsto, la experiencia existente y los suelos presentes en la zona.

La explanada mejorada se definirá en función de las zonas de terreno subyacente homogéneo de tal manera que se consigan tramos de proyecto de al menos 1 km con la misma categoría de explanada y, por tanto, con la misma sección de firme, salvo casos específicos debidamente justificados en los que sean aconsejables tramos menores.

4.6. DISEÑO DE LOS FIRMES

El firme se seleccionará entre las soluciones predefinidas incluidas en el capítulo 9 *"Secciones de firmes en Calzada"* en función del tráfico previsto y la explanada definida. En el catálogo de secciones de firme se han considerado diversas tipologías, y se ofrece un amplio abanico de soluciones de diseño. Para la selección de la solución más adecuada para el proyecto considerado, se tendrán en cuenta los materiales disponibles para ejecutar las distintas unidades de obra, las necesidades de drenaje, la experiencia en la zona, el tipo y comportamiento de los firmes adyacentes y los costes de construcción y conservación. El anejo de firmes del proyecto deberá incluir una propuesta justificada de los firmes seleccionados.

Los espesores indicados en el catálogo son espesores mínimos de proyecto, y se deberán exigir en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares para cada una de las unidades de obra.

La definición del firme a utilizar en los arcenes se presenta en el capítulo 10 *"Secciones de firme en arcenes",* en función de la categoría de tráfico y del tipo de firme de la calzada. En el capítulo

11 *"Secciones de firmes especiales"* se recogen las recomendaciones para el proyecto de firmes en zonas singulares, como travesías, túneles, tableros de obras de fábrica, ensanches de calzada, áreas de estacionamiento o parada, lechos de frenado o firmes provisionales, sometidas a acciones de tráfico o condiciones particulares.

En el capítulo 7 *"Materiales para el firme"* se incluyen los criterios para seleccionar los materiales más adecuados para cada sección de firme. Se abordan de forma especial los referentes al tipo y espesor de las capas de mezcla bituminosa. El clima se considera para la selección del tipo de betún a utilizar en las mezclas bituminosas. Se han elaborado dos mapas, uno deZona Térmica Estival y otro de Zona Climática en base a datos climáticos correspondientes a un período de treinta años, que se recogen en el capítulo 8 "Clima".

En el capítulo 12 *"Aspectos constructivos"* se recogen diversas consideraciones constructivas y, en particular, los sobreanchos de construcción de las diferentes capas del firme y el uso de firmes de espesor variable para calzadas con dos o más carriles por sentido de circulación. También se dan directrices para el drenaje del firme.

4.7. UTILIZACIÓN DE SECCIONES ALTERNATIVAS DE FIRME

Aunque no se considera por sí misma una práctica recomendable, en ocasiones puede ser de interés utilizar diseños de firme distintos a los que figuran en las tablas del catálogo de soluciones predefinidas. Este es el caso de falta o abundancia de determinados materiales, empleo de residuos o materiales con características distintas a las consideradas en este documento, técnicas nuevas o de otras secciones con disposiciones de materiales que aquí no se contemplan. En estas situaciones se puede recurrir a diseños alternativos dimensionados mediante cálculos analíticos de acuerdo con las directrices incluidas en el capítulo 9 *"Secciones de firmes en calzada".*

4.8. PROGRAMACIÓN DE LA OBRA PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DEL FIRME

En el anejo de estudio de firmes del proyecto de construcción se señalarán los criterios a tener en cuenta en la organización de la obra para una correcta ejecución del firme.

Se planificarán, entre otras tareas, el desfase entre el movimiento de tierras y la ejecución del firme para permitir la estabilización de los asientos de los rellenos, la construcción de los terraplenes en los trasdoses de las obras de fábrica antes de las operaciones de ejecución de explanadas en las obras anexas, o la organización del tráfico de obra para evitar o minimizar la circulación sobre los suelos estabilizados o los materiales con cemento.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

5. TRÁFICO DE PROYECTO

5.1. CATEGORÍA DE TRÁFICO DE PROYECTO

El Tráfico de Proyecto se define como el número acumulado de vehículos pesados que se prevé que circularán por el carril de proyecto durante el período de proyecto. El Tráfico de Proyecto se clasificará en categorías de acuerdo con la tabla 5.1, si bien, en la tabla A1.4 del anejo 1 se incluye una clasificación simplificada en función de la IMD de vehículos pesados en el carril de proyecto en el año de puesta en servicio del tramo.

Tabla 5.1. Categorías de Tráfico de Proyecto

CATEGORÍA		TP (en millones)
T00		43,8 – 87,6
T0		21,9 – 43,8
T1	T1A	15,3 – 21,9
	T1B	8,8 – 15,3
T2	T2A	4,4 – 8,8
	T2B	2,2 – 4,4
T3	T3A	1,1 – 2,2
	T3B	0,55 – 1,1
T4	T4A	0,27 – 0,55
	T4B	< 0,27

En el ámbito de esta Norma se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Salvo justificación, el periodo de proyecto para el dimensionamiento de las secciones de firme será de 20 años.
- El carril de proyecto será aquel que presente mayor Tráfico de Proyecto.
- El carril de proyecto de las autopistas, autovías y carreteras de doble calzada se clasificará como mínimo con la categoría T1B.
- Si no se dispone de estimaciones de tráfico para las vías de servicio y los ramales, se clasificarán con tres categorías de tráfico menos que la definida para la vía principal. En el caso de los ramales de fin de autovía, conexiones directas entre vías de gran capacidad o vías de servicio en zonas industriales, se requerirá un estudio de tráfico específico.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

5.2. CÁLCULO DEL TRÁFICO DE PROYECTO

El Tráfico de Proyecto se calculará mediante la siguiente expresión:

$$TP = IMD_P^{APS} \cdot 365 \cdot F \cdot \gamma_T$$

Donde,

IMD_P^{APS} Intensidad Media Diaria de vehículos pesados en el año de puesta en servicio del tramo.

F Factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados durante el periodo de proyecto.

γ_T Coeficiente de ponderación de las cargas de tráfico.

La valoración de los parámetros anteriores (IMD_P^{APS}, F y γ_T) se hará conforme a las directrices marcadas a continuación.

Todos los análisis y estudios realizados para la valoración del Tráfico de Proyecto figurarán en el correspondiente Anejo de tráfico del proyecto de construcción.

5.2.1. Intensidad del tráfico pesado (IMD_P^{APS})

Para estimar la Intensidad Media Diaria de vehículos pesados en el año de puesta en servicio del tramo, se atenderá a lo siguiente:

- En vías de nueva construcción, la IMD de vehículos pesados se ha de estimar a partir de los datos obtenidos en otras vías del corredor, encuestas de origen y destino, y de casos similares en el ámbito territorial considerado.
- En acondicionamientos y mejoras de carreteras, se han de tener en cuenta los datos recogidos en los informes o mapas de aforos anuales elaborados por las distintas administraciones competentes. Estos datos se pueden complementar con aforos manuales o automáticos. Para determinar la IMD en el año de apertura al tráfico se deben realizar las estimaciones correspondientes a partir del año del aforo.

5.2.2. Coeficiente de ponderación (γ_T)

Para estimar el valor de este coeficiente, se deben conocer al menos los siguientes datos:

- Distribución del tráfico pesado por calzadas, en su caso, y por carriles.
- Factor de riesgo aceptado.
- Pendiente longitudinal del tramo objeto del proyecto.

El coeficiente de ponderación de las cargas de tráfico viene definido por la siguiente expresión:

$$\gamma_T = \gamma_C \cdot \gamma_R \cdot \gamma_L$$

Siendo,

γ_C Coeficiente de asignación del tráfico pesado al carril de proyecto.

γ_R Coeficiente que tiene en cuenta la variabilidad en la estimación del tráfico de proyecto.

γ_L Coeficiente que tiene en cuenta la influencia de la pendiente longitudinal del tramo objeto del proyecto.

El coeficiente γ_C se utiliza para asignar al carril de proyecto un porcentaje estimado del total de vehículos pesados. Salvo que se disponga de datos sobre asignación de tráfico pesado por carriles, el valor del coeficiente se obtendrá de la tabla 5.2.

Tabla 5.2. Estimación del coeficiente γ_C

TIPO DE VÍA	DESCRIPCIÓN		γ_C
DE CALZADA ÚNICA	ANCHURA DE CALZADA	≥ 6 m	0,50
		≥ 5 y < 6 m	0,75
		< 5 m	1,00
DE DOBLE CALZADA	CARRILES POR SENTIDO (*)	2	0,50
		3 ó más	0,45

(*) En la asignación de carriles por sentido no se tendrán en cuenta los carriles de aceleración o deceleración, ramales, etc.

El coeficiente de mayoración γ_R se utiliza para asumir en el dimensionamiento un nivel de riesgo en la estimación del tráfico de proyecto. El nivel de riesgo será función del tipo de red y de la intensidad de tráfico según se indica en la tabla 5.3.

Tabla 5.3. Estimación del coeficiente γ_R

TIPO DE RED	IMD DE LA CARRETERA EN EL AÑO PUESTA EN SERVICIO	γ_R
PRINCIPAL (*)	≥ 20.000	1,4
	10.000 – 20.000	1,3
	< 10.000	1,2
RESTO	≥ 2.000	1,1
	< 2.000	1,0

(*) Compuesta por todas las carreteras de la red de interés preferente, la red básica y la red complementaria.

El coeficiente de mayoración γ_L se utiliza para tener en cuenta en el dimensionamiento la disminución de la rigidez que se produce en los materiales bituminosos en las zonas en rampa como consecuencia de la reducción de la velocidad de los vehículos pesados. Se adoptará un coeficiente de valor γ_L = 1,3 únicamente en aquellos subtramos del proyecto en rampa cuya pendiente longitudinal sea superior al 5% y se mantenga en una longitud de, al menos, 500 m. En el resto de los casos se tomará γ_L = 1,0.

5.2.3. Factor de crecimiento del tráfico (F)

El factor de crecimiento F introduce en la estimación del tráfico el incremento de tráfico pesado que se espera que circule por la carretera durante el periodo de proyecto considerado. Depende de la tasa de crecimiento de este tipo de tráfico y del periodo de proyecto considerado. Para una tasa de crecimiento constante, viene definido por la siguiente expresión:

$$F = [(1 + r)^n — 1] / r$$

Siendo,

r Tasa de crecimiento anual del tráfico de vehículos pesados

n Periodo de proyecto

La tasa de crecimiento anual del tráfico de vehículos pesados debe estimarse a partir de un estudio de tráfico específico. No obstante, en ausencia de datos fiables podrá adoptarse una tasa constante del 4% para una IMD de vehículos pesados en el año de puesta en servicio del tramo de 1.600 ó superior, y del 2% en otro caso.

En la tabla 5.4 se dan los factores de crecimiento, F, para tasas de crecimiento anual del tráfico constantes.

Tabla 5.4 Factor de crecimiento del tráfico (periodo de proyecto: 20 años)

r (%)	F
2,0	25
4,0	30

El incremento del tráfico a lo largo del período de proyecto vendrá limitado, en cada caso, por la capacidad de la sección asociada a cada tramo del proyecto. A partir del momento en que la IMD_P alcance el valor máximo correspondiente al tipo de vía y tramo, se supondrá constantemente igual a este valor hasta el final del período de cálculo, siempre que no se prevean actuaciones que puedan incrementar la capacidad de la carretera existente. El valor de esta capacidad, en términos de IMD, se deberá justificar convenientemente en el correspondiente estudio específico, para el que se puede utilizar el Manual de Capacidad de Carreteras del TRB[1].

Si no se dispone de un estudio específico, para carreteras de calzada única, dos carriles y doble sentido de circulación, se puede estimar su capacidad siguiendo las directrices que se indican en

[1] Transportation Research Board (TRB). “Highway Capacity Manual”, National Research Council. Washington, D.C. TRB 2010.

la tabla 5.5, siempre que las características del tramo se aproximen lo suficiente a las hipótesis consideradas.

Tabla 5.5 Máxima IMD de vehículos pesados en toda la calzada

TIPO DE VÍA	TIPO DE TRAMO		
	Llano	Ondulado	Montañoso
Calzada de 7 m y arcén ≥ 1,5 m	9.000	4.000	2.000
Calzada de 6 m y arcén ≥ 0,5 m	7.000	3.000	1.500
Calzada de 5 m y sin arcén	5.000	2.000	1.000

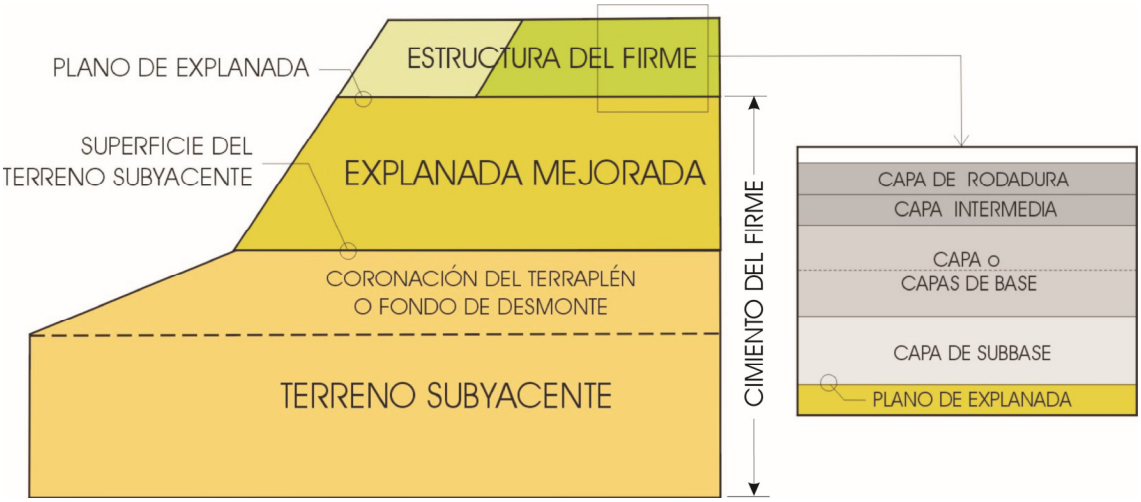
Se han adoptado las siguientes hipótesis:

- 50% camiones.
- FHP = 1; K (factor de la hora de proyecto) = 0,10.
- Reparto por carriles: 60/40.

6. EXPLANADA MEJORADA

Se entiende por **Explanada Mejorada** (véase esquema de figura 6.1) el conjunto de capas de suelos o materiales de aportación, o la estabilización de los existentes, que se encuentran bajo el firme y cuya finalidad es mejorar y homogeneizar la capacidad de soporte del cimiento del firme, facilitar las labores de construcción, proteger los suelos de la acción del agua mediante impermeabilización o evacuación, y obtener las superficies geométricas precisas. La Explanada Mejorada se apoya a su vez sobre el **Terreno Subyacente,** consistente en el terreno natural en fondos de desmonte, los suelos o materiales de aportación en núcleo de terraplenes o en capa de transición de pedraplenes o rellenos todo-uno, y ambas formaciones en las secciones a media ladera. El **Plano de Explanada** constituye la superficie superior de la Explanada Mejorada, sobre la que se apoya el firme.

Figura 6.1. Esquema de composición de las estructuras de firme y explanada



6.1. CATEGORÍA DE EXPLANADA

Se consideran tres categorías de Explanada Mejorada en función de su capacidad de soporte, denominadas EX1, EX2 y EX3 respectivamente. La categoría mínima necesaria será función del Tráfico del Proyecto (véase tabla 6.1).

Tabla 6.1. Categoría necesaria de Explanada Mejorada

TRÁFICO DE PROYECTO	CATEGORÍA DE EXPLANADA MEJORADA
T2A ó superior	EX2 ó EX3
T2B ó inferior	EX1 , EX2 ó EX3

6.2. CATÁLOGO DE SECCIONES

En la figura 6.2 se definen las soluciones posibles de Explanada Mejorada en función de su categoría y del tipo de Terreno Subyacente, sin perjuicio de que, además, se deban cumplir los valores mínimos exigidos para el módulo de compresibilidad en el ensayo de carga con placa. La elección dependerá en cada caso de los materiales disponibles para su formación, del coste global de la solución y de los condicionantes medioambientales. Todos los análisis y estudios correspondientes deberán figurar en el anejo de firmes del proyecto de construcción.

En cada proyecto, y al menos para cada tramo de 1 km, se definirá una única categoría de explanada, que se podrá obtener a partir de varias secciones diferentes de Explanada Mejorada si el Terreno Subyacente no fuera homogéneo en todo el tramo. Las zonas del Terreno Subyacente consideradas como homogéneas tendrán una longitud mínima de 500 m.

Para la correcta aplicación de la figura 6.2 se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Los espesores que se indican son mínimos en cualquier punto de la sección transversal, y en ningún caso se podrán reducir mediante un eventual empleo de materiales de calidad superior a la especificada en cada una de las secciones.
- El Terreno Subyacente podrá estar constituido por suelos, de acuerdo con el artículo 330 del PG-32, o bien por roca (R), según el artículo 320 del PG-3. Se consideran los siguientes tipos de suelos: inadecuados o marginales (IN), tolerables (0), adecuados (1) y seleccionados (2).
- Cuando las características del suelo del Terreno Subyacente no se mantengan en una profundidad mínima de 1 m, se considerará que el suelo del apoyo tiene una clasificación inmediatamente inferior a la obtenida.
- Además de los tipos de Terreno Subyacente indicados en la figura 6.2, podrán existir apoyos en pedraplenes (P), según el artículo 331 del PG-3, y en rellenos todo-uno (TU), según el artículo 333 del PG-3. Estos dos tipos de apoyo se asimilarán a uno de suelo seleccionado tipo 2, salvo que se realicen con suelos marginales, en cuyo caso se habrá de hacer un estudio especial.
- Las características de los materiales utilizables en la Explanada Mejorada cumplirán los criterios indicados en el apartado siguiente “Características de los materiales”.
- El espesor total de los materiales incluidos dentro de las secciones de Explanada Mejorada se dividirá en tongadas de espesor comprendido entre 15 y 30 cm

6.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

En la formación de la Explanada Mejorada se podrán utilizar suelos o estabilizaciones de los mismos con las características que se recogen en la tabla 6.2, y que se deberán reflejar en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, junto con los símbolos empleados en esta Norma.

[2] Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3): Ministerio de Fomento.

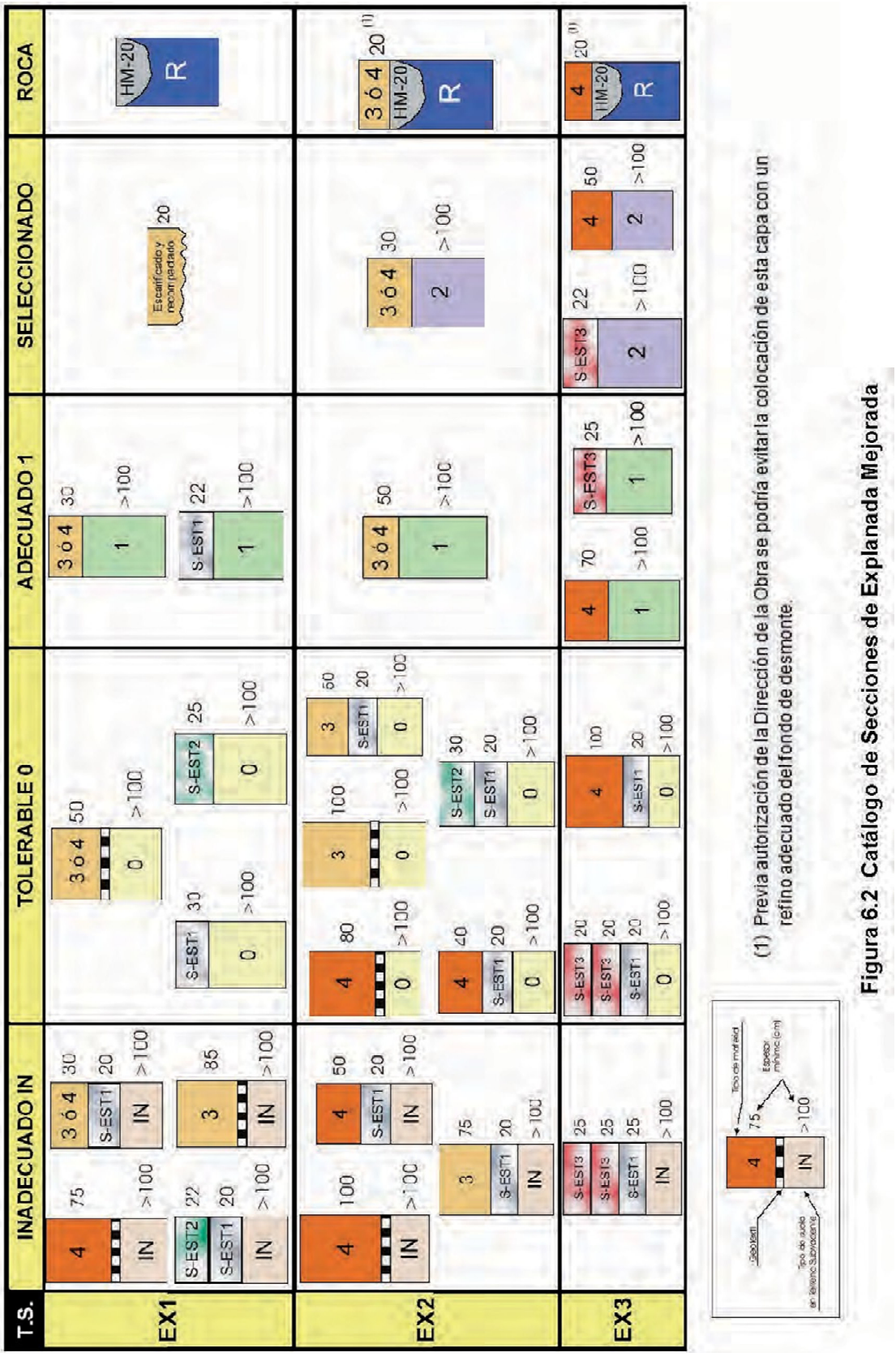


Figura 6.2 Catálogo de Secciones de Explanada Mejorada

Tabla 6.2. Materiales para la Explanada Mejorada

SÍMBOLO	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS
3	Suelo Seleccionado Tipo 3	Según prescripciones del art. 330 del PG-3	$CBR^{(**)} \geq 20$
4	Suelo Seleccionado Tipo 4		$CBR^{(**)} \geq 40$ IP<6 y LL<25
S-EST1	Suelo Estabilizado In Situ Tipo S-EST1	Según prescripciones del art. 512 del PG-3	El conglomerante se podrá introducir en forma de polvo o en lechada, reduciéndose en este último caso el contenido mínimo en un 0,5% en peso
S-EST2	Suelo Estabilizado In Situ Tipo S-EST2		
S-EST3	Suelo Estabilizado In Situ Tipo S-EST3(*)		
GTX	Geotextil	Según prescripciones del art. 422 del PG-3	—

(*) Si sobre un suelo estabilizado tipo S-EST3 se coloca una capa granular permeable se debe estudiar especialmente el drenaje del agua infiltrada a través del firme.

(**) A efectos de determinación del CBR de los suelos para la Explanada Mejorada. Se compactarán las probetas con el 98% de la densidad Proctor Modificado.

Se podrán utilizar como Suelos Seleccionados los áridos reciclados de Residuos de Construcción y Demolición (AR-H y AR-M) y de mezclas bituminosas (AR-B1 y AR-B2) siempre que cumplan las especificaciones que figuran en el anejo 6 de esta Norma.

Los suelos de la Explanada Mejorada se compactarán en obra con una densidad igual o superior a la utilizada para su caracterización.

En la formación de la Explanada Mejorada se podrán utilizar materiales con tamaños máximos superiores al límite del artículo 330 del PG-3, hasta un tamaño máximo de 120 mm, siempre y cuando se cumplan en el Plano de Explanada las limitaciones de regularidad superficial indicadas en el apartado siguiente.

6.4. UNIDAD TERMINADA

6.4.1. Regularidad superficial

La terminación y refino de la Explanada Mejorada cumplirá los requisitos del artículo 340 del PG-3, excepto en lo referente a la tolerancia de la superficie acabada, que no deberá variar en más de los valores señalados en la tabla 6.3 cuando se compruebe con la regla de 3 m estática, según

la NLT-334 aplicada tanto paralela como normalmente al eje de la carretera. Tampoco podrá haber zonas capaces de retener agua.

Tabla 6.3. Tolerancia geométrica exigida al Plano de Explanada

IRREGULARIDAD (mm)	
T0 y T00	Otros tráficos
< 15	< 30

6.4.2. Capacidad de soporte

La capacidad de soporte de la explanada vendrá definida por el módulo de compresibilidad[3], E_{V2}, obtenido en el segundo ciclo del ensayo de carga con placa según la norma NLT-357, y la relación, K, entre los módulos de compresibilidad del segundo y primer ciclo de carga. Los valores mínimos de E_{V2} y máximos de K sobre Plano de Explanada serán los indicados en la tabla 6.4. En todo caso, se admitirán valores de K superiores a los máximos señalados si el valor del módulo de compresibilidad del primer ciclo de carga, E_{V1} es al menos el 70% del exigido en el segundo. En las capas de suelo estabilizado no es necesaria la exigencia del módulo de compresibilidad.

Tabla 6.4. Capacidad de soporte mínima del plano de explanada

CATEGORÍA DE EXPLANADA MEJORADA	E_{V2} SEGÚN NORMA NLT-357	K (E_{V2}/E_{V1}) SEGÚN NORMA NLT-357	
		Densidad exigida ≥ 103% PM	Densidad exigida < 103% PM
EX1	≥ 120 MPa	≤ 2,2	≤ 2,5
EX2	≥ 200 MPa		
EX3	≥ 300 MPa		

6.5. CRITERIOS DE PROYECTO

6.5.1. Drenaje del terreno

El sistema de drenaje se diseñará de forma que se garantice que la superficie del Plano de Explanada quede por encima del nivel de la capa freática. La profundidad mínima del nivel

[3] Estos valores del módulo de compresibilidad se deben considerar únicamente a efectos de control de obra, y en ningún caso como parámetro de entrada en métodos analíticos de cálculo.

freático respecto al Plano de Explanada será la definida en la tabla 6.5, en función del tipo de suelo del terreno subyacente.

A tal fin, se adoptarán medidas tales como la elevación de la rasante del Plano de Explanada, la colocación de drenes subterráneos, la interposición de una capa drenante, etc. Por otro lado, se asegurará la evacuación del agua infiltrada a través del firme de la calzada y arcenes, y de la que provenga de los terrenos próximos.

Tabla 6.5. Profundidad mínima del nivel freático respecto al Plano de Explanada

TERRENO SUBYACENTE	PROFUNDIDAD MÍNIMA DEL NIVEL FREÁTICO (cm)
Inadecuado o marginal	120
Tolerable	100
Adecuado	80
Seleccionado	60

La evacuación de agua se debe prever también durante la fase de construcción del cimiento del firme, proyectando la red provisional correspondiente de cunetas y bajantes, y disponiendo las pendientes transversales adecuadas. En este sentido, durante las fases constructivas la pendiente transversal de la coronación del terraplén o fondo de desmonte será al menos del 4%, excepto si están formadas por suelos estabilizados, en cuyo caso la mínima pendiente transversal será del 2%. En rampas se admitirá que esta pendiente se obtenga hasta con un ángulo de 60 grados respecto al eje. La pendiente transversal final del Plano de Explanada será igual a la de la superficie del pavimento.

En desmonte en roca, se evitará la retención del agua en el Plano de Explanada mediante los drenajes adecuados, se refinará el fondo de desmonte y se rellenarán las depresiones que retengan agua con hormigón en masa tipo HM-20.

6.5.2. Estabilización de asientos en rellenos

En el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para tráficos T2 ó superiores se exigirá que antes de colocar el firme definitivo se estabilicen los asientos diferenciales posteriores a la construcción de rellenos. Se considerará que dichos asientos diferenciales se han estabilizado cuando la diferencia entre los asientos absolutos de dos puntos del Plano de Explanada que disten 20 m, medidos en un intervalo de 3 meses, sea inferior a los límites indicados en la tabla 6.6. Como mínimo se deberá comprobar que se cumplen estos criterios en los siguientes casos:

- Rellenos de más de 15 m de altura.
- Transición de obras de fábrica a relleno de más de 5 m de altura.
- Transición de desmonte a relleno de más de 10 m de altura, siempre que esa altura se alcance en menos de 50 m de terraplén.
- Relleno sobre suelos con CBR inferior o igual a 3.

Tabla 6.6. Asientos diferenciales máximos postconstructivos en coronación de terraplenes

VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h)	MÁXIMA DIFERENCIA ENTRE ASIENTOS (cm)
120	1,5
100	2,0
80 – 60	3,5

En las transiciones de obra de fábrica a relleno se deberá considerar la necesidad de disponer losas de transición y de ejecutar cuñas de transición con material de menor deformabilidad, en ambos casos debidamente dimensionadas. Siempre que la posición de la losa lo permita se mantendrá el espesor del firme hasta el contacto con el estribo. Si esto no fuera posible, en general se prolongarán todas las capas hasta su contacto con la losa de transición salvo en las bases tratadas con conglomerantes hidráulicos que se cortarán verticalmente al alcanzar su cara inferior la losa de transición. Las cuñas resultantes se rellenarán con mezcla bituminosa.

En las transiciones de desmonte a relleno se analizará también la conveniencia de escalonar el cimiento del relleno y de ejecutar cuñas de transición.

7. MATERIALES PARA EL FIRME

Los materiales que se contemplan en las secciones de firme que se definen en esta Norma son los que figuran a continuación:

- Mezclas bituminosas en caliente y semicaliente
- Mezclas bituminosas templadas con emulsión
- Mezclas bituminosas abiertas en frío
- Microaglomerados en frío
- Tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla
- Gravacemento
- Suelocemento
- Zahorras
- Riegos de adherencia, imprimación y curado.

Las especificaciones para cada uno de ellos (con la excepción de las mezclas bituminosas templadas con emulsión, las mezclas bituminosas abiertas en frío y los tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla) están definidas en los artículos correspondientes del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

El Anejo 7 de esta Norma presenta las especificaciones de los áridos para mezclas bituminosas a utilizar en las capas de rodadura, y el Anejo 8 las de los materiales tratados con cemento. Cada una de ellas sustituye a las correspondientes del PG-3.

En los Anejos 9 y 10 de esta Norma se definen especificaciones de materiales no incluidos en el PG-3 y de utilización en las Diputaciones Forales del País Vasco: mezclas bituminosas templadas con emulsión (Anejo 9) y mezclas bituminosas abiertas en frío (Anejo 10).

Además, los Pliegos de Prescripciones Técnicas de cada obra deberán tener en cuenta las prescripciones complementarias que se incluyen en los siguientes epígrafes, que prevalecerán sobre las del PG-3 en caso de discrepancia.

7.1. MEZCLAS BITUMINOSAS. GENERAL

La mezcla bituminosa se repartirá, de arriba a abajo, en una capa de rodadura, una capa intermedia, y una o más capas de base. Cada capa puede estar formada por una o más tongadas de un mismo material. En los firmes para los tráficos más ligeros puede no existir capa de base o incluso la capa intermedia.

El espesor de cada capa será siempre mayor o igual al de la capa inmediata superior, y en general se tenderá a proyectar el menor número posible de capas o tongadas. La combinación de mezclas bituminosas elegida para formar el espesor total definido en los catálogos respetará en todo caso los criterios sobre espesores mínimos y tipos de mezcla bituminosa definidos en este capítulo.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

Los áridos siderúrgicos de acería de horno eléctrico se podrán utilizar, para todas las categorías de tráfico de proyecto, tanto en la calzada como en los arcenes siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas en el Anejo 3 y se declare el origen de los materiales, tal como se establece en la legislación comunitaria sobre estas materias.

7.2. MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE Y SEMICALIENTE

7.2.1. Capas de rodadura

Se podrán utilizar hormigones bituminosos en caliente de los tipos AC surf denso (D) ysemidenso (S), definidos en el art. 542 del PG-3, así como mezclas bituminosas drenantes PA y discontinuas en caliente BBTM A y B definidas en el art. 543 del PG-3.

Las mezclas bituminosas en semicaliente tipo AC son de posible utilización en las categorías de tráfico de proyecto T1 a T4. A efectos de cumplimiento del catálogo, su espesor se considerará equivalente al de las mezclas en caliente tipo AC.

Las condiciones de aplicación de cada una de ellas se dan en la tabla 7.1 *"Utilización de mezclas bituminosas en la capa de rodadura".*

En categorías de tráfico de proyecto T2B a T4, las mezclas bituminosas del tipo AC podrán incluir material bituminoso recuperado de fresados de mezclas bituminosas (RA) en un porcentaje no superior al 15% en masa del total de la mezcla bituminosa. El fresado deberá proceder de capas de rodadura que cumplan los requisitos incluidos en el Anejo 7 "Áridos para capa de rodadura".

Salvo justificación en contrario, se mantendrán en los arcenes el tipo y el espesor de la capa de rodadura.

Se dará preferencia a la utilización de mezclas drenantes en tramos rectos con elevadas intensidades de tráfico y pendientes reducidas, siempre que se den las circunstancias señaladas en la tabla 7.1.

7.2.2. Capas intermedias

Se podrán utilizar hormigones bituminosos en caliente de los tipos AC bin denso (D), semidenso (S) y de alto módulo (MAM), definidos en el art. 542 del PG-3. Las condiciones de aplicación de cada uno de ellos se indican en la tabla 7.2 *"Utilización de mezclas bituminosas en las capas inferiores".*

Las mezclas bituminosas en semicaliente tipo AC son de posible utilización en las categorías de tráfico de proyecto T1 a T4. A efectos de cumplimiento del catálogo, su espesor se considerará equivalente al de las mezclas en caliente tipo AC.

Con todo tipo de tráfico las mezclas bituminosas podrán incluir RA, hasta un máximo del 30%. Estas mezclas bituminosas con RA fabricadas en caliente o semicaliente, cumplirán lo indicado en el Anejo 12 de esta Norma. Las mezclas bituminosas de alto módulo (MAM) no podrán contener material recuperado de fresados de mezclas bituminosas.

7.2.3. Capas de base

Se podrán utilizar hormigones bituminosos AC base tipo semidenso (S), grueso (G) y de alto módulo (MAM), definidos en el art. 542 del PG-3. Las condiciones de aplicación de cada uno de ellos se indican en la tabla 7.2.

Las mezclas bituminosas en semicaliente tipo AC son de posible utilización en las categorías de tráfico de proyecto T1 a T4. A efectos de cumplimiento del catálogo, su espesor se considerará equivalente al de las mezclas en caliente tipo AC.

Con todo tipo de tráfico se admitirá que la mezcla bituminosa de tipo semidenso (S) o grueso (G) contenga hasta un 30% de RA. Estas mezclas bituminosas con RA fabricadas en caliente o semicaliente, cumplirán lo indicado en el Anejo 12 de esta Norma. Las mezclas de alto módulo (MAM) no podrán contener material procedente del fresado de mezclas bituminosas.

7.3. MEZCLAS BITUMINOSAS TEMPLADAS CON EMULSIÓN

7.3.1. Capas de rodadura

Con categorías de tráfico de proyecto T3 y T4 se podrán utilizar mezclas bituminosas templadas con emulsión, de los tipos ACBE surf denso (D) y semidenso (S), definidos en el Anejo 9 de esta Norma. Se podrán emplear también en tráficos T2B cuando se cuente con acreditada experiencia en su utilización con estos tráficos. A efecto de cumplimiento del catálogo, su espesor se considerará equivalente al de las mezclas en caliente tipo AC. Las condiciones de aplicación de cada una de ellas se dan en la tabla 7.1 *"Utilización de mezclas bituminosas en la capa de rodadura"*.

Para tráficos T3 e inferiores las mezclas bituminosas templadas con emulsión podrán contener RA hasta un 15% en masa del total de la mezcla bituminosa.

Salvo justificación en contrario se mantendrán en los arcenes el tipo y el espesor de la capa de rodadura.

7.3.2. Capas intermedias e inferiores

Con categorías de tráfico de proyecto T2B e inferiores se podrán utilizar mezclas bituminosas templadas con emulsión de los tipos ACBE bin denso (D), semidenso (S) o grueso (G), definidos en el Anejo 9 de esta Norma. A efectos de cumplimiento del catálogo, su espesor se considerará equivalente al de las mezclas en caliente tipo AC.

Se podrá utilizar RA en contenidos no superiores al 30% en masa del total de la mezcla bituminosa para tráficos de proyecto T2B, y no superiores al 80% para los tráficos de proyecto T3 y T4.

7.4. MEZCLAS BITUMINOSAS EN FRÍO

7.4.1. Capas de rodadura

Para categorías de tráfico de proyecto T3 y T4 se podrán utilizar como capa de rodadura las mezclas bituminosas abiertas en frío (AF), definidas según el Anejo 10 de esta Norma. Se dispondrán en espesores de 2,5 a 6 cm. También se podrán utilizar como firmes provisionales para cualquier tipo de categoría de tráfico de proyecto.

Para tráficos T3 e inferiores las mezclas bituminosas abiertas en frío podrán contener hasta un 15% de RA, en masa del total de la mezcla bituminosa.

Los microaglomerados en frío (MICROF), de acuerdo con el art. 540 del PG-3, se podrán utilizar como capas de rodadura sobre mezclas bituminosas abiertas en frío. No se tendrá en cuenta su espesor para el cumplimiento de los espesores totales del catálogo.

Las condiciones de aplicación de estas unidades de obra se dan en la tabla 7.1 *"Utilización de mezclas bituminosas en la capa de rodadura".*

7.4.2. Capas intermedias

Con categorías de tráfico de proyecto T3 y T4 se pueden proyectar mezclas bituminosas abiertas en frío (AF), según el Anejo 10 de esta Norma.

Las mezclas bituminosas abiertas en frío en capas intermedias podrán contener RA hasta un 30% en masa del total de la mezcla bituminosa.

Las condiciones de aplicación se indican en la tabla 7.2 "Utilización de mezclas bituminosas en las capas inferiores".

7.5. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES CON GRAVILLA

En la categoría de tráfico de proyecto T4 se podrán utilizar tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla (TRG).

Son de utilización los siguientes tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla:

- Riego con gravilla Monocapa (TRG M), formado por una aplicación de ligante y una extensión de árido.
- Riego con gravilla Bicapa (TRG B), formado por dos aplicaciones sucesivas de ligante y árido.
- Riego con gravilla Monocapa Preengravillado (TRG MP), formado por dos extensiones de árido entre las que se intercala una aplicación de ligante.
- Riego con gravilla Bicapa Preengravillado (TRG BP), formado por una primera extensión de árido seguida de dos aplicaciones sucesivas de emulsión y árido.

Tabla 7.1. Utilización de mezclas bituminosas en la capa de rodadura

Velocidad específica del tramo(km/h)	Inclinación (%)	Categoría de tráfico pesado	Espesor (cm) y tipo de mezcla bituminosa en capa de rodadura							
			AC[2] y ACBE D	AC[1] y ACBE S	PA[*]	BBTM A	BBTM B	AF	TS	MICROF
>90	<5	T00 - T2A		6 (AC 22 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/8 A)	3 (BBTM 11/8 B)			
		T2B		5 (AC 16 surf S)						
				5 (ACBE 16 surf S)[2]						
		T3		5 (AC ó ACBE 16 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/8 A)	3 (BBTM 11/8 B)			
		T4								
	≥5	T00 - T2A		6 (AC 22 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/8 A)	3 (BBTM 11/8 B)			
		T2B		5 (AC 16 surf S)						
				5 (ACBE 16 surf S)[2]						
		T3		5 (AC ó ACBE 16 surf S)		3 (BBTM 11/8 A)				
		T4								
≤90	<5	T00 - T2A		6 (AC 22 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/8 A)	3 (BBTM 11/8 B)			
		T2B		5 (AC 16 surf S)						
				5 (ACBE 16 surf S)[2]						
		T3		5 (AC ó ACBE 16 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/8 A)	3 (BBTM 11/8 B)	4-6 (AF 11)		MICROF 8[5]
		T4A						2,5-4 (AF 8)	(DTS o TTS)[5]	MICROF 8[5]
		T4B	5 (AC ó ACBE 16 surf D)[4]	5 (AC ó ACBE 16 surf S)[4]						
	≥5	T00 - T2A		6 (AC 22 surf S)	4 (PA 11)	3 (BBTM 11/8 A)	3 (BBTM 11/8 B)			
		T2B		5 (AC 16 surf S)						
				5 (ACBE 16 surf S)[2]						
		T3		5 (AC ó ACBE 16 surf S)		3 (BBTM 11/8 A)		4-6 (AF 11)		MICROF 8[5]
		T4A						2,5-4 (AF 8)	(DTS o TTS)[5]	MICROF 8[5]
		T4B	5 (AC ó ACBE 16 surf D)[4]	5 (AC ó ACBE 16 surf S)[5]						

ESPECIALMENTE RECOMENDABLE. UTILIZABLE

NOTAS:

(1) Se podrán utilizar mezclas bituminosas semicalientes con categorías de tráfico de proyecto T1 e inferiores; (2) Sólo cuando se cuente con acreditada experiencia en su utilización con este tráfico; (3) Sólo como sellado de mezclas abiertas en frío. (4) Especialmente recomendable sobre secciones tipo 1.1; (5) Especialmente recomendable sobre secciones tipo 2.1; (6) Riego bicapa sobre material tratado con cemento y tricapa o bicapa preengravillado sobre zahorra artificial.

(*) NOTA ESPECIAL SOBRE CAPAS DRENANTES:

Se podrán emplear únicamente si la IMD de la vía es superior a 2000 vehículos y, salvo justificación en contrario mediante estudio especial, si la categoría de tráfico de proyecto es inferior a T00. En cualquier caso, no se emplearán si concurre cualquiera de las siguientes circunstancias:

Zonas con heladas o nevadas frecuentes; Tramos con curvas cerradas (R < 200 m) y categoría de tráfico de proyecto T2 ó superior; Zonas con frecuentes accesos en tierra (más de 1 acceso no pavimentado por km), a menos que se pavimenten los 100 m anteriores al acceso; En tableros de viaductos que puedan tener problemas de heladas, en calles urbanas, o en túneles; Tramos de longitud inferior a 1 km, a menos que sean continuación de otros tramos con mezclas drenantes o que sean puntos específicos en los que haya que facilitar el drenaje.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO

Tabla 7.2. Utilización de mezclas bituminosas en las capas inferiores

Capa	Tipo mezcla en capa superior	Categoria de tráfico de proyecto	Espesor (cm) y tipo de mezcla bituminosa				
			AC[1] Y ACBE S	AC[1] Y ACBE D	AC[1] Y ACBE G	AC MAM	AF
Intermedia[2]	AC ó ACBE S ó D	T00 – T2A	6 - 9 (AC22 bin S)			7 - 9 (AC bin 22 MAM)	
		T2B – T3	5 (AC ó ACBE 16 bin S) ó 6 - 9 (AC ó ACBE 22 bin S)	5 (AC ó ACBE 16 bin D) ó 6 - 9 (AC ó ACBE 22 bin D)			
		T4	5 (AC ó ACBE 16 bin S) ó 6 - 9 (AC ó ACBE 22 bin S)	5 (AC ó ACBE 16 bin D) ó 6 - 9 (AC22 bin D)			
	PA ó BBTM A ó B	T00 – T2A	6 - 9 (AC22 bin S)	6 - 9 (AC22 bin D)		7 - 9 (AC bin 22 MAM)	
		T2B - T4	5 (AC ó ACBE 16 bin S) ó 6 - 9 (AC ó ACBE 22 bin S)	5 (AC ó ACBE 16 bin S) ó 6 - 9 (AC ó ACBE 22 bin D)			
	AF, TS ó MICROF	T3 - T4	5 (AC ó ACBE 16 bin S) ó 6 - 9 (AC ó ACBE 22 bin S)	5 (AC ó ACBE 16 bin D) ó 6 - 9 (AC ó ACBE 22 bin D)			5-6 (AF16) ó 6-8 (AF 20)
Base[3]	AC ó ACBE S ó D	T00 – T2A	7 - 9 (AC 22 base S) ó 8 - 15 (AC32 base S)		7 - 9 (AC 22 base G) ó 8 - 15 (AC32 base G)	7 - 13 (AC base 22 MAM)	
		T2B - T4	5 (AC ó ACBE 16 bin S) ó 6 - 9 (AC ó ACBE 22 base S)		5 (AC ó ACBE 16 bin S) ó 6 - 9 (AC ó ACBE 22 base G)		
	AC MAM	T00 – T2				7 - 13 (AC base 22 MAM)	
	AF	T3 - T4					5-6 (AF16) ó 6-8 (AF 20)

ESPECIALMENTE RECOMENDABLE. UTILIZABLE

NOTAS:

(1) Se podrán utilizar mezclas bituminosas semicalientes con categorías de tráfico de proyecto T1 e inferiores

(2) Esta capa puede no existir. En cualquier caso, su espesor será al menos igual al de la capa de rodadura.

(3) Esta capa puede no existir y también puede haber una o más capas de base, en función del espesor total del paquete bituminoso. En cualquier caso, el espesor de cada capa será al menos igual al de la capa inmediatamente superior.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO

- ❖ Riego con gravilla Tricapa (TRG T), formado por tres aplicaciones sucesivas de ligante y árido.

Sobre zahorras artificiales se emplearán riegos tricapa o bicapa preengravillado; sobre materiales tratados con cemento, riegos bicapa; y en sellados provisionales, riegos monocapa o monocapa preengravillado.

Podrán utilizarse áridos siderúrgicos de acería de horno eléctrico, tanto en la calzada como en los arcenes, siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas en el artículo que se incluye en el Anejo 3 y se declare el origen de los materiales, tal como se establece en la legislación comunitaria sobre estas materias.

Las condiciones de aplicación de esta unidad de obra se dan en la tabla 7.1 *"Utilización de mezclas bituminosas en la capa de rodadura".*

7.6. GRAVACEMENTO

Las especificaciones de la gravacemento se incluyen en el Anejo 8 de esta Norma. Para todo tipo de tráfico se utilizará el tipo GC20. Los espesores de tongada compactada para el material gravacemento estarán comprendidos entre 20 y 30 cm.

La gravacemento se prefisurará en fresco a una distancia comprendida entre 2 y 3 m. La utilización de gravacemento con resistencias superiores a las especificadas no implicará en ningún caso la reducción del espesor de las capas que figuran en el catálogo de secciones.

Se podrá utilizar árido siderúrgico de horno eléctrico o combinaciones de éste con áridos naturales o artificiales, siempre que el árido siderúrgico o el material combinado cumpla las especificaciones del Anejo 4 (áridos siderúrgicos de horno eléctrico para zahorras) y las del correspondiente artículo 513 del PG-3 en lo que no sea modificado por éste.

7.7. SUELOCEMENTO

Se podrá utilizar suelocemento de los tipos SC40 y SC20 definidos en el Anejo 8 de esta Norma. Con categorías de tráfico de proyecto T1 ó superiores, el suelocemento se fabricará en central. Con categorías de tráfico T2 e inferiores, se admitirá también la fabricación in situ si se utilizan equipos que garanticen la calidad de la unidad de obra, lo que se deberá demostrar en tramo de prueba. Además, si el suelocemento se fabrica in situ, los espesores mínimos indicados en las secciones definidas en el Capítulo 9 "Secciones de firme en calzada" para esta unidad de obra se incrementarán en 3 cm.

Los espesores de la tongada compactada para el material suelocemento estarán comprendidos entre 20 y 30 cm.

El suelocemento se prefisurará transversalmente en fresco a una distancia no superior a 3 m.

En aquellas situaciones en que el suelocemento sea sustituido por una gravacemento se utilizará el huso GC32 en calzada y no serán exigibles las prescripciones relativas al porcentaje de caras de fractura.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

Se podrá utilizar árido siderúrgico de horno eléctrico o combinaciones de éste con áridos naturales o artificiales, siempre que el árido siderúrgico o el material combinado cumplan las especificaciones del Anejo 4 (áridos siderúrgicos de horno eléctrico para zahorras) y las del correspondiente artículo 513 del PG-3 en las que no sean modificadas por éste.

7.8. ZAHORRA ARTIFICIAL

De acuerdo con el art. 510 del PG-3, se utilizarán zahorras de los tipos ZA25 ó ZA20.

En los casos en que la zahorra artificial deba cumplir además una función drenante o anticapilar, se constituirá con una granulometría por debajo del centro del huso especificado para cada tipo.

Si la capa de zahorra se coloca en dos tongadas, en la inferior se pueden utilizar también zahorras naturales de los tipos ZN40 ó ZN25 (art. 510 del PG-3), aumentando entonces el espesor de la capa superior de zahorra artificial en 10 cm.

Los espesores totales del conjunto de capas granulares estarán comprendidos entre 20 y 40 cm. Los espesores iguales o inferiores a 30 cm se ejecutarán en una única tongada, y los superiores en dos.

Manteniendo los mismos espesores, y siempre que la disponibilidad del material así lo justificara, la zahorra artificial podrá ser sustituida por escoria de acería de horno eléctrico, árido reciclado de construcción y demolición (AR-H), o árido reciclado de mezclas bituminosas (AR-B1) siempre que cumplan las especificaciones del Anejo 4 (áridos siderúrgicos de horno eléctrico para zahorras) o del Anejo 5 para los áridos reciclados de construcción y demolición (AR-H) y de mezclas bituminosas (AR-B1) y las del correspondiente artículo 510 del PG-3 en lo que no sean modificadas por éste.

Para el árido siderúrgico de horno eléctrico se tendrán también en cuenta las limitaciones del artículo 8 del Decreto 64/2019:

- No se utilizarán en espacios o lugares que presenten alguna figura de protección especial contemplada en la normativa sobre la conservación de la naturaleza.
- No se utilizarán en contacto directo con el suelo en aquellas zonas cuyo uso sea asimilable al establecido como “Otros usos” de acuerdo con el Anexo I de la Ley 4/2015, del 25 de junio, para la prevención y corrección de la contaminación del suelo.
- No se utilizarán en aquellas aplicaciones en las que se encuentren en contacto con el agua.
- No se utilizarán en aplicaciones drenantes o en lugares por donde discurra agua de manera temporal.
- No se utilizarán en aplicaciones sin cobertura alguna.

El árido reciclado de construcción y demolición (AR-H) y de mezclas bituminosas (AR-B1) no se podrá utilizar con categorías de tráfico pesado T00 y T0.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

7.9. RIEGOS

Se deberá cuidar especialmente la correcta ejecución y el empleo de las dotaciones adecuadas, ya que los riegos juegan un papel decisivo en el comportamiento del firme.

7.9.1. Riegos de adherencia

Se efectuará un riego de adherencia según lo indicado en el art. 531 del PG-3, sobre las capas cohesionadas del firme (suelocemento, gravacemento o mezcla bituminosa) que vayan a recibir sobre ellas una capa de mezcla bituminosa. Se recomienda especialmente la utilización de emulsiones termoadherentes.

7.9.2. Riegos de imprimación

Se efectuará un riego de imprimación según lo indicado en el art. 530 del PG-3, sobre las zahorras artificiales que vayan a recibir una capa de mezcla bituminosa o un tratamiento superficial.

7.9.3. Riegos de curado

Se efectuará un riego de curado, según lo indicado en el art. 532 del PG-3, sobre todos los materiales tratados con conglomerantes hidráulicos. El riego de curado se deberá barrer de forma enérgica previamente a la colocación de una capa superior o la extensión de un riego de adherencia.

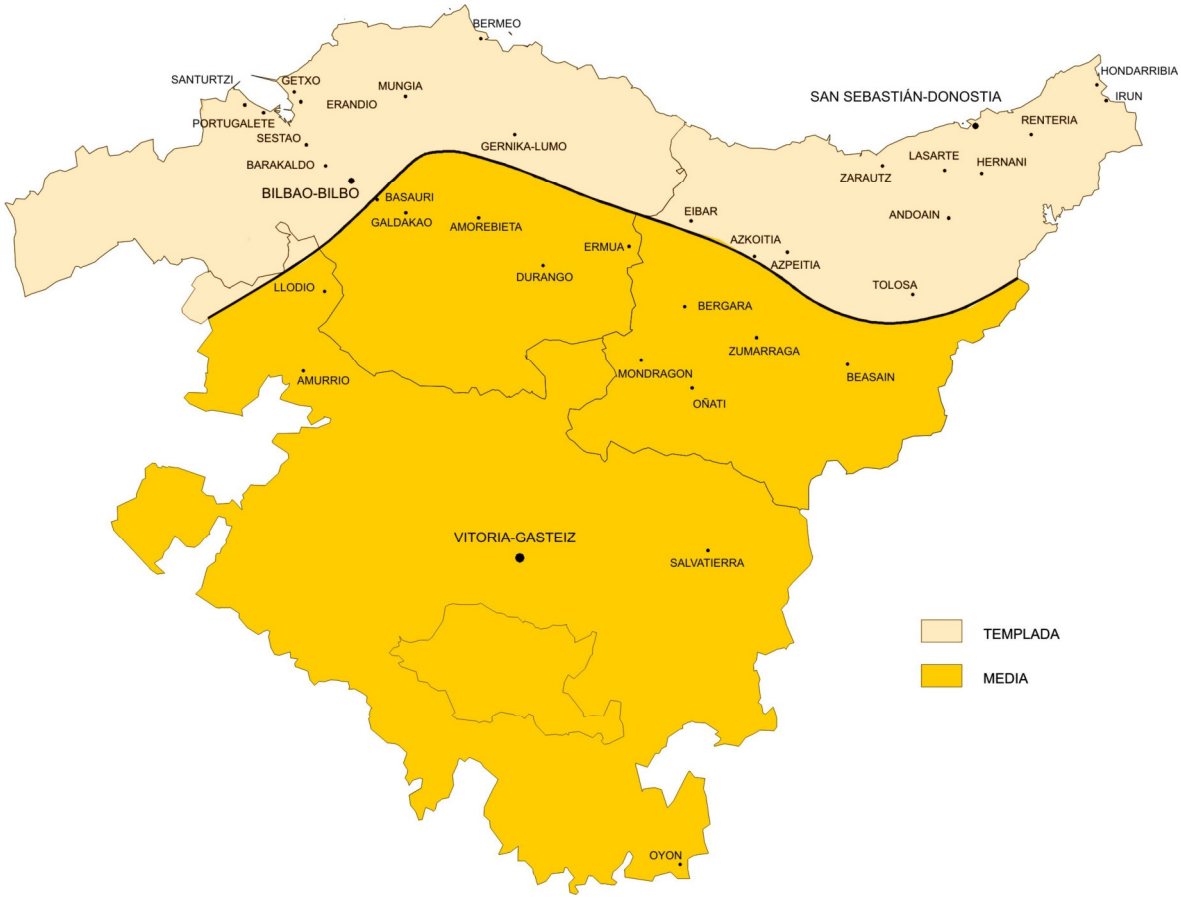
Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

8. CLIMA[4]

8.1. ZONA TÉRMICA ESTIVAL

A efectos de aplicación de los artículos del PG-3 relativos a los materiales bituminosos incluidos en esta Norma se considerarán las Zonas Térmicas Estivales definidas en la figura 8.1.

Figura 8.1. Definición de Zonas Térmicas Estivales (*)



(*) Las Zonas Térmicas Estivales se definen en función de los valores máximos anuales de la media móvil de la temperatura máxima para 7 días consecutivos. La isolínea de separación entre ambas zonas, media y templada, se corresponde con una temperatura de 30 °C.

[4] Los datos para la elaboración de este mapa de Zonas Térmica Estival, correspondiente a un período de 30 años, han sido proporcionados por la Dirección de Meteorología y Climatología del Departamento de Transportes y Obras Públicas del Gobierno Vasco.

9. SECCIONES DE FIRME EN CALZADA

En este capítulo se presenta un catálogo de secciones de firme dimensionadas para las categorías de Tráfico de Proyecto y Explanada Mejorada definidas en los capítulos 5 y 6 respectivamente. El dimensionamiento de las secciones se ha llevado a cabo mediante métodos de cálculo analítico a los que se han aplicado modelos de comportamiento calibrados para las condiciones específicas de la red de carreteras del País Vasco. Las soluciones se han definido para los extremos superiores de los intervalos de cada categoría, de manera que el nivel de confianza del cálculo dependerá de la posición relativa de los parámetros de entrada respecto a los extremos superiores de las diferentes categorías.

En los proyectos de firmes de carreteras, tanto de nueva construcción como de acondicionamiento y mejora, se adoptarán las secciones de firme en calzada de los catálogos de soluciones presentadas en este capítulo, excepto en el caso de la construcción de tramos experimentales. En los proyectos de ensanches, la solución elegida se aproximará en lo posible a alguna de las secciones de firme de nueva construcción que figuran en el catálogo y se tendrán en cuenta las directrices expuestas en el capítulo 11 “Secciones de firmes especiales”.

Resulta conveniente que, si no se producen cambios sustanciales en la categoría de tráfico, el tramo objeto del proyecto tenga una misma sección de firme en todo su trazado. Si hubiese razones que motivaran un cambio de sección de firme, el tramo objeto del proyecto se dividirá en subtramos de no menos de 1 km medido sobre el eje de la vía, excepto cuando la longitud correspondiente al proyecto de construcción fuera menor, en ensanches o en otros casos específicos debidamente justificados.

9.1. CATÁLOGO DE SECCIONES

En las figuras siguientes se presentan los catálogos de soluciones para firmes flexibles, semiflexibles y semirrígidos. Si se hubieran de proyectar firmes rígidos, se hará de acuerdo con la Norma 6.1-IC “Secciones de firme” del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. La definición de los tipos de firme incluidos en esta norma se recoge en la tabla 9.1. Se seleccionará en cada caso la solución más apropiada de entre las posibles, basándose en criterios técnicos, económicos y ambientales, y los estudios y análisis correspondientes figurarán en el correspondiente anejo de firmes del proyecto de construcción.

Tabla 9.1 Definición de secciones tipo

TIPO	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE FIRME	SUBTIPO	CARACTERÍSTICA
1	Firmes flexibles y semiflexibles	1.1	Mezcla bituminosa sobre capa granular
		1.2	Firme totalmente asfáltico

TIPO	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE FIRME	SUBTIPO	CARACTERÍSTICA
2	Firmes semirrígidos sobre materiales tratados con cemento	2.1	Mezcla bituminosa sobre suelocemento
		2.2	Mezcla bituminosa sobre gravacemento y suelocemento
		2.3	Mezcla bituminosa sobre gravacemento y explanada

Con respecto a las secciones de firme de los catálogos, se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las secciones se definen en función de la categoría de Tráfico de Proyecto y de la categoría de Explanada Mejorada.
- Las secciones definidas están referidas al carril de proyecto, pudiéndose utilizar soluciones diferentes en otros carriles cumpliendo con lo indicado en el capítulo 12 "Aspectos constructivos".
- Los espesores que se señalan en los catálogos son mínimos en cualquier punto de la sección transversal y están definidos en centímetros.
- Las características de los diferentes materiales que integran las secciones de los firmes se definen en el capítulo 7 "Materiales para el firme".

9.1.1. Secciones tipo 1

Se trata de firmes flexibles o semiflexibles constituidos por mezclas bituminosas sobre materiales granulares. Se podrá optar por las secciones tipo 1.1, donde las mezclas bituminosas se apoyan sobre capas granulares de zahorra artificial, o bien por las secciones tipo 1.2, donde las mezclas bituminosas se apoyan directamente sobre la explanada. Las secciones tipo 1.2 se proyectarán únicamente sobre explanadas de la categoría EX3 cuya coronación esté formada por suelos estabilizados con cemento tipo S-EST3.

En la definición de los catálogos se ha considerado que las mezclas bituminosas en caliente de las capas de base son preferentemente de tipo semidenso (S) frente a las de tipo grueso (G). Por consiguiente, si estas capas se sustituyen por mezclas bituminosas de tipo grueso (G) se debe aumentar su espesor en al menos 3 cm con respecto al definido en el catálogo.

Además de las mezclas bituminosas anteriores, también se podrán disponer mezclas bituminosas de alto módulo en las capas intermedia y de base, en cuyo caso se podrá disminuir el espesor conjunto de ambas hasta en un 20% con respecto al definido en el catálogo.

En las categorías de tráfico T3B y T4 es conveniente que las mezclas bituminosas sean suficientemente flexibles, para lo cual se pueden utilizar mezclas en frío o bien mezclas en

caliente con un contenido de betún no inferior al 4,75% sobre el peso de la mezcla. Si se utilizan mezclas en frío, se proyectarán con los mismos espesores señalados en el catálogo de secciones tipo. En la categoría T4B se admite la sustitución de la rodadura bituminosa por un tratamiento superficial.

Las mezclas bituminosas templadas tienen una rigidez intermedia entre las mezclas en caliente y las mezclas en frío, y también pueden ser de interés para la aplicación en las categorías de tráfico T2B, T3 y T4. Tienen además la ventaja, al igual que las mezclas en frío, de reducir las emisiones a la atmósfera y mejorar la seguridad y salud en las obras. Las mezclas templadas permiten también utilizar mayores tasas de reciclado que las mezclas en caliente. Cuando se utilicen, se proyectarán con los mismos espesores señalados en el catálogo de secciones tipo.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

Secciones tipo 1.1

		EX1	EX2	EX3 (*)
T00		--	37 MEZCLAS BITUMINOSAS / 25 ZAHORRA ARTIFICIAL	32 MEZCLAS BITUMINOSAS / 25 ZAHORRA ARTIFICIAL
T0		--	33 MEZCLAS BITUMINOSAS / 25 ZAHORRA ARTIFICIAL	28 MEZCLAS BITUMINOSAS / 25 ZAHORRA ARTIFICIAL
T1	T1A	--	29 MEZCLAS BITUMINOSAS / 25 ZAHORRA ARTIFICIAL	24 MEZCLAS BITUMINOSAS / 25 ZAHORRA ARTIFICIAL
	T1B	--	26 MEZCLAS BITUMINOSAS / 25 ZAHORRA ARTIFICIAL	22 MEZCLAS BITUMINOSAS / 25 ZAHORRA ARTIFICIAL
T2	T2A	--	24 MEZCLAS BITUMINOSAS / 25 ZAHORRA ARTIFICIAL	19 MEZCLAS BITUMINOSAS / 25 ZAHORRA ARTIFICIAL
	T2B	20 MEZCLAS BITUMINOSAS / 35 ZAHORRA ARTIFICIAL	20 MEZCLAS BITUMINOSAS / 25 ZAHORRA ARTIFICIAL	16 MEZCLAS BITUMINOSAS / 25 ZAHORRA ARTIFICIAL
T3	T3A	17 MEZCLAS BITUMINOSAS / 35 ZAHORRA ARTIFICIAL	17 MEZCLAS BITUMINOSAS / 25 ZAHORRA ARTIFICIAL	--
	T3B	15 MEZCLAS BITUMINOSAS / 35 ZAHORRA ARTIFICIAL	14 MEZCLAS BITUMINOSAS / 25 ZAHORRA ARTIFICIAL	--
T4	T4A	10 MEZCLAS BITUMINOSAS / 40 ZAHORRA ARTIFICIAL	10 MEZCLAS BITUMINOSAS / 30 ZAHORRA ARTIFICIAL	--
	T4B	5 MEZCLAS BITUMINOSAS / 40 ZAHORRA ARTIFICIAL	5 MEZCLAS BITUMINOSAS / 30 ZAHORRA ARTIFICIAL	--

(*) Sólo secciones de Explanada Mejorada con coronación de suelo seleccionado tipo 4.

Nota: Espesores en cm

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

Secciones tipo 1. 2

		EX1	EX2	EX3 (*)
T00		--	--	36 MEZCLAS BITUMINOSAS
T0		--	--	32 MEZCLAS BITUMINOSAS
T1	T1A	--	--	28 MEZCLAS BITUMINOSAS
	T1B	--	--	25 MEZCLAS BITUMINOSAS
T2		--	--	--
T3		--	--	--
T4		--	--	--

(*) Sólo secciones de Explanada Mejorada con coronación de suelo estabilizado in situ tipo S-EST3

Nota: Espesores en cm

9.1.2. Secciones tipo 2

Se trata de firmes constituidos por mezclas bituminosas apoyadas sobre capas de materiales tratados con cemento. Se podrá optar por las secciones tipo 2.1, en las que las mezclas bituminosas se apoyan sobre una base de suelocemento, por las secciones tipo 2.2, en las que las mezclas bituminosas se apoyan sobre una base de gravacemento y una subbase de suelocemento, o bien por las secciones 2.3, en las que las mezclas bituminosas se apoyan sobre una base de gravacemento que descansa directamente sobre la explanada. Las secciones tipo 2.3 se proyectarán únicamente sobre explanadas de la categoría EX3 cuya parte superior esté formada por suelos estabilizados con cemento tipo S-EST3.

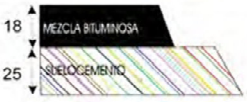
El suelocemento podrá ser sustituido por gravacemento manteniendo los espesores indicados en el catálogo y siempre que las disponibilidades de material así lo justifiquen y se sigan las directrices indicadas en el capítulo 7 “Materiales para el firme”.

En general, en las capas bituminosas situadas entre el material tratado con cemento y la capa de rodadura, se utilizarán mezclas de tipo semidenso (S). Se podrán emplear también mezclas bituminosas de tipo grueso (G) siempre que se dosifiquen con más del 4,5% de ligante sobre el peso de los áridos.

En las secciones de firme tipo 2.1 con categoría de tráfico T2B ó superior se permitirá el empleo de mezclas bituminosas de alto módulo (MAM) sobre la base de suelocemento reduciendo en 2 cm el espesor total de mezclas bituminosas indicado en el catálogo.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

Secciones tipo 2.1

		EX1	EX2	EX3
T00		--		
T0		--		
T1	T1A	--		
	T1B	--		
T2	T2A	--		
	T2B			
T3	T3A			--
	T3B			--
T4	T4A			--
	T4B			--

Nota: Espesores en cm

Secciones tipo 2.2

	EX1	EX2	EX3
T00	--		--
T0	--		--
T1	--		--
T2	--		--
T3	--	--	--
T4	--	--	--

Nota: Espesores en cm

Secciones tipo 2.3

	EX1	EX2	EX3 (*)
T00	--	--	
T0	--	--	
T1	--	--	
T2	--	--	
T3	--	--	--
T4	--	--	--

(*) Sólo secciones de Explanada Mejorada con coronación de suelo estabilizado in situ tipo S-EST3

Nota: Espesores en cm

9.2. COMPARACIÓN DE SECCIONES

En cada proyecto se comparará, al menos, el coste de construcción de dos secciones de distinto tipo que sean técnicamente adecuadas para las condiciones de la obra. Si la diferencia entre estos costes es inferior al 15%, se realizará una comparación de costes a largo plazo para elegir la sección más económica. La comparación de costes a largo plazo debe incluir los costes de construcción, mantenimiento y refuerzo. Para considerar los principales costes asociados a una sección de firme se considerará un período de al menos 30 años, actualizando los costes al año de origen.

Los costes de construcción se obtendrán como suma de los de las unidades de obra que componen la sección, incluyendo los arcenes y drenes de firme en el caso de que difieran entre secciones. Se tomarán los precios tipo considerados en cada Diputación Foral.

Los costes de conservación considerarán las operaciones ordinarias de conservación de firmes y las rehabilitaciones correspondientes. Para la definición de costes se pueden tomar los modelos incluidos en el Anejo 2 “Escenarios de conservación” o bien realizar un estudio particular según el tipo de sección y la experiencia propia en cada Diputación Foral.

9.3. SECCIONES ALTERNATIVAS

En el caso de que se analice alguna sección de firme alternativa a las presentadas en el catálogo de secciones dimensionadas (ver el Capítulo 4 de Consideraciones Generales) debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Los diseños alternativos necesariamente deben ser aprobados por la Oficina o Servicio encargado de la Supervisión de Proyectos de la Diputación Foral correspondiente.
- No se admitirán “optimizaciones” de las secciones contempladas en el catálogo, entendidas como una disminución de espesores en los firmes cuando se utilizan los materiales y disposiciones de capa que se consideran en esta Norma.
- La vida de servicio calculada para el firme alternativo debe ser igual o superior a la del firme original.
- Los diseños alternativos deben justificar las siguientes condiciones de los firmes proyectados:
  - Durabilidad de la estructura del firme, teniendo en cuenta los efectos mecánicos y climáticos. El firme debe tener la vida de servicio exigida cuando se reduzca en 2 cm el espesor de la capa de mayor módulo, para tener en cuenta las posibles tolerancias y desviaciones constructivas.
  - Costes de conservación durante la vida de servicio.

9.3.1. Esquema del método

Para realizar el diseño del firme se seguirá el siguiente esquema:

- Definición de las variables de entrada: cargas del tráfico, características de la explanada, condiciones climáticas, materiales disponibles.

- Conversión del número de vehículos pesados en aplicaciones de cargas tipo:

  Nº Ejes tipo 13 t = C.E. x Nº Vehículos pesados

  Considerando los coeficientes de equivalencia siguientes:

  Firmes flexibles: C.E. = 0,60

  Firmes semirrígidos: C.E. = 0,80

- Selección de los parámetros críticos de cálculo, generalmente deformaciones verticales en la explanada y deformaciones horizontales en el fondo de las capas bituminosas o de tensiones horizontales en el fondo de las capas tratadas con cemento.
- Cálculo de la respuesta del firme ante una carga tipo mediante un modelo multicapa.
- Aplicación de los modelos de comportamiento para tener en cuenta el fenómeno de fatiga por repetición de cargas.
- Aplicación de la ley de Miner en caso de consideración de varios tipos de cargas o de varias épocas climáticas
- Determinación de las aplicaciones de carga admisibles por la estructura estudiada.
- Repetición del cálculo aplicando tolerancias de espesores en la capa de mayor módulo.
- Comparación de las aplicaciones admisibles con las cargas estimadas a lo largo del período de proyecto.
- Reajuste del cálculo si es necesario.

9.3.2. Definición de materiales

Para la realización del cálculo se deben conocer las siguientes propiedades de los materiales utilizados:

- Módulo de Young € y coeficiente de Poisson (η) del material.
- Resistencia a fatiga

Se utilizarán los valores de módulo de la tabla 9.2 y las leyes de fatiga de la tabla 9.3.

Tabla 9.2 Módulos de los materiales

MATERIAL		E (MPa)	η
Mezclas bituminosas	Densas y Semidensas, AC D y S	6.000	0,33
	Gruesas, AC G	5.000	0,33
	De alto módulo, AC MAM	11.000	0,30
	Drenantes y discontinuas, PA y BBTM A y B	4.000	0,35
Materiales tratados con cemento	Suelocemento con suelos granulares	8.000	0,25
	Suelocemento con zahorras	12.000	0,25
	Gravacemento convencional	22.000	0,25

MATERIAL		E (MPa)	η
Explanada	EX1	75	0,35
	EX2	125	0,35
	EX3	250	0,35

Tabla 9.3 Leyes de fatiga

MATERIAL		LEY DE FATIGA
Mezclas bituminosas	Semidensas AC S	$N = 1{,}3 \cdot 9{,}0745 \cdot 10^{-9} \cdot \varepsilon_H{}^{-3{,}6707}$
	Gruesas AC G	$N = 9{,}0745 \cdot 10^{-9} \cdot \varepsilon_H{}^{-3{,}6707}$
	De alto módulo AC MAM	$N = 1{,}1 \cdot 9{,}0745 \cdot 10^{-9} \cdot \varepsilon_H{}^{-3{,}6707}$
	Drenantes PA, y discontinuas en capa fina BBTM A y B	—
Materiales tratados con cemento	Suelo S-EST3	$\sigma = 0{,}5 \cdot (1/1{,}20) \cdot (1\text{-}0{,}065 \log N)$
	Suelocemento	$\sigma = 0{,}8 \cdot (1/1{,}20) \cdot (1\text{-}0{,}065 \log N)$
	Gravacemento	$\sigma = 1{,}6 \cdot (1/1{,}20) \cdot (1\text{-}0{,}065 \log N)$
Explanada	EX1, 2 ó 3	$\varepsilon_V = 1{,}575 \cdot 10^{-2} \cdot N^{-0{,}25}$

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

10. SECCIONES DE FIRME EN ARCENES

El firme de los arcenes de anchura no superior a 1,25 m será prolongación del firme de la calzada adyacente. Su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre calzada y arcén.

En aquellos arcenes de anchura superior a 1,25 m se prolongará el firme de la calzada adyacente al menos 20 cm, medidos sobre la capa superior y con los derrames necesarios, y se elegirá la sección del arcén en función de la categoría de Tráfico de Proyecto del tramo, evitándose en lo posible la aparición de nuevas unidades de obra.

Salvo justificación en contrario, se adoptará alguna de las soluciones definidas en la tabla 10.1, previstas para unas solicitaciones del tráfico pesado acordes con la función asignada a los arcenes. En el caso de que se previera la utilización esporádica de los arcenes como carriles adicionales (por ejemplo, en vías y autovías urbanas o periurbanas) u otras situaciones que dieran lugar a solicitaciones anormalmente intensas, se podrán justificar secciones de mayor capacidad estructural previa autorización de la administración competente. En este caso, siempre será posible la prolongación del firme de la calzada adyacente aprovechando las ventajas constructivas.

Tabla 10.1. Secciones estructurales de firme en arcenes

CATEGORÍA DE TRÁFICO	TIPO DE FIRME	SECCIÓN EN ARCÉN		
		Pavimento	Base	Subbase(1)
T00	1 ó 2	Espesor total ≥ 15 cm Prolongación de las capas de rodadura e intermedia de la calzada	ZA	ZA
T0	1 ó 2	Espesor total ≥ 12 cm Prolongación de las capas de rodadura e intermedia de la calzada	ZA	ZA
T1	1 ó 2	Espesor total ≥ 10 cm Prolongación de las capas de rodadura e intermedia de la calzada	ZA	ZA
T2 - T3A	1 ó 2	Prolongación de la capa de rodadura de la calzada(3)	ZA	ZA ó SS(2)
T3B - T4B	1 ó 2	Riego con gravilla o bien sin pavimentar(4)	ZA	ZA ó SS

(1) Hasta alcanzar la explanada.
(2) SS: suelo seleccionado tipo 4.
(3) Si la capa de rodadura de la calzada es drenante o discontinua en caliente, además de esta última, se prolongará sobre el arcén la capa intermedia del firme de la calzada.

(4) Si no se pavimenta el arcén, la zahorra debe presentar, en los 15 cm superiores, un índice de plasticidad comprendido entre 6 y 10.

Para fijar los espesores de construcción de las capas o tongadas del firme del arcén se tendrá en cuenta la distribución de capas del firme de la calzada, a fin de coordinar su construcción, procurando en lo posible enrasar las capas de arcén y calzada. Si fuera previsible un ensanche de la calzada a costa del arcén, se procurará asimismo adoptar una solución compatible.

El espesor de construcción de las capas de base y subbase granulares del arcén estará comprendido entre 15 y 30 cm. Los espesores de las capas de mezcla bituminosa cumplirán los mismos requisitos que en la calzada.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

11. SECCIONES DE FIRMES ESPECIALES

11.1. TRAVESÍAS

Se pueden proyectar las mismas secciones de firme indicadas en el capítulo 9 “Secciones de firme en calzada” o bien optar por las secciones de firme específicas para travesías que se definen a continuación y que presentan una serie de ventajas adicionales en este tipo de situaciones:

- Tienen un comportamiento adecuado pese a sufrir continuas operaciones de apertura y cierre de zanjas para la colocación de conducciones de servicio o reparación de las existentes.
- Se trata de firmes de elevada durabilidad, de manera que se evitan los refuerzos de gran espesor y, en consecuencia, la disminución de la altura de los bordillos.
- Se minimizan los efectos que las vibraciones debidas a la compactación de las capas pudieran tener sobre los edificios y estructuras colindantes.

Entre las secciones específicas para travesías se puede optar por la utilización de secciones de tipo mixto con pavimento bituminoso y base de hormigón magro vibrado (tabla 11.1), o bien por el empleo de secciones rígidas con pavimento de hormigón vibrado (tabla 11.2).

En el primer caso, se podrán utilizar las secciones definidas en la tabla 11.1 para cualquier categoría de Explanada Mejorada, si bien en el caso de EX1 se deberá disponer una capa adicional de zahorra artificial de 20 cm de espesor entre la base de hormigón magro y el plano de explanada. Los materiales cumplirán en general las especificaciones y criterios definidos en el capítulo 7 “Materiales para el firme”, y en particular, el hormigón magro cumplirá las especificaciones del art. 551 del PG-3.

Tabla 11.1 Secciones de firmes mixtos para travesías

MATERIALES	T00	T0	T1	T2	T3 y T4
MEZCLA BITUMINOSA	15	12	10	8	6
HORMIGÓN MAGRO	30	28	25	22	20

Notas complementarias:

- Espesores de capa indicados en cm.
- Secciones análogas para EX2 y EX3. En caso de categoría EX1 de Explanada Mejorada se dispondrá una capa adicional de zahorra artificial de 20 cm entre la base de hormigón magro y el plano de explanada.

En el caso de firmes con pavimento de hormigón vibrado se proyectarán explanadas únicamente de las categorías EX2 ó EX3. En general, se dispondrá una capa de zahorra artificial de 20 cm de espesor bajo el pavimento de hormigón, excepto cuando el plano de explanada esté constituido por suelos estabilizados tipo S-EST3, en cuyo caso el pavimento se apoyará directamente sobre la capa estabilizada. El pavimento de hormigón se proyectará en masa con juntas transversales de contracción no distanciadas más de 4 m y sin pasadores. El hormigón vibrado será del tipo

HF-4,5 para categoría de Tráfico de Proyecto T2 ó superior, y del tipo HF-4,0 para las categorías inferiores, y cumplirá las prescripciones del art. 550 del PG-3.

Tabla 11.2 Secciones de firmes rígidos para travesías

MATERIALES	T00	T0	T1	T2	T3 y T4
HORMIGÓN VIBRADO	27	26	25	23	21
ZAHORRA ARTIFICIAL	20	20	20	20	20

Notas complementarias:

- Espesores de capa indicados en cm.
- Secciones válidas únicamente para explanadas de categorías EX2 ó EX3.
- Sobre explanadas de categoría EX3 con suelo estabilizado tipo S-EST3 no se dispondrá la subbase de zahorra artificial.

11.2. TÚNELES

A efectos de aplicación de la presente Norma, se considerará como túnel toda carretera cubierta, ya sea excavada en el terreno, o en falso túnel.

Para túneles cortos, de longitud inferior a 500 metros, no será necesario adoptar una sección especial de firme, pudiéndose disponer el mismo tipo que en las inmediaciones del túnel.

Para túneles largos, de longitud superior a 500 m, y con objeto de minimizar las operaciones de reparación en su interior, se proyectarán las secciones de firme indicadas en el capítulo 9 “Secciones de firme en calzada” con las siguientes prescripciones adicionales:

- Se incrementará en una categoría el Tráfico de Proyecto (salvo para el tráfico T00 en el que se aumentarán 3 cm los espesores de mezcla bituminosa).
- Se adoptará la categoría EX3 de Explanada Mejorada para cualquier categoría de Tráfico de Proyecto.

En relación con la explanada mejorada, se contemplarán las siguientes situaciones:

- En los túneles en los que el firme se apoya sobre la roca o suelo de la traza, y en los que no se disponga solera de hormigón, si se trata de roca, meteorizable o sana, se procederá a un relleno de oquedades y regularización con hormigón en un espesor mínimo de 15 cm sobre las crestas de la superficie existente, considerándose como explanada de categoría EX3. Si se trata de roca sana se podrá alternativamente regularizar con zahorra artificial en un espesor mínimo de 20 cm y se considerará entonces como una explanación de suelo seleccionado. Si se trata de suelo se le dará el mismo tratamiento que en carreteras al aire libre.
- En las secciones de firmes apoyadas en roca terminadas en solera de hormigón en masa con un espesor mínimo de 25 cm, se considerará la solera como capa de base y se aplicarán los recubrimientos bituminosos definidos en el capítulo 9 “Secciones de firmes en calzada” para las secciones tipo 2.2. Si el espesor es inferior a 25 cm se considerará simplemente como una regularización de hormigón.

- En las secciones de firmes apoyadas en suelo terminadas en solera de hormigón en masa con un espesor mínimo de 25 cm, se considerará la solera como capa de base y se aplicarán los recubrimientos definidos en el capítulo 9 “Secciones de firmes en calzada” para las secciones tipo 2.1. Si el espesor es inferior a 25 cm se considerará simplemente como una regularización de hormigón.
- En secciones de túnel en contrabóveda, se dispondrá en el fondo del firme una zahorra artificial drenante, provista de los elementos correspondientes de evacuación de agua. Sobre ella se dispondrá una capa de hormigón de 20 cm de espesor como mínimo para facilitar el paso de obra. La explanada así formada se clasificará como EX3.
- Si el túnel cuenta con una solera de hormigón armado o pretensado de al menos 25 cm de espesor, se proyectará una solución similar a las señaladas para obras de paso, consistente en una regularización, impermeabilización y pavimento.

Si se proyecta un firme con pavimento bituminoso, queda expresamente prohibido el uso de capas de rodadura de mezcla drenante, y en general todas aquellas con un contenido de huecos en mezcla superior al 15%, por el peligro potencial que supone el movimiento de líquidos inflamables a través de ellas en caso de incendio. Si este tipo de mezcla se utilizara en los accesos al túnel, el cambio se efectuará dentro del túnel a 50 m de las embocaduras, con el fin de evitar crear un punto singular en caso de lluvia a la entrada o salida del túnel.

En túneles largos son también muy adecuados los firmes rígidos. Se puede optar por las secciones indicadas en el catálogo de la Norma 6.1- IC del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Se seguirán los criterios de proyecto definidos en esta última norma para el diseño de los pavimentos de hormigón.

11.3. OBRAS DE PASO

El pavimento del tablero de una obra de paso deberá cumplir la doble función de proporcionar una adecuada rodadura al tráfico y proteger e impermeabilizar el tablero ante la acción directa del tráfico y de la intemperie, particularmente en climas o ambientes agresivos.

En general, el tratamiento de protección del tablero previo a la disposición del pavimento constará de lo siguiente:

- Preparación del tablero.
- Riego de imprimación del tablero, en su caso.
- Regularización del tablero, en su caso.
- Capa o sistema de impermeabilización.
- Tratamiento de protección de la impermeabilización, en su caso.

La capa o sistema de impermeabilización puede estar formado por láminas de sistemas poliméricos o polimérico-bituminoso fabricadas in situ, por másticos bituminosos fabricados en frío o en caliente o por láminas asfálticas prefabricadas, de comportamiento debidamente contrastado. Cada sistema de impermeabilización tiene su forma de aplicación por lo que algunas de las actuaciones enumeradas pueden no ser necesarias.

El pavimento sobre la impermeabilización será función de la categoría de Tráfico de Proyecto:

- Con tráfico T2 ó superior, se proyectará una mezcla bituminosa en caliente de 10 cm de espesor, en dos capas, una intermedia, formada por una mezcla bituminosa de tipo denso o semidenso (según art. 542 del PG-3) de tamaño máximo nominal de árido no superior a 12 mm, y una capa de rodadura formada por mezcla bituminosa de tipo denso o semidenso (según art. 542 del PG-3) o bien de tipo discontinuo (según art. 543 del PG-3). La capa intermedia no será necesaria cuando se haya regularizado el tablero directamente sobre el riego de imprimación.
- Con tráfico T3 ó inferior, el firme estará compuesto por una única capa de mezcla bituminosa en caliente de tipo denso o semidenso (según art. 542 del PG-3) o bien por una mezcla bituminosa de tipo discontinuo (según art. 543 del PG-3).

Se pueden utilizar capas de rodadura de mezcla bituminosa drenante (según art. 543 del PG-3) para dar continuidad a la rodadura de los firmes adyacentes, siempre y cuando la obra de paso no se encuentre en zona con riesgo de heladas.

En caso de proyectar rodaduras de mezcla drenante o discontinua, se dispondrá bajo las mismas una capa de 5 cm de mezcla bituminosa en caliente de tipo denso o semidenso.

En tableros de puentes muy flexibles, para cualquier categoría de Tráfico de Proyecto, se tendrá que impermeabilizar el tablero y extender una capa de rodadura delgada muy resistente a la fatiga. Se recomienda utilizar una de las siguientes soluciones:

- Una capa de 5 cm de mezcla bituminosa tipo densa o semidensa (según art. 542 del PG-3) con ligante modificado del tipo PMB 45/80-60 ó PMB 45/80-65.
- Una capa de 2 a 3 cm de mezcla bituminosa discontinua (según art. 543 del PG-3) con un fuerte riego de adherencia (>0,30 kg/m^2 de betún residual para mezclas BBTM B y 0,25 kg/m^2 para mezclas BBTM A) y ligante modificado del tipo PMB 45/80-60 ó PMB 45/80-65.

11.4. ENSANCHES DE CALZADA

Los ensanches de calzada consisten en la construcción de un firme nuevo a uno o ambos márgenes de otro existente de manera que se consiga una plataforma de mayor anchura. Este tipo de construcción se hace generalmente enrasando el firme nuevo con el antiguo y reforzando luego toda la calzada con una o varias capas de mezcla bituminosa.

El diseño del firme del ensanche deberá cumplir con lo indicado en esta Norma para firmes de nueva construcción y, en particular, su dimensionamiento se llevará a cabo mediante el catálogo general de secciones de firme presentado en el capítulo 9, con las siguientes particularidades:

- El Plano de la Explanada del firme nuevo quedará enrasado con el del firme existente o bien situado por debajo del mismo.
- Para reducir el riesgo de deformaciones diferenciales en el borde del ensanche resulta conveniente que la Explanada Mejorada sea de la mayor categoría posible (EX2 ó EX3) y, en todo caso, siempre se debe estudiar la conveniencia de estabilizar la explanada, especialmente si los suelos del apoyo son de baja capacidad de soporte.

- Por la misma razón anterior, en general, la solución de firme debe presentar mayor rigidez que la del firme existente.

Se deberá estudiar el drenaje del firme, especialmente si el firme existente contiene capas muy permeables, en cuyo caso se les debe dar continuidad bajo el ensanche hasta un sistema de drenaje adecuado.

En el diseño del refuerzo del firme existente es conveniente enrasar la base o subbase del ensanche con la capa superior del firme existente y extender en toda la anchura el refuerzo requerido. Para la aplicación de las secciones del catálogo se considerará que el espesor del refuerzo forma parte del espesor total del firme de nueva construcción.

En ocasiones, cuando es necesaria una corrección de peraltes, se puede minimizar el volumen necesario de mezcla bituminosa de refuerzo extendiendo primero las capas de corrección de peralte en el firme existente y construyendo posteriormente el ensanche de manera que la base o subbase quede enrasada con la nueva superficie. No obstante, esta solución resulta más crítica que la primera en lo relativo a la posible aparición de grietas en el borde del ensanche.

Las capas del firme existente se deberán retranquear de manera que no coincidan las distintas juntas longitudinales. La junta de la última capa de enrase se deberá situar fuera de la línea de rodada de los vehículos.

El diseño del firme debe considerar la situación de peligro que se crea debido a la presencia del escalón lateral durante la construcción del ensanche. En este sentido, sin perjuicio de las medidas de señalización y balizamiento que se adopten en obra, se deben buscar soluciones que minimicen los plazos de construcción de capas sucesivas.

11.5. FIRMES PROVISIONALES

Se entiende por firmes provisionales aquellos proyectados para un período de tiempo limitado. En general, serán necesarios en alguna de las siguientes situaciones:

- Cuando se esperen asientos considerables en los terraplenes.
- Cuando sea necesaria la construcción de desvíos provisionales.
- Cuando el clima sea desfavorable para la construcción de la capas superiores del firme.

La construcción del firme definitivo deberá estar obligatoriamente contemplada en el proyecto del firme provisional, y por tanto, no se podrá considerar el firme provisional como parte de una estrategia de construcción por etapas, a medio o largo plazo.

En el caso de que se esperen asientos en el terraplén, no se podrán emplear secciones de firme con capas inferiores tratadas con cemento, siendo los más recomendables los firmes formados por mezclas bituminosas y capas granulares.

Cuando sea necesaria la construcción de firmes para desvíos provisionales se justificará su sección mediante el catálogo general de secciones de firme presentado en el capítulo 9, determinándose la categoría de Tráfico de Proyecto a partir del tráfico pesado que se estima

circulará por el desvío provisional durante el período de tiempo que vaya a permanecer en servicio.

Los firmes provisionales se proyectarán siempre con todo el espesor de las capas de base que correspondan al firme definitivo y un pavimento que dependerá de la categoría de Tráfico de Proyecto:

- Con categoría T2 ó superior, se colocará una capa de mezcla abierta en frío sellada con un microaglomerado en frío, o bien una capa de 6 cm de gravaemulsión sellada con un tratamiento superficial.
- Con categoría T3 ó inferior, será suficiente un triple tratamiento superficial.

11.6. ZONAS DE ESTACIONAMIENTO Y PARADA

En zonas de estacionamiento y parada, como bahías de autobuses o paradas de peaje, el diseño del firme está condicionado fundamentalmente por la reducida velocidad de circulación de los vehículos, así como su detención, lo que origina una considerable disminución de rigidez y una importante fluencia de los materiales bituminosos, lo cual se manifiesta en el desarrollo de roderas y afecta muy negativamente a las capas inferiores del firme.

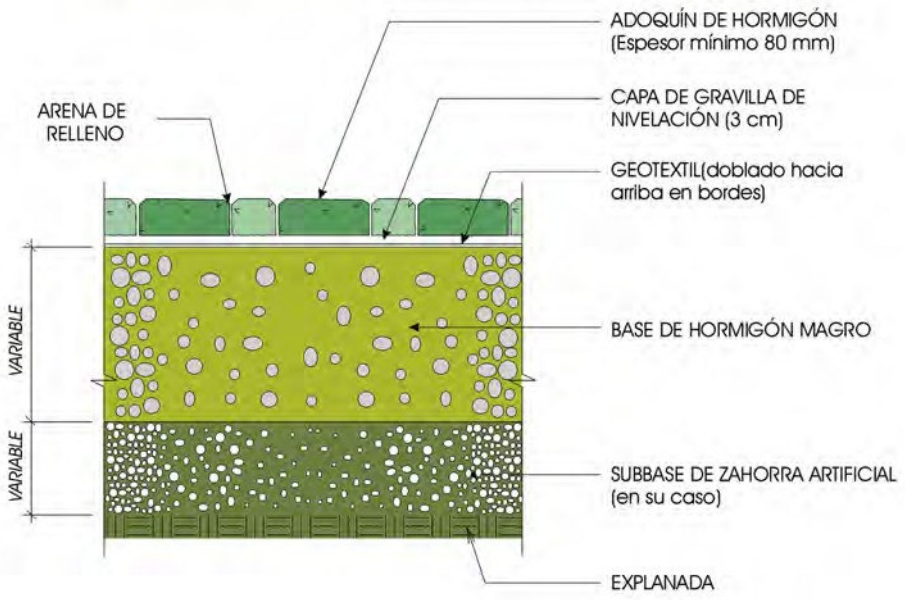
Otro problema añadido que presentan estas áreas es el frecuente derrame de aceites y combustibles, que deterioran rápidamente el pavimento si éste es bituminoso.

Por todo ello, conviene pavimentar estas zonas con materiales que presenten un buen comportamiento frente a las deformaciones plásticas y capaces de resistir los derrames de combustible sin deteriorarse. Los pavimentos más recomendables son las losas de hormigón (se pueden utilizar los firmes de la tabla 11.2 indicados para travesías), los pavimentos de adoquines, e incluso pavimentos de mezcla bituminosa siempre que sea resistente a los derrames de combustibles.

En caso de disponer un pavimento bituminoso se utilizarán ligantes resistentes a los combustibles en la capa superior o bien se protegerá la mezcla bituminosa con un microaglomerado en frío o tratamiento superficial que incorpore este tipo de ligante. En los 15 cm superiores se podrán utilizar mezclas bituminosas de alto módulo (en capa intermedia) o convencionales, si bien en este último caso se deberán diseñar con betún modificado de los tipos PMB 25/55-65, PMB 45/80-60 o PMB 54/90-65, o, al menos, con betún asfáltico de baja penetración tipo 35/50.

Los firmes de adoquines estarán formados por el pavimento de adoquines de hormigón (según UNE 127015) apoyado sobre una capa fina de gravilla, una capa de base de hormigón magro, y en su caso, una subbase granular de zahorra artificial (ver figura 11.1).

Figura 11.1. Sección de firmes con pavimento de adoquines



Las secciones de firme con pavimento de adoquín se dimensionarán de acuerdo con el catálogo de secciones de la tabla 11.3. Las secciones serán válidas únicamente para explanadas de categorías EX2 ó EX3. Sobre explanadas de categoría EX3 con suelo estabilizado tipo S-EST3 no se dispondrá la subbase de zahorra artificial.

Tabla 11.3 Firmes con pavimento de adoquines para zonas de estacionamiento y parada

MATERIALES	T00	T0	T1 y T2	T3 y T4
ADOQUÍN PREFABRICADO	10	10	8	8
GRAVILLA 2/6	3	3	3	3
HORMIGÓN MAGRO	30	25	20	18
ZAHORRA ARTIFICIAL	20	20	15	15

Notas complementarias:

- Espesores de capa indicados en cm.
- Secciones válidas únicamente para explanadas de categorías EX2 ó EX3.
- Sobre explanadas de categoría EX3 con suelo estabilizado tipo S-EST3 no se dispondrá la subbase de zahorra artificial.

La capa de gravilla realiza una función de apoyo del adoquín permitiendo su correcta compactación y nivelación, desempeñando además una función drenante. La gravilla se debe ajustar a la granulometría de la tabla 11.4 y se dispondrá en capas de 3 cm de espesor. Para

evitar problemas de friabilidad y desgaste del árido, se recomienda evitar la utilización de áridos calizos[5].

Las juntas entre adoquines se sellarán con una arena fina que cumpla la granulometría indicada en la tabla 11.4. Esta arena de sellado tiene una enorme influencia en el comportamiento estructural del pavimento ya que confina los adoquines y ayuda a trasmitir las cargas verticales.

Tabla 11.4 Granulometrías de arenas de nivelación y sellado

TAMIZ (mm)	GRAVILLA DE NIVELACIÓN	ARENA DE SELLADO
8	100	—
4	50-85	—
2	10-50	100
1	0-5	80-100
0,5	—	50-80
0,25	—	25-50
0,125	—	12-25
0,063	—	4-8

Se deben proyectar bordes de confinamiento en el perímetro del pavimento de adoquines para evitar el desplazamiento de las piezas, la apertura de las juntas y la pérdida de trabazón entre los adoquines. En general los bordes de confinamiento deben presentar un paramento vertical y es conveniente que se realicen mediante elementos prefabricados de hormigón.

En ningún caso se debe permitir el tráfico hasta finalizar la ejecución de los bordes de confinamiento y la operación de sellado de los adoquines.

En general, se realizarán juntas, longitudinales y transversales, en la base de hormigón magro cuando la anchura de extendido supere los 7 m, y se interpondrá un geotextil de separación entre la capa de gravilla de nivelación y la base de hormigón magro. La fisuración se podrá realizar en fresco o en el material ya endurecido por serrado de al menos un tercio del espesor de la capa.

11.7 LECHOS DE FRENADO

En ciertos tramos con pendientes prolongadas se considerará justificado disponer lechos de frenado de acuerdo con los criterios de implantación establecidos en la Orden Circular 35/2014

[5] En todo caso, se podrá utilizar árido calizo cumpliendo las siguientes limitaciones: Friabilidad de la arena (FA) ≤ 40 (ensayo UNE-EN 1097-1) y resistencia al desgaste de la grava ≤ 40 (ensayo de Los Ángeles UNE-EN 1097-2).

"Sobre Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos" de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

El lecho estará constituido por una cama de material disgregado, de tal forma que se consiga la detención del vehículo al hundirse sus ruedas en el material granular.

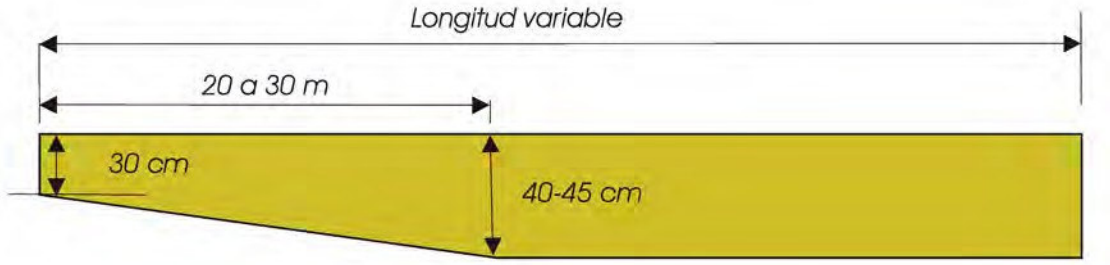
La capa granular estará formada a base de gravas naturales limpias de partículas redondeadas no procedentes de machaqueo. En concreto, se recomienda el uso de gravilla rodada suelta de tamaño 5/10 mm.

Se deberá asegurar la capacidad drenante del material granular así como proyectar los dispositivos de drenaje necesarios para impedir la retención de agua que en caso de helarse reduciría notablemente la función desaceleradora del lecho de frenada.

El material de relleno estará contenido entre muretes laterales y sobre una solera de hormigón de 30 cm de espesor, con una inclinación transversal del 2%.

El espesor del material de relleno aumentará progresivamente durante los primeros 20 a 30 m, desde unos 30 cm, a la entrada del lecho, hasta un espesor de unos 40 a 45 cm que se mantendrá hasta el final del lecho de frenado (ver figura 11.2). Esta disposición tiene por objeto permitir una transición suave en la entrada y el hundimiento progresivo del vehículo y, al mismo tiempo, que se logre una pendiente suficiente para facilitar el drenaje.

Figura 11.2 Esquema de sección longitudinal en lecho de frenado



En cuanto a la longitud y anchura del lecho se deberá cumplir lo especificado al respecto en la Norma 3.1-IC Trazado, del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

Debido a que los vehículos generalmente están en el lecho en condiciones fuera de control, y que además, una vez que están en el lecho, al conductor le resulta muy difícil dirigir el vehículo, se debe necesariamente disponer una barrera de alto nivel de contención en el lado del lecho más alejado de la calzada.

12. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

12.1. DISPOSICIÓN TRANSVERSAL

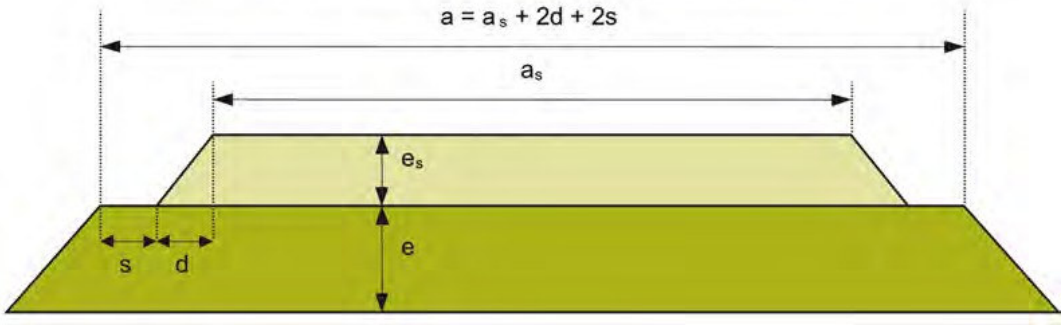
En la disposición de las distintas capas del firme en la sección transversal se cumplirán las siguientes prescripciones:

- La anchura de la capa superior del pavimento rebasará a la teórica de la calzada, incluido el sobreancho en curva, al menos en 20 cm por cada borde.
- Cada capa del firme tendrá una anchura, a, en su cara superior, igual a la de la capa inmediatamente superior, as, más la suma de los sobreanchos d y s indicados en la tabla 12.1 (ver figura 12.1). El sobreancho se podrá aumentar si así lo exigiera el disponer de un apoyo para la extensión de la capa superior.

Tabla 12.1 Valores de los sobreanchos (en cm)

POR DERRAMES (d)	Hormigón		0
	Otros materiales		es
POR CRITERIOS CONSTRUCTIVOS (s)	Bajo hormigón		es
	Bajo otros materiales	Mezclas bituminosas	5
		Capas tratadas con conglomerantes hidráulicos	6 a 10
		Capas granulares	10 a 15

Figura 12.1 Esquema de disposición transversal del firme



- La anchura extendida y compactada será siempre igual o superior a la teórica y comprenderá las anchuras teóricas de la calzada y/o arcenes más los sobreanchos mínimos fijados en los planos. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará las

anchuras máximas y mínimas de extendido, así como la situación de las juntas longitudinales necesarias.

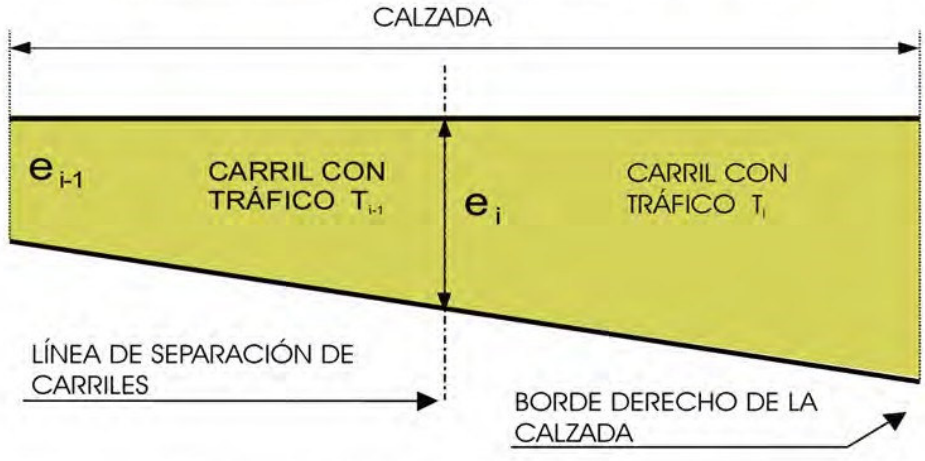
- La anchura de la Explanada Mejorada compactada se prolongará de tal manera que permita que la berma, incluyendo derrames y sobreanchos, apoye directamente sobre ella.
- Se eliminarán los excesos laterales sin la compactación adecuada, excepto si forman parte del borde exterior de la plataforma.

12.2. VARIACIÓN DE SECCIONES ENTRE CARRILES

Se podrán considerar, salvo para la categoría de Tráfico de Proyecto T4, secciones de firme distintas entre carriles de una misma calzada cuando disponga de dos o más carriles por sentido de circulación, con las siguientes prescripciones:

- La máxima diferencia de categoría de Tráfico de Proyecto entre carriles será de una.
- Se mantendrá la misma categoría de Explanada Mejorada.
- Se utilizará la misma tipología de sección de firme.
- Las variaciones de espesor se harán en la capa resistente, entendiendo por tal aquélla que tenga mayor rigidez (mezclas bituminosas en firmes tipo 1, suelocemento en firmes tipo 2.1, y gravacemento en firmes tipo 2.2 y 2.3), sin incumplir las limitaciones de espesor contenidas en la presente Norma.
- Las variaciones de espesor serán transversalmente lineales, debiendo mantenerse los espesores mínimos correspondientes en el borde izquierdo (según el sentido de circulación) de cada carril (ver figura 12.2).
- La compensación de las variaciones de espesor para mantener las pendientes transversales mínimas en el cimiento del firme, se harán en la capa inferior del firme o la superior de las capas de la Explanada Mejorada.

Figura 12. 2 Esquema de variación de espesor entre carriles



e_i: espesor de proyecto de la capa resistente

12.3. DRENAJE DE LAS CAPAS DE FIRME

En ocasiones el agua de lluvia que cae sobre la calzada se infiltra a través de las fisuras, juntas o huecos de la capa de rodadura y se mueve por el interior de la estructura del firme por efecto de la gravedad. Para evacuar el caudal de infiltración podrán utilizarse capas drenantes que conduzcan el agua hacia sistemas de recogida entre los que se pueden citar:

- Zanjas drenantes longitudinales dotadas de una tubería porosa o ranurada que capte el caudal y lo dirija hacia los desagües o los tubos colectores encargados de llevar el agua hacia el exterior del firme (figura 12.3).
- Cunetas situadas en el borde exterior de la calzada (figura 12.4).

Figura 12. 3 Desagüe de capa drenante a dren longitudinal

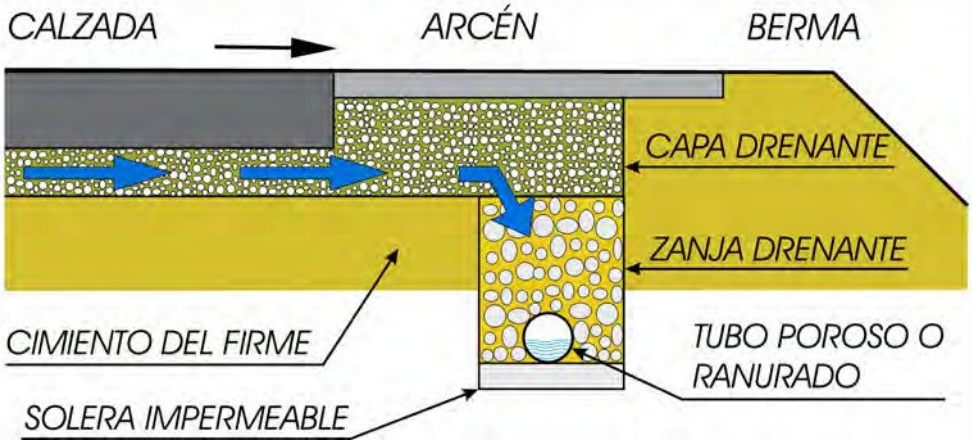
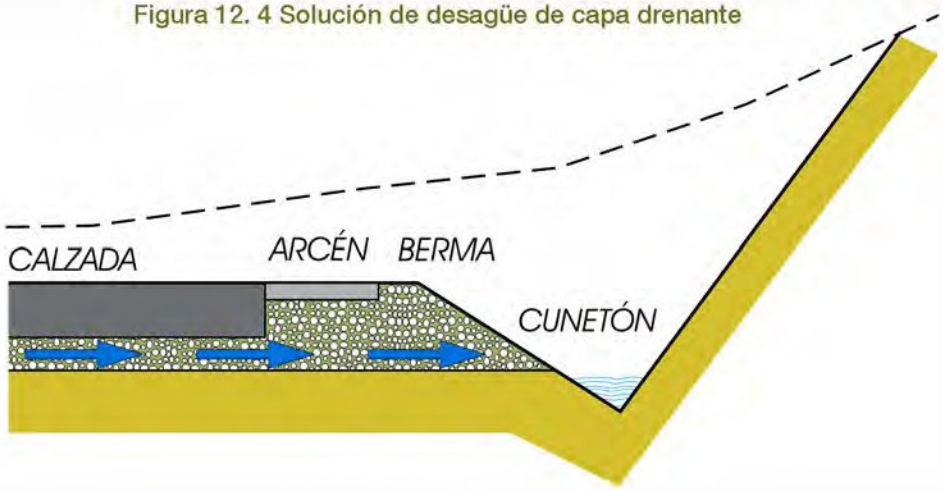


Figura 12. 4 Solución de desagüe de capa drenante



Se ha de tener en cuenta la disposición de pendientes de calzada y arcén a efectos de colocación de drenajes, especialmente si la pendiente del arcén vierte hacia la calzada. En el caso de que la calzada dispusiera de una capa inferior drenante o un geotextil, se prolongarán bajo el arcén hasta desaguar a un sistema de drenaje adecuado.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

Nunca se desaguará el agua de la capa drenante a los bordes del terraplén.

En las zonas más críticas se analizará la trayectoria del agua a través de la capa drenante; disponiendo zanjas transversales de intercepción en función de las pendientes de la explanada, para limitar el recorrido máximo del agua y el tiempo de saturación.

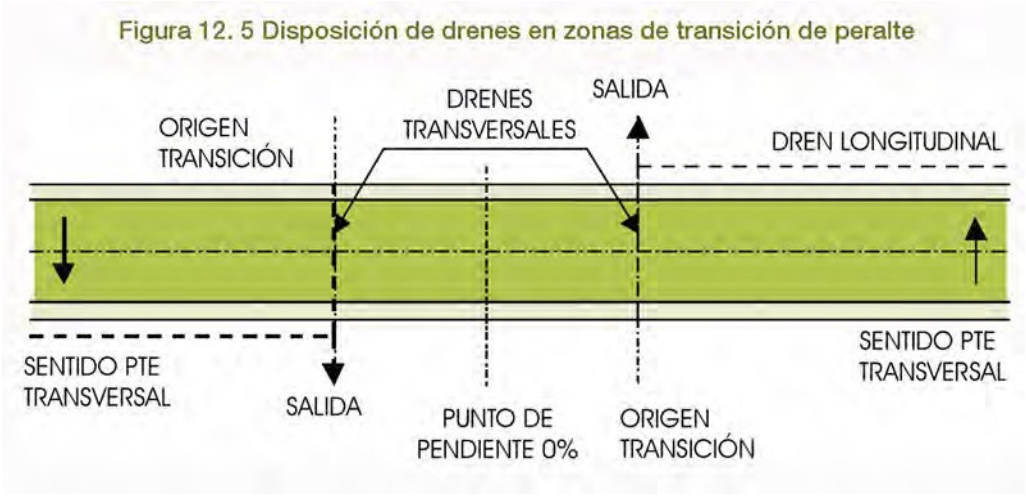
Cuando sea previsible la contaminación de la capa drenante con finos procedentes del cimiento se intercalará entre ambas un geotextil.

Las capas drenantes serán de materiales granulares, siempre que cumplan las especificaciones complementarias necesarias para este cometido[6]. La capa drenante conservará la misma pendiente transversal que la del pavimento.

Se pueden utilizar dos tipos fundamentales de zanjas drenantes que son:

- ❖ Zanjas drenantes longitudinales: conviene ubicarlas en los laterales del firme, al borde de la capa drenante, bajo los arcenes.
- ❖ Zanjas drenantes transversales: se dispondrán siempre en puntos determinados, tales como transiciones de peralte (ver figura 12.5), puntos bajos del trazado, transiciones de desmonte a terraplén y viceversa, o carreteras de fuerte pendiente (> 5%). En general, se situarán a una distancia comprendida entre 0,7 y 2 veces la anchura de la calzada.

Figura 12. 5 Disposición de drenes en zonas de transición de peralte



La anchura de la zanja será, como mínimo, el diámetro exterior de la tubería drenante ($Ø_D$) más un resguardo a cada lado ($\geq 1/2Ø_D$). En el caso de que se emplearan zanjadoras automáticas esta anchura se debe aumentar hasta hacerse compatible con el uso de la maquinaria. La profundidad será la mínima requerida para la correcta puesta en obra de todos los materiales.

Se utilizarán filtros en general de tipo textil en las capas drenantes para protegerlas de la posible colmatación y contaminación por finos procedentes de otras capas del firme o del cimiento, y

[6] En general se podrían utilizar para este fin zahorras artificiales con granulometría discontinua ZAD20 (según artículo 510 del PG-3) o bien zahorras artificiales de granulometría continua en la parte baja del huso.

en las zanjas drenantes para proteger el relleno y la tubería de la colmatación y contaminación por finos procedentes de las capas del firme que la rodean.

Las distancias máximas entre las arquetas serán las mostradas en la tabla 12.2. Las arquetas de conexión de drenaje se dispondrán con carácter general a una distancia máxima de 60 m, y excepcionalmente a 75 m. En todo caso, se dispondrán arquetas en los cambios bruscos de alineación o de pendientes, en los puntos de unión drenes y de tuberías de desagüe, en los casos de drenes transversales, y en los puntos de unión con drenes longitudinales o con tuberías de desagüe.

Se debe prestar especial atención al diseño del drenaje de puntos bajos con rodaduras drenantes ya que se podrían producir retenciones de agua localizadas en la superficie del firme. En general se recurrirá a la realización de drenes transversales en espina de pez con la misma mezcla drenante así como aumentar el espesor de la capa drenante (5 a 6 cm).

Por otra parte, obras tales como ensanches de la calzada o cambios en el trazado afectan al drenaje subterráneo pues cambian las condiciones geométricas de la carretera, con lo que se hace indispensable la adecuación del sistema a la nueva geometría y el análisis de las conexiones con el sistema existente.

Cuando exista una capa permeable en el firme existente (p.e., macadam), el ensanche se construirá con capas de base con capacidad portante y permeabilidad adecuadas que en ningún caso será menor que la de las capas adyacentes del firme existente. Se compactará de forma que no haya asientos posteriores que produzcan escalonamientos en el firme debido a la discontinuidad que representan.

El sistema se complementará con zanjas drenantes longitudinales y transversales, tuberías colectoras y de desagüe y todos los elementos que sean necesarios para asegurar el correcto funcionamiento del drenaje subterráneo.

Tabla 12.2 Distancia máxima entre arquetas (m)

TRÁFICO	TIPO DE TERRENO		
	Montañoso	Ondulado	Llano
T0, T1, T2	100	80	60
T3, T4	120	100	80

En todos los casos en los que se produzcan cambios en el trazado, tales como rectificaciones en curvas, construcción de variantes, etc., se estudiarán detenidamente las características del terreno por el que va a discurrir el nuevo trazado y se proyectará el sistema de drenaje subterráneo teniendo en cuenta todo lo indicado en esta Norma.

Se tendrá un cuidado especial al conectar este nuevo sistema con el existente, para que no se produzcan obstrucciones, roturas o daños. Se realizarán las comprobaciones necesarias del

sistema de drenaje de la carretera existente, en el tramo que no se va a modificar, para asegurar que puede conducir el caudal que le llegue desde aguas arriba procedente del nuevo sistema. En caso de no ser así, se modificarán los elementos del sistema de drenaje existente para poder evacuar toda el agua que le llegue de aguas arriba.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

13. DEFINICIONES

Arcén.- Franja longitudinal afirmada contigua a la calzada, no destinada al uso por vehículos automóviles más que en circunstancias excepcionales.

Autopista.- Son autopistas las carreteras que, especialmente proyectadas, construidas y señalizadas como tales, cumplen todas las condiciones siguientes:

- Circulación exclusiva de vehículos automóviles.
- Calzadas distintas para cada sentido de la circulación separadas entre sí, salvo en puntos singulares o con carácter temporal, por una franja de terreno no destinada a la circulación o, en casos excepcionales, por otros medios.
- No cruzan ni son cruzadas a nivel por ninguna senda, vía, línea de ferrocarril o tranvía o servidumbre de paso alguno.
- No tienen accesos hacia o desde las propiedades colindantes.

Autovía.- Son autovías las carreteras que, no reuniendo todos los requisitos de las autopistas,

- Disponen para cada sentido de la circulación de calzadas distintas separadas entre sí salvo en puntos singulares o con carácter temporal.
- No cruzan ni son cruzadas a nivel por ninguna senda, vía, línea de ferrocarril o tranvía o servidumbre de paso alguno.
- Carecen de accesos hacia o desde las propiedades colindantes, salvo específicas entradas o salidas limitadas en cuanto a su situación y distancias.

Base.- Capa del firme situada inmediatamente bajo el pavimento y por encima del plano de explanada. Como caso extremo, puede ser la capa superior del firme si no existe pavimento, o no existir si el pavimento apoya directamente en el cimiento. Se considera que existe base bituminosa cuando el espesor de mezcla bituminosa, incluido el pavimento, es igual o superior a 16 cm.

Berma.- Franja longitudinal contigua al arcén, si existe, en el borde de la plataforma. Es una zona de seguridad y se utiliza para la eventual circulación de peatones y situación de elementos auxiliares de la carretera.

Calzada.- Zona de la carretera destinada a la circulación. Se compone de un cierto número de carriles.

Capacidad de una carretera.- Máximo número de vehículos que pueden circular por ella en un determinado período de tiempo, suponiendo que los vehículos circulan con una velocidad uniforme.

Capacidad de soporte.- Aptitud de un suelo, terraplén, desmonte o capa de firme para soportar las cargas de tráfico dentro de unos límites fijados experimental o analíticamente.

Carretera convencional.- Son las carreteras que no reúnen las características para autopistas, autovías o vías rápidas.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

Carril.- Subdivisión o banda de la calzada que permite la circulación de una fila de vehículos, generalmente delimitada por líneas de marcas viales, balizas, conos, clavos, etc.

Carril de proyecto.- Carril de la calzada para el que se dimensiona el firme y que soporta las mayores cargas de tráfico en la calzada, es decir, para el que se prevé un mayor tráfico de proyecto.

Carril lento.- Carril situado a la derecha del o de los carriles principales para la circulación de vehículos lentos y pesados, con objeto de mejorar las condiciones de capacidad de la carretera generalmente en rampas y zonas urbanas.

Categorías de tráfico de proyecto.- Intervalos que se establecen, a efectos del dimensionamiento de la sección del firme, en el número de vehículos pesados acumulados durante el período de proyecto.

Cimiento del Firme.- Conjunto de capas de suelos u otros materiales que se encuentra bajo el plano de explanada y comprende la Explanada Mejorada y el terraplén o el terreno natural subyacente.

Coeficiente de equivalencia.- Número de ejes-tipo a que equivale un conjunto de ejes de un vehículo cualquiera, a efectos de cálculo de la estructura del firme.

Drenaje.- Conjunto de dispositivos destinados a permitir la evacuación fuera de la carretera de las aguas profundas e infiltradas.

Explanada mejorada.- Conjunto de capas de suelos u otros materiales que se encuentra bajo el firme y cuya finalidad es mejorar y homogeneizar la capacidad de soporte del cimiento del firme, facilitar las labores de construcción, proteger los suelos del agua mediante impermeabilización o evacuación, y obtener las superficies geométricas precisas.

Estructura del Firme.- Conjunto de capas ejecutadas con materiales seleccionados colocado sobre la explanada para soportar las cargas del tráfico y permitir la circulación en condiciones de seguridad y comodidad. Constituye la estructura resistente de la calzada o arcén y comprende en general, de abajo arriba, las capas de subbase, base y pavimento.

Explanación.- Superficie superior de la coronación de terraplenes y la inferior de los desmontes. Ejecución de las operaciones necesarias para conseguir dicha superficie.

Intensidad de tráfico.- Número de vehículos que pasan por una sección transversal dada de una vía o carretera o carril en la unidad de tiempo.

Nivelación.- Operación que consiste en tomar las cotas de los puntos de una superficie dada con relación a un plano de referencia.

Núcleo o cuerpo de terraplén.- Suelo o conjunto de suelos comprendidos entre el terreno natural y la explanada mejorada. Está formado por suelos de aportación cuya función principal es la de elevar el plano de explanada hasta la cota de subrasante.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

Obra de paso.- Construcción que salva una discontinuidad en un trazado de carreteras para conseguir el paso de esta sobre un cauce, camino, conducción, etc.

Pavimento.- Parte superior de un firme, que debe resistir los esfuerzos producidos por la circulación, proporcionando a ésta una superficie de rodadura cómoda y segura. Está formado por la capa de rodadura y la capa intermedia, en su caso.

Período de proyecto.- Período de tiempo durante el cual se estima que la estructura del firme únicamente necesitará de mejoras de las características superficiales.

Plano de Explanada.- Superficie sobre la que se asienta el firme, no perteneciente a una obra de fábrica o estructura.

Plataforma.- Zona de la carretera ocupada por la calzada, arcenes y bermas adyacentes

Proyecto.- Conjunto de documentos que reúne todos los datos necesarios para construir una obra.

Replanteo.- Traslado y localización sobre el terreno de los diferentes puntos característicos del proyecto, definidos por sus coordenadas, con el fin de fijar la situación de la obra de forma que esta pueda construirse en planta y alzado.

Sección a media ladera.- Aquella en que el plano de explanada corta al terreno natural.

Sección en desmonte.- La que corresponde a un cimiento del firme cuyo plano de explanada está situado bajo el terreno natural.

Sección en terraplén o pedraplén.- La que corresponde a un cimiento del firme cuyo plano de explanada está situado sobre el terreno natural.

Subbase.- Capa del firme situada inmediatamente bajo la base y por encima del plano de explanada. Puede no existir o estar compuesta de varias capas.

Subrasante.- Alineación vertical que constituye el trazado en alzado del eje del cimiento del firme.

Terraplén.- Relleno formado por extensión y compactación de suelos por encima del terreno natural con el que se constituye el cimiento del firme. Está constituido por el núcleo del terraplén y por la explanada mejorada.

Terreno natural.- Conjunto de capas de suelos u otros materiales que se encuentra bajo la superficie de desmonte o núcleo de terraplén o pedraplén.

Tongada.- Capa de un determinado espesor, constante o variable, colocada sobre una superficie regular.

Tráfico de proyecto (TP).- Es el número acumulado de vehículos pesados que se estima que circularán por el carril de proyecto durante el período de proyecto.

Tramo.- Longitud de vía o carretera entre dos secciones transversales de su trazado.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

Tramo llano.- Toda combinación de pendientes y alineaciones, tanto horizontales como verticales, que permite a los vehículos pesados mantener al menos una velocidad media de 80 km/h o aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros; estos tramos incluyen en general pequeñas rampas no superiores al 1 ó 2 %.

Tramo montañoso.- Toda combinación de pendientes y trazado, tanto horizontal como vertical, que obliga a los conductores de vehículos pesados a circular a velocidad sostenida en rampa a lo largo de distancias considerables o a intervalos frecuentes.

Tramo ondulado.- Toda combinación de pendientes y trazado, tanto horizontal como vertical, que obliga a los conductores de vehículos pesados a circular a una velocidad media menor de 80 Km/h o sustancialmente inferior a la de los vehículos ligeros, aunque sin llegar a su velocidad sostenida en rampa durante ningún período significativo de tiempo.

Tramos de proyecto.- Cada una de las partes en que queda dividida la longitud de la vía o carretera, y que se caracterizan por unos factores de diseño homogéneos. Tendrán una longitud mínima de 1 Km, o la correspondiente al proyecto de construcción si esta es menor.

Travesía.- Parte de tramo urbano en la que existan edificaciones consolidadas al menos en las dos terceras partes de su longitud y un entramado de calles al menos en uno de los márgenes.

Vehículo pesado.- Se incluyen en esta denominación los camiones de carga útil superior a 3t, de más de 4 ruedas y sin remolque; los camiones con uno varios remolques; los vehículos articulados y los vehículos especiales; y los vehículos dedicados al transporte de personas con más de 9 plazas.

Velocidad específica de un elemento de trazado.- Se define como la máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo de un tramo, en condiciones de seguridad y comodidad, cuando, encontrándose el pavimento húmedo y los neumáticos en buen estado, las condiciones meteorológicas, del tráfico y legales son tales que no imponen limitaciones a la velocidad.

Velocidad de proyecto.- La velocidad de proyecto de un tramo se identifica con la velocidad específica mínima del conjunto de elementos que lo forman.

Velocidad permitida del tramo.- A efectos de la definición del firme (tabla 7.1), se asimilará a la velocidad de proyecto del tramo con el mismo tipo de firme.

Vías rápidas.- Son vías rápidas las carreteras que, disponiendo de una sola calzada para ambos sentidos de la circulación cumplen con las condiciones siguientes:

- Están destinadas a la exclusiva circulación de vehículos automóviles.
- No cruzan ni son cruzadas a nivel por ninguna senda, vía, línea de ferrocarril o tranvía o servidumbre de paso alguno.
- Carecen de accesos hacia o desde las propiedades colindantes.

ANEJO 1. ESTUDIOS DE TRÁFICO

A1.1. INTENSIDAD DEL TRÁFICO PESADO (IMD_P)

Para estimar la Intensidad Media Diaria de vehículos pesados en el año de puesta en servicio del tramo, se deben conocer al menos los siguientes datos:

- Intensidad Media Diaria (IMD) de vehículos que circulan por el tramo en proyecto.
- Proporción de vehículos pesados respecto al total de vehículos.
- Previsión de aumento del tráfico pesado a corto plazo.
- Fecha estimada de puesta en servicio del tramo.

A1.1.1. Vías de nueva construcción

En vías de nueva construcción, la IMD de vehículos pesados se ha de estimar a partir de los obtenidos en otras vías del corredor, encuestas de origen y destino, y de casos similares en el ámbito territorial considerado.

A1.1.2. Acondicionamientos y mejoras

En acondicionamientos y mejoras de carreteras, se han de tener en cuenta los datos recogidos en los informes o mapas de aforos anuales elaborados por las distintas administraciones competentes. Estos datos se pueden complementar con aforos manuales o automáticos. Para determinar la IMD en el año de apertura al tráfico se deben realizar las estimaciones correspondientes a partir del año del aforo.

A1.1.3. Tráfico inducido

Se debe estudiar específicamente el tráfico inducido y generado después de la puesta en servicio del tramo, que puede modificar sensiblemente las estimaciones de tráfico. Si de los estudios de tráfico pertinentes se deduce que la apertura del tramo inducirá un tráfico superior al calculado según el procedimiento descrito, se debe adoptar el valor del tráfico inducido.

A1.1.4. Actualización de la IMD de vehículos pesados

El valor de la IMD de vehículos pesados, estimada a partir de los resultados de aforos existentes o estudios específicos, se debe actualizar al año de puesta en servicio del tramo mediante la siguiente relación:

$$IMD_P{}^{APS} = IMD_P{}^{AFO} \cdot (1+r)^p \qquad \text{[A1.1]}$$

Siendo:

$IMD_P{}^{APS}$ IMD de vehículos pesados en el año de puesta en servicio del tramo.

$IMD_P{}^{AFO}$ IMD de vehículos pesados obtenida de estudios específicos o aforos de tráfico.

r Tasa anual estimada de crecimiento del tráfico pesado entre el año del aforo o estudio específico y el año previsto de puesta en servicio del tramo, en tanto por uno.

P Periodo comprendido entre el año del aforo o estudio específico y el año previsto de puesta en servicio del tramo, en años.

Se puede tomar el parámetro r como el mayor de las medias de los cinco o de los tres últimos valores de crecimiento del tráfico recogidos en la serie histórica de los informes anuales de aforos. Si se desconoce la fecha de puesta en servicio del tramo se puede suponer que transcurrirán 3 años a partir de la fecha en que se redacte el proyecto (Véase Ejemplo 1).

A1.1.5. Carreteras no aforadas

Cuando no se disponga de datos de aforos en carreteras interurbanas con una IMD_P estimada superior a 50, se recomienda realizar estudios específicos para su determinación. En aquellas otras con una IMD_P estimada menor de 50, se pueden realizar estudios específicos o adoptar las siguientes hipótesis:

- La IMD_P será inferior a 20 siempre que ninguna de las aglomeraciones urbanas que atraviese o conecte el tramo de proyecto tenga un número de habitantes superior a 1.000.
- La IMD_P estará comprendida entre 20 y 50 cuando alguna de las aglomeraciones urbanas que atraviese o conecte el tramo de proyecto tenga un número de habitantes superior a 1.000.

A1.2. COEFICIENTE DE PONDERACIÓN (γ_T)

Para estimar el valor de este coeficiente, se deben conocer al menos los siguientes datos:

- Distribución del tráfico pesado por calzadas, en su caso, y por carriles.
- Factor de riesgo aceptado.
- Pendiente longitudinal del tramo objeto del proyecto.

El coeficiente de ponderación de las cargas de tráfico γ_T viene definido por la siguiente expresión (véase Ejemplo 2):

$$\gamma_T = \gamma_C \cdot \gamma_L \cdot \gamma_R \qquad [A1.2]$$

Siendo:

γ_C Coeficiente de asignación del tráfico pesado al carril de proyecto.

γ_L Coeficiente que tiene en cuenta la influencia de la pendiente longitudinal del tramo objeto del proyecto.

γ_R Coeficiente que tiene en cuenta la variabilidad en la estimación del tráfico de proyecto.

A1.2.1. Estimación del coeficiente γ_C

El coeficiente γ_C se utiliza para asignar al carril de proyecto un porcentaje estimado del total de vehículos pesados. Salvo que se disponga de datos sobre asignación de tráfico pesado por carriles, el valor del coeficiente se obtendrá de la tabla A1.1.

Tabla A1.1 Estimación del coeficiente γ_C

TIPO DE VÍA	DESCRIPCIÓN		γ_C
DE CALZADA ÚNICA	ANCHURA DE CALZADA	≥ 6 m	0,50
		≥ 5 y < 6 m	0,75
		< 5 m	1,00
DE DOBLE CALZADA	CARRILES POR SENTIDO(*)	2 m	0,50
		3 m ó más	0,45

(*) En la asignación de carriles por sentido no se tendrán en cuenta los carriles lentos, de aceleración o deceleración, ramales, etc.

A1.2.2. Estimación del coeficiente γ_L

El coeficiente de mayoración γ_L se utiliza para tener en cuenta en el dimensionamiento la disminución de la rigidez que se produce en los materiales bituminosos en las zonas en rampa como consecuencia de la reducción de la velocidad de los vehículos pesados. Se adoptará un coeficiente de valor γ_L = 1,3 únicamente en aquellos subtramos del proyecto en rampa cuya pendiente longitudinal sea superior al 5% y se mantenga en una longitud de al menos 500 m. En el resto de los casos se tomará γ_L = 1,0.

A1.2.3. Estimación del coeficiente γ_R

El coeficiente de mayoración γ_R se utiliza para asumir en el dimensionamiento un nivel de riesgo en la estimación de las cargas de tráfico. El nivel de riesgo será función del tipo de red y de la intensidad de tráfico según se indica en la tabla A1.2.

Tabla A1.2 Estimación del coeficiente γ_R

TIPO DE RED	IMD DE LA CARRETERA EN EL AÑO PUESTA EN SERVICIO	γ_R
PRINCIPAL(*)	≥ 20.000	1,4

TIPO DE RED	IMD DE LA CARRETERA EN EL AÑO PUESTA EN SERVICIO	γ_R
	10.000 – 20.000	1,3
	< 10.000	1,2
RESTO	≥ 2.000	1,1
	< 2.000	1,0

(*) Compuesta por todas las carreteras de la red de interés preferente, la red básica y la red complementaria.

A1.3. FACTOR DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO (F)

El factor de crecimiento, F, introduce en la estimación del tráfico el incremento de tráfico pesado que se espera que circule por la carretera durante el periodo de proyecto considerado. Depende de la tasa de crecimiento de este tipo de tráfico y del periodo de proyecto considerado.

En ausencia de datos fiables podrá adoptarse una tasa constante del 4% para tráficos T1 ó superiores y del 2% para tráficos T2 ó inferiores. De la aplicación de estas tasas resultan los valores de F indicados en la tabla A1.3.

Tabla A1.3 Tasa anual media de crecimiento del tráfico de vehículos pesados (periodo de proyecto: 20 años)

r (%)	F
4,0	30
2,0	25

Si se consideran estas tasas de crecimiento, la categoría de tráfico se podrá clasificar en función de la intensidad media diaria del tráfico pesado en el año de puesta en servicio ponderada (IMD_P^{APS})*, que se define mediante la siguiente relación:

$$\left(IMD_P{}^{APS}\right)^* = IMD_P \cdot \gamma_T \qquad \text{[A1.3]}$$

Y la clasificación general se podrá sustituir por la de la tabla A1.4.

Tabla A1.4 Categorías de tráfico de proyecto. Método simplificado

CATEGORÍA DE TRÁFICO	$(IMD_P^{APS})^*$	
	F=30	F=25
T00	4.000 – 8.000	4.800 – 9.600
T0	2.000 – 4.000	2.400 – 4.800

CATEGORÍA DE TRÁFICO	$(IMD_P^{APS})^*$	
	F=30	F=25
T1A	1.400 – 2.000	1.680 – 2.400
T1B	800 – 1.400	960 – 1.680
T2A	400 – 800	480 – 960
T2B	200 – 400	240 – 480
T3A	100 – 200	120 – 240
T3B	50 – 100	60 – 120
T4A	25 – 50	30 – 60
T4B	< 25	< 30

Pese a que estos valores se consideran suficientemente ajustados para las condiciones generales de la Red de Carreteras del País Vasco, en situaciones concretas el Servicio de Carreteras competente podrá solicitar que se realice un estudio específico sobre la evolución del tráfico pesado, lo que podría hacer variar la valoración del factor de crecimiento. En este caso, se debe realizar conforme a las directrices que se indican a continuación.

A1.3.1. Estimación de la tasa de crecimiento del tráfico pesado

Cuando se deba estimar la tasa anual media de crecimiento del tráfico de vehículos pesados para un proyecto concreto se deben utilizar modelos que se basen en proyecciones hacia el futuro de series históricas complementados con las tendencias de otras variables como son la especialización funcional, la economía, la red viaria de cada territorio, factores políticos, etc.

A1.3.2. Cálculo del valor F

El factor de crecimiento para una tasa anual de crecimiento, r, constante y un periodo de proyecto de n años, vendrá dado por la siguiente expresión:

$$F = \frac{[(1+r)^n - 1]}{r} \qquad \text{[A1.4]}$$

Donde,

r Tasa anual media de crecimiento del tráfico de vehículos pesados durante el periodo de proyecto considerado (en tanto por uno).

n Periodo de proyecto (en años).

Si se considera conveniente variar la tasa de crecimiento a lo largo del período de proyecto, en general se tendrán m periodos diferentes de duración n_i años cada uno durante los cuales la tasa de crecimiento anual tendrá un valor constante igual a r_i. Se debe cumplir por consiguiente:

$$\sum_{i=1}^{m} n_i = n \quad \text{(período de proyecto)} \qquad \text{[A1.5]}$$

En este caso, el factor de crecimiento se obtendrá de la siguiente expresión:

$$F = C_1 + t_{C1} \cdot C_2 + t_{C1} \cdot t_{C2} \cdot C_3 + \ldots + t_{C1} \ldots t_{Cm-1} \cdot C_m \qquad [A1.6]$$

Siendo,

C_i Factor de acumulación de tráfico en cada período.

$$C_i = \frac{(1+r_i)^{n_i} - 1}{r_i} \qquad [A1.7]$$

t_{Ci} Tráfico al final de cada período.

$$t_{Ci} = (1 + r)^{n_i} \qquad [A1.8]$$

A1.3.3. Limitación por capacidad de la sección

El incremento del tráfico a lo largo del período de proyecto vendrá limitado, en cada caso, por la capacidad de la sección asociada a cada tramo del proyecto. A partir del momento en que la IMD_P alcance el valor máximo correspondiente al tipo de vía y tramo, se supondrá constantemente igual a este valor hasta el final del período de cálculo, siempre que no se prevean actuaciones que puedan incrementar la capacidad de la carretera existente. El valor de esta capacidad, en términos de IMD, se deberá justificar convenientemente en el correspondiente estudio específico, para el que se puede utilizar el Manual de Capacidad de Carreteras del TRB[7].

Si no se dispone de un estudio específico, para carreteras de calzada única, dos carriles y doble sentido de circulación, se puede estimar su capacidad siguiendo las directrices que se indican en la tabla A1.5 y siempre que las características del tramo se aproximen lo suficiente a las hipótesis consideradas.

Tabla A1.5 Máxima IMD de vehículos pesados en toda la calzada (capacidad) por tipo de vía y tramo (*)

TIPO DE VÍA	TIPO DE TRAMO		
	Llano	Ondulado	Montañoso
Calzada de 7 m y arcén ≥ 1,5 m	9.000	4.000	2.000
Calzada de 6 m y arcén ≥ 0,5 m	7.000	3.000	1.500
Calzada de 5 m y sin arcén	5.000	2.000	1.000

(*) Se han adoptado las siguientes hipótesis:

[7] Transportation Research Board (TRB). "Highway Capacity Manual", National Research Council. Washington, D.C. TRB 2010.

- 50% camiones.
- FHP=1; K (factor de la hora de proyecto) = 0,10.
- Reparto por carriles: 60/40.

A1.4. EJEMPLOS

A1.4.1. Ejemplo 1.- Actualización de la IMD_P

Se está realizando el proyecto de acondicionamiento de una carretera existente (año actual 2003). Se ha obtenido su IMD a partir del mapa de aforo del año 2001. Se ignora la fecha exacta de puesta en servicio del tramo.

Datos:

- IMD de vehículos pesados año 2001 = 976
- Tasa anual media de crecimiento del tráfico pesado en el periodo 1996-2001: 4% anual.
- Tasa anual media de crecimiento del tráfico pesado en el periodo 1998-2001: 3% anual.

Solución:

Se estima que se pondrá en servicio el tramo 3 años después de la redacción del proyecto, es decir, en el año 2006.

IMD vehículos pesados año 2006 = 976 x $(1 + 0{,}04)^5$ ≈1.187

A1.4.2. Ejemplo 2.- Cálculo de la IMD de vehículos pesados ponderada $(IMD_P{}^{APS})^*$

Datos:

La IMD total de una carretera de la Red Principal es de 12.000 vehículos y la IMD de vehículos pesados es de 1.142 en el año de puesta en servicio. La carretera es de dos carriles y doble sentido de circulación con anchura de calzada 10 m. El tramo incluye un subtramo de 2 Km con una pendiente longitudinal media del 6%. No se dispone de datos específicos sobre la distribución del tráfico por carriles.

Solución:

$$\left(IMD_P{}^{APS}\right)^* = \left(IMD_P{}^{APS}\right) \cdot \gamma_T; \qquad \gamma_T = \gamma_C \cdot \gamma_R \cdot \gamma_L$$

- Carretera de dos carriles y doble sentido de circulación de anchura ≥ 6 m (tabla 1) γ_C = 0,50
- Red principal con IMD ≥ 10.000 y < 20.000 (tabla 2): γ_R = 1,30
- Subtramo en rampa con pendiente 6% (>5%): γ_L = 1,30

Por tanto, el coeficiente de ponderación será:

$$\gamma_T = \gamma_C \cdot \gamma_R = 0{,}50 \text{ x } 1{,}30 = 0{,}65$$

y la IMD_P ponderada:

$$(IMD_P{}^{APS})^* = 1.142 \text{ x } 0,65 \rightarrow 750 \text{ veh. pesados}$$

y en el *subtramo en rampa* el coeficiente de ponderación será:

$$\gamma_T = \gamma_C \cdot \gamma_R \cdot \gamma_L = 0,50 \text{ x } 1,30 \text{ x } 1,30 = 0,85$$

y la IMD_P ponderada:

$$(IMD_P{}^{APS})^* = 1.142 \text{ x } 0,85 \approx 971 \text{ veh. pesados}$$

La $(IMD_P{}^{APS})^*$ 1.142 es menor de 1.600, luego se toma por defecto r = 2% y por tanto, F = 25

El Tráfico de Proyecto se obtendrá mediante la expresión:

$$TP = (IMD_P{}^{APS})^* \text{ x } 365 \text{ x } F = 750 \text{ x } 365 \text{ x } 25 = 6,843 \text{ x } 10^6 \text{ (T2A)}$$

$$TP \text{ (en rampa)} = 971 \text{ x } 365 \text{ x } 25 = 8,86 \text{ x } 10^6 \text{ (T1B)}$$

A1.4.3. Ejemplo 3.- Categoría de tráfico por el método simplificado

Datos:

Carretera con IMD de vehículos pesados = 1.800

$\gamma_T = 0,70$

Solución:

$$(IMD_P{}^{APS})^* = 1.800 \text{ x } 0,70 \approx 1.260$$

Como la IMD_P = 1.800 > 1.600 [tabla 5.4] F = 30 y se puede utilizar la columna de la izquierda de la tabla A1.4 para definir la categoría de tráfico de proyecto.

$$(IMD_P{}^{APS})^* = 1.260 \rightarrow \text{entre 800 y 1.400} \rightarrow \text{Categoría de tráfico T1B.}$$

En cualquier caso, el *Tráfico de Proyecto* será:

$$TP = 1.260 \text{ x } 365 \text{ x } 30 = 13,8 \text{ millones de vehículos pesados (T1B).}$$

A1.4.4. Ejemplo 4.- Cálculo del factor de crecimiento (F)

Datos:

Se desea calcular el factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados en los 20 años del periodo de proyecto en dos supuestos: para una tasa anual de crecimiento constante del 3% y para una tasa anual de crecimiento variable, del 4% durante los primeros 5 años y del 3% durante los siguientes 15 años.

Solución:

En el primer supuesto, el factor de crecimiento valdrá:

$$F = \frac{[(1 + 0,03)^{20} - 1]}{0,03} \approx 27$$

Y en el segundo supuesto:

$$c_1 = [(1 + 0{,}04)^5 - 1] / 0{,}04 = 5{,}416$$

$$c_2 = [(1 + 0{,}03)^{15} - 1] / 0{,}03 = 18{,}599$$

$$t_{C1} = (1 + 0{,}04)^5 = 1.217$$

$$F = c_1 + t_{c1} \cdot c_2 = 5{,}416 + 1{,}217 \times 18{,}599 \approx 28$$

A1.4.5. Ejemplo 5.- Limitación del crecimiento del tráfico por la capacidad

Datos:

Caso del ejemplo anterior suponiendo una tasa media anual de crecimiento del tráfico pesado del 4%. $IMD_P{}^{APS}$= 1.142 en toda la calzada en el año de puesta en servicio. Calzada de 7m y arcén de 1,5 m y terreno montañoso.

Solución:

Capacidad (tabla 5.5): veh. pesados en calzada = 2.000

Por tanto, la IMD_P no debe superar el valor de la capacidad de la sección durante el periodo de proyecto (20 años). Se calcula en primer lugar el valor de la IMD_P en el año 20:

$$IMD_{\text{vehículos pesados}} = 1.142 \times (1 + 0{,}04)^{20} \approx 2.500$$

Este valor supera a la capacidad de la sección, lo que indica que en un determinado momento del periodo de proyecto el tráfico no puede seguir creciendo. Por tanto, a partir de ese momento la IMD permanecerá constante hasta el final del periodo de proyecto. Este año será:

$$2.000 = 1.142 \times (1 + 0{,}04)^n \rightarrow n \approx 14 \text{ años}$$

Entonces, habría que recalcular el valor original de F (30) considerando una tasa anual de crecimiento del 4% durante 14 años y sin crecimiento durante 6 años.

$c_1 = [(1 + 0{,}04)^{14} - 1] / 0{,}04 = 18{,}3$

$c_2 = 6$

$t_{c1} = (1 + 0{,}04) = 1{,}73$

$F = c_1 + t_{c_1} \cdot c_2 = 18{,}3 + 1{,}73 \times 6 \approx 28{,}7$

ANEJO 2. ESCENARIOS DE CONSERVACIÓN

Para poder evaluar los costes de las operaciones ordinarias de conservación de firmes, de las rehabilitaciones superficiales o estructurales a lo largo del período de análisis y de reconstrucción al final de la vida de servicio, es necesario definir unos escenarios de conservación. En principio, deben obtenerse de los datos existentes en cada Diputación Foral, pero en caso de no disponer de ellos, podrán usarse los modelos expuestos en este Anejo.

ESCENARIOS DE CONSERVACIÓN PARA FIRMES TIPO 1					
AÑOS	TRÁFICO				
	T0 y T00	T1	T2	T3	T4
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	1%	1%	1%	-	-
5	1%	1%	1%	0,7%	-
6	1%	1%	1%	0,7%	-
7	MBD+1%	MBD + 1%	1%	0,7%	0,5%
8	1%	1%	1%	0,7%	-
9	1%	1%	MICROF + 1%	MICROF +0,7%	-
10	1%	1%	1%	0,7%	MICROF
11	1%	1%	1%	0,7%	-
12	10 cm MB	5 cm MB	1%	0,7%	-
13	-	-	5cm MB	5cm MB	-
14	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	0,5%
16	1%	1%	-	-	-
17	1%	1%	1%	0,7%	-
18	1%	1%	1%	0,7%	-
19	MICROF	MICROF	MICROF	MICROF	-
20	1%	1%	1%	0.7%	-
21	Fresado y repos. 25 cm + 5 cm MB	Fresado y repos.20 cm + 5 cm MB	Fresado y repos. 15 cm + 5 cm MB	Fresado y repos 10 cm + 5 cm MB	10 cm MB
22	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-
25	1%	1%	1%	-	-

ESCENARIOS DE CONSERVACIÓN PARA FIRMES TIPO 1					
AÑOS	TRÁFICO				
	T0 y T00	T1	T2	T3	T4
26	1%	1%	1%	0,7%	-
27	1%	1%	1%	0,7%	-
28	MBD + 1%	1%	1%	0,7%	0,5%
29	1%	MBD + 1%	1%	0,7%	-
30	1%	1%	1%	0,7%	-

MBD: Mezcla bituminosa discontinua en caliente.
MB: Mezcla bituminosa en caliente tipo hormigón bituminoso.
MICROF: Microaglomerado en frío.
S(%): Sellado del porcentaje de grietas aparecido en superficie, suponiendo que aparecen cada 7 m.

ESCENARIOS DE CONSERVACIÓN PARA FIRMES TIPO 2.1					
AÑOS	TRÁFICO				
	T0 y T00	T1	T2	T3	T4
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
6	1%	1%	1%	-	-
7	MBD+1%	MBD + 1%	1%	0,7%	-
8	1%	1%	1%	0,7%	-
9	1%	1%	MICROF + 1%	MICROF + 0,7%	0,5%
10	1%	1%	1%	0,7%	TS
11	1%	1%	1%	0,7%	-
12	10 cm MB	5 cm MB	1%	0,7%	-
13	-	-	5cm MB	5 cm MB	-
14	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-
16	1%	1%	-	-	-
17	1%	1%	1%	-	-
18	1%	1%	1%	0,7%	0,5%
19	MICROF	MICROF	MICROF	MICROF	-
20	1%	1%	1%	0,7%	-

ESCENARIOS DE CONSERVACIÓN PARA FIRMES TIPO 2.1					
AÑOS	TRÁFICO				
	T0 y T00	T1	T2	T3	T4
21	Fresado y repos. 25 cm + 5 cm MB	Fresado y repos.20 cm + 5 cm MB	Fresado y repos. 15 cm + 5 cm MB	Fresado y repos 10 cm + 5 cm MB	10 cm MB
22	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-
25	1%	1%	1%	0,7%	-
26	1%	1%	1%	0,7%	-
27	1%	1%	1%	0,7%	0,5%
28	MBD + 1%	1%	1%	0,7%	-
29	1%	MBD + 1%	1%	0,7%	-
30	1%	1%	1%	0,7%	-

MBD: Mezcla bituminosa discontinua en caliente.
MB: Mezcla bituminosa en caliente tipo hormigón bituminoso.
MICROF: Microaglomerado en frío.
S(%): Sellado del porcentaje de grietas aparecido en superficie, suponiendo que aparecen cada 7 m.

ESCENARIOS DE CONSERVACIÓN PARA FIRMES TIPO 2.2 y 2.3					
AÑOS	TRÁFICO				
	T0 Y T00	T1	T2	T3	T4
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	S(10%)	S(10%)	S(10%)	-	-
6	1%	1%	1%	-	-
7	MBD+1%	MBD + 1%	1%	0,7%	-
8	1%	1%	1%	0,7%	-
9	1%	1%	MICROF + 1%	MICROF + 0,7%	0,5%
10	S(10%)+ 1%	S(10%)+ 1%	S(10%)+ 1%	0,7%	MICROF
11	1%	1%	1%	0,7%	-
12	10 cm MB	5 cm MB	1%	0,7%	-
13	-	-	5cm MB	5 cm MB	-
14	-	-	-	-	-

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

ESCENARIOS DE CONSERVACIÓN PARA FIRMES TIPO 2.2 y 2.3					
AÑOS	TRÁFICO				
	T0 Y T00	T1	T2	T3	T4
15	-	-	-	-	-
16	1%	1%	-	-	-
17	S(10%)+ 1%	S(10%)+ 1%	S(10%)+ 1%	-	-
18	1%	1%	1%	0,7%	0,5%
19	MICROF	MICROF	MICROF	MICROF	-
20	1%	1%	1%	0,7%	-
21	Fresado y repos.15 cm + 8 cm MB	Fresado y repos.15 cm + 8 cm MB	Fresado y repos. 12 cm + 5 cm MB	Fresado y rep 10 cm + 5 cm MB	-
22	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-
25	1%	1%	1%	0,7%	-
26	S(10%)+ 1%	S(10%)+ 1%	S(10%)+ 1%	0,7%	-
27	1%	1%	1%	0,7%	0,5%
28	MBD + 1%	1%	1%	0,7%	-
29	1%	MBD + 1%	1%	0,7%	-
30	1%	1%	1%	0,7%	-

MBD: Mezcla bituminosa discontinua en caliente.
MB: Mezcla bituminosa en caliente tipo hormigón bituminoso.
MICROF: Microaglomerado en frío.
S(%): Sellado del porcentaje de grietas aparecido en superficie, suponiendo que aparecen cada 7 m.

ANEJO 3. ÁRIDOS SIDERÚRGICOS DE HORNO ELÉCTRICO PARA MEZCLAS BITUMINOSAS

A3.1. DEFINICIÓN

Escoria de horno eléctrico es el material de origen industrial procedente de la fabricación de acero en hornos de arco eléctrico que se forma durante el proceso de fusión, afino o elaboración del acero y que se separa de él debido a su menor peso específico.

Este artículo se refiere a escorias negras de horno eléctrico, consideradas como las que se obtienen en el proceso de fusión de la chatarra. Cuando la escoria negra de horno eléctrico se utiliza como árido para la construcción se denomina árido siderúrgico de horno eléctrico.

No se considera aquí la escoria blanca de horno eléctrico, que es la que se produce durante la operación de afino del acero fundido, y que no es de utilización en carreteras, ni sola ni mezclada, por su expansividad potencial.

A3.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

En la fabricación de mezclas bituminosas se podrán utilizar áridos siderúrgicos de acería de horno eléctrico como árido grueso y árido fino o combinaciones de estas con áridos naturales o artificiales siempre que el material combinado cumpla las especificaciones del presente artículo.

Las mezclas bituminosas fabricadas con áridos siderúrgicos de horno eléctrico deben cumplir las prescripciones de los correspondientes artículos 542 y 543 del Pliego General de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y Puentes PG-3 vigente o, en su caso, con las prescripciones técnicas particulares para mezclas bituminosas que acompañen al proyecto.

Las escorias negras habrán sido envejecidas con riego de agua durante un período mínimo de tres meses, tras someterlas previamente al menos a un proceso de machaqueo, cribado y eliminación de elementos metálicos y otros contaminantes, de manera que se cumplan las cláusulas del presente artículo.

Los áridos siderúrgicos de acería de horno eléctrico no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o de alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua. Los resultados de los ensayos de lixiviación según la norma UNE-EN 12457-2 deberán cumplir los requisitos incluidos en el Decreto de valorización de escorias del Gobierno Vasco.

El árido siderúrgico de horno eléctrico deberá presentar una expansividad inferior al 3,5% (categoría $V_{3,5}$) según la norma UNE-EN 1744-1. La duración del ensayo será de 168 h. Además, el resultado del índice IGE según la Norma NLT- 361 será inferior al 1%. El contenido de cal libre del árido siderúrgico de horno eléctrico debe ser inferior al 0,5%, determinado según la Norma UNE-EN 1744-1.

El contenido ponderal de sulfatos solubles en agua, determinado según la UNE-EN 1744- 1, será inferior al 0,2% (categoría $SS_{0,2}$) donde los materiales estén en contacto con capas tratadas con cemento, e inferior al 0,7% (categoría $SS_{0,7}$) en los demás casos.

Previamente a la aceptación del árido siderúrgico de horno eléctrico se deberá aportar documento acreditativo del origen del material, de que la valorización de la escoria está autorizada por el órgano ambiental del País Vasco y la certificación que acredite, a los solos efectos ambientales, la idoneidad de las características de las escorias valorizadas para el uso propuesto. El suministrador de escoria deberá certificar que el árido siderúrgico de horno eléctrico procede de un gestor autorizado de escorias negras y que no se encuentran mezcladas con escorias blancas ni otros contaminantes. Se incluirán en el certificado las condiciones de envejecimiento de las escorias y los contenidos de CaO libre y MgO total.

Las prescripciones para áridos gruesos y finos serán las mismas que las que se fijan en los artículos correspondientes del PG-3 o de las prescripciones técnicas particulares para mezclas bituminosas con las excepciones que se indican en los apartados siguientes.

A3.3. ÁRIDO GRUESO

El árido grueso podrá estar formado por combinaciones de árido siderúrgico de horno eléctrico con otros áridos.

El árido grueso deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga, elementos metálicos, refractarios, partículas de cal u otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

A3.4. ÁRIDO FINO

El árido fino podrá estar formado por combinaciones de árido siderúrgico de horno eléctrico con otros áridos.

El árido fino deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga, elementos metálicos, refractarios, partículas de cal, marga y otras materias extrañas.

A3.5. TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

Cuando se utilicen áridos siderúrgicos de acería de horno eléctrico se deberán modificar las prescripciones correspondientes del PG-3 en lo siguiente:

Las granulometrías de las mezclas bituminosas deberán tomarse en volumen considerando que las que se encuentran en las tablas se refieren a áridos en peso.

Las dotaciones mínimas de betún fijadas deberán tomarse en volumen considerando que las que se encuentran en las tablas se refieren a un árido con un peso específico de 2,65 g/cm^3.

Las relaciones recomendables polvo mineral-ligante deberán tomarse en volumen considerando que las que se encuentran en las tablas se refieren a un árido con un peso específico de 2,65 g/cm^3.

A3.6. CONTROL DE CALIDAD

Si se utiliza árido siderúrgico de horno eléctrico, a los ensayos de control de procedencia de los áridos que figuran en el PG-3 se añadirán los siguientes:

- Determinación del grado de envejecimiento en escorias de acería, según la Norma NLT-361.
- Contenido de cal libre, CaO, según la Norma UNE-EN 1744-1.
- Contenido de magnesio total, según la Norma UNE-EN 196-2.
- Contenido ponderal de sulfatos solubles en agua, determinado según la Norma UNE-EN 1744-1.

Además, en el control de calidad de los áridos, al párrafo:

"Con cada fracción de árido que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

- Al menos dos (2) veces al día:
- Análisis granulométrico de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.
- Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice de azul de metileno, según la UNE-EN 933-9."

Deberá añadirse:

- Grado de envejecimiento de escorias negras de acería, según la Norma NLT-361.

ANEJO 4. ÁRIDOS SIDERÚRGICOS DE HORNO ELÉCTRICO PARA ZAHORRAS

A4.1. DEFINICIÓN

Escoria de horno eléctrico es el material de origen industrial procedente de la fabricación de acero en hornos de arco eléctrico que se forma durante el proceso de fusión, afino o elaboración del acero y que se separa de él debido a su menor peso específico.

Este artículo se refiere a escorias negras de horno eléctrico, consideradas como las que se obtienen en el proceso de fusión de la chatarra. Cuando la escoria negra de horno eléctrico se utiliza como árido para la construcción se denomina árido siderúrgico de horno eléctrico.

No se considera aquí la escoria blanca de horno eléctrico, que es la que se produce durante la operación de afino del acero fundido y que no es de utilización en carreteras, ni sola ni mezclada, por su expansividad potencial.

A4.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

En las zahorras se podrán utilizar áridos siderúrgicos de acería de horno eléctrico como árido grueso y árido fino o combinaciones de estas con áridos naturales o artificiales siempre que el material combinado cumpla las especificaciones del presente artículo y las del correspondiente artículo 510 del Pliego General de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y Puentes PG-3, o en su caso del pliego de prescripciones técnicas particulares para zahorras que acompañen al proyecto, en las que no sean modificadas por este.

Las escorias negras habrán sido envejecidas con riego de agua durante un período mínimo de tres meses, tras someterlas previamente al menos a un proceso de machaqueo, cribado y eliminación de elementos metálicos y otros contaminantes, de manera que se cumplan las cláusulas del presente artículo.

Los áridos siderúrgicos de acería de horno eléctrico no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o de alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua. Los resultados de los ensayos de lixiviación según la norma europea EN 12457-2 deberán cumplir los requisitos incluidos en el decreto de valorización de escorias del Gobierno Vasco.

El árido siderúrgico de horno eléctrico deberá presentar una expansividad inferior al 5% (categoría V_5) según la Norma UNE-EN 1744-1. La duración del ensayo será de 168 h. Además, el resultado el índice IGE según la Norma NLT-361 será inferior al 1%. El contenido de cal libre del árido siderúrgico de horno eléctrico debe ser inferior al 0,5%, determinado según la Norma UNE-EN 1744-1.

El contenido ponderal de sulfatos solubles en agua, determinado según la UNE-EN 1744-1, será inferior al 0,2% (categoría $SS_{0,2}$) donde los materiales estén en contacto con capas tratadas con cemento, e inferior al 0,7% (categoría $SS_{0,7}$) en los demás casos.

El árido deberá estar exento de terrones de arcilla, materia vegetal, marga, elementos metálicos, refractarios, partículas de cal u otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

Previamente a la aceptación del árido siderúrgico de horno eléctrico se deberá aportar documento acreditativo del origen del material, de que la valorización de la escoria está autorizada por el órgano ambiental del País Vasco y la certificación que acredite, a los solos efectos ambientales, la idoneidad de las características de las escorias valorizadas para el uso propuesto. El suministrador de escoria deberá certificar que el árido siderúrgico de horno eléctrico procede de un gestor autorizado de escorias negras y que no se encuentran mezcladas con escorias blancas ni otros contaminantes. Se incluirán en el certificado las condiciones de envejecimiento de las escorias y los contenidos de CaO libre y MgO total.

Para áridos siderúrgicos de horno eléctrico el valor del coeficiente de Los Ángeles podrá ser superior en 5 unidades a los valores que se exigen en la tabla correspondiente del artículo 510 del PG-3 510.2, para cualquier composición granulométrica.

Con las excepciones señaladas en los párrafos precedentes, las prescripciones para el árido serán las mismas que las que se fijan en los artículos correspondientes del PG-3 o del pliego de prescripciones técnicas particulares para zahorras del proyecto.

A4.3. TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

Cuando se utilicen áridos siderúrgicos de acería de horno eléctrico se deberán modificar las prescripciones correspondientes del PG-3 en lo siguiente:

La granulometría combinada de los áridos para la zahorra deberá presentar una expansión inferior al 0,5% en el ensayo ASTM D 4792

Las granulometrías de las mezclas de escoria con áridos naturales deberán tomarse en volumen, considerando que las que se encuentran en las tablas de la especificación correspondiente se refieren a áridos en peso.

A4.4. CONTROL DE CALIDAD

Si se utilizan árido siderúrgico de horno eléctrico, a los ensayos de control de procedencia de los áridos que figuran en el PG-3 se añadirán los siguientes:

- Determinación del grado de envejecimiento en escorias de acería, según la Norma NLT-361.
- Contenido de cal libre, CaO, según la Norma UNE EN 1744-1.
- Contenido de magnesia total MgO, según la Norma UNE EN 196-2.
- Contenido ponderal de sulfatos solubles en agua, determinado según la Norma UNE EN 1744-1.

Además, en el control de calidad de los áridos, al párrafo:

"Por cada mil metros cúbicos (1.000 m^3) de material producido, o cada día si se fabricase menos material, sobre un mínimo de dos (2) muestras, una por la mañana y otra por la tarde:

- Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.
- Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1".

Deberá añadirse:

- Grado de envejecimiento de escorias negras de acería, según la Norma NLT-361.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

ANEJO 5. ÁRIDO RECICLADO DE HORMIGÓN Y DE MATERIAL BITUMINOSO RECUPERADO DE FRESADOS (RA) PARA ZAHORRAS

A5.1. DEFINICIÓN

Árido reciclado de hormigón es el resultante de la trituración o machaqueo de hormigón previamente utilizado en la construcción o combinaciones de este con áridos naturales.

Árido reciclado de mezcla bituminosa es el resultante del fresado de capas de mezcla bituminosa o combinaciones de este con áridos naturales.

La composición de los áridos reciclados de hormigón (AR-H) y de mezclas bituminosas (AR-B1), en cuanto a sus tamaños gruesos (>4mm), cumplirán los límites establecidos en la Tabla A5.1.

Tabla A5.1 Categoría de los componentes de la fracción gruesa

TIPO DE ÁRIDO	COMPONENTES (UNE-EN 13242)						
	Rc	Rc + Ru	Rb	Ru	Ra	FL	X + Rg
AR-H	≥50%	≥90%	≤10%	A declarar	≤10%	≤5 cm^3/kg	≤1% [1]
AR-B1	A declarar	A declarar	≤10%	≥50%	≤30%	≤5 cm^3/kg	≤1% [1]

[1] Porcentaje de yeso inferior al 0,8% y contenidos en impropios de madera, papel, cartón o restos orgánicos inferior al 0,8%.

Donde:

R_c = Hormigón, productos de hormigón, morteros, piezas para fábrica de albañilería de hormigón

R_u = Áridos y piedras naturales y áridos tratados con ligantes hidráulicos

R_g = Vidrio

R_b = Materiales cerámicos de albañilería de arcilla (ladrillos y tejas) o de silicato de calcio, y hormigón celular no flotante

R_a = Materiales bituminosos

FL = Material flotante

X = Impropios: madera no flotante, plásticos y caucho, yeso, metales ferrosos y no ferrosos, suelos y arcillas.

A5.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

A5.2.1. General

Los áridos reciclados de RCD se habrán sometido a un proceso de separación de componentes no deseados, machaqueo, cribado y eliminación final de contaminantes, de manera que se cumplan las cláusulas del presente artículo. El tratamiento podrá hacerse en centrales fijas o móviles.

Se podrán utilizar como zahorras los áridos AR-H, AR-B1 siempre que el material combinado cumpla las especificaciones del presente artículo y las del correspondiente artículo 510 del Pliego General de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y Puentes PG-3 en lo que no sean modificadas por este. Los áridos naturales contenidos en los AR-H o AR-B1 cumplirán las especificaciones requeridas a los áridos en el artículo 510 del PG-3.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, fijará el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no será inferior al correspondiente a un mes de trabajo en centrales fijas, con la producción prevista, ni a dos meses con centrales móviles.

A5.2.2. Árido reciclado de hormigón

El árido reciclado de hormigón se habrá sometido a un proceso de separación de componentes no deseados, machaqueo, cribado y eliminación final de contaminantes, de manera que se cumplan las cláusulas del presente artículo. El tratamiento podrá hacerse en centrales fijas o móviles.

Según lo establecido en la Directiva 89/106/CEE, los áridos reciclados de RCD se deberán suministrar acompañados de la documentación que acredite que disponen del marcado CE según el Anejo ZA de la UNE-EN 13242 y que cumplen al menos las condiciones exigidas a un sistema para la certificación de la conformidad 2+.

Además, previamente a la aceptación del árido reciclado de hormigón se deberá aportar documento acreditativo de su origen y de que la valorización está autorizada por el órgano ambiental del País Vasco, además de la certificación que acredite, a los solos efectos ambientales, la idoneidad de sus características para el uso propuesto. Se deberá certificar asimismo que el árido reciclado de hormigón procede de un gestor autorizado, que ha sido debidamente tratado y que no se encuentra mezclado con otros contaminantes.

El árido reciclado de hormigón no será susceptible de ningún tipo de meteorización o de alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo. La pérdida en el ensayo de sulfato de magnesio según la norma EN 1367-2 no superará el 18% (categoría MS_{18}).

Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del firme. El contenido ponderal de sulfatos solubles en agua (expresados en SO_3), determinado según la UNE-EN 1744-1 será igual o inferior al 0,2% (categoría $SS_{0,2}$) donde

los materiales estén en contacto con capas tratadas con cemento, e inferior al 0,7% (categoría $SS_{0,7}$) en los demás casos.

El árido no contendrá otras materias extrañas no incluidas en la enumeración de impropios de las normas UNE-EN 13242 y UNE-EN 933-11 que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

Si el contenido de materia orgánica, determinado según la Norma UNE 103204, es superior al 0,2% se realizará un ensayo de equivalente de arena. El material se considerará aceptable si el equivalente de arena es superior a 35 para aplicaciones en las que sustituya a zahorras artificiales.

El procedimiento de humectación de la zahorra deberá ser autorizado por la Dirección de las Obras. Dicho procedimiento deberá tener en cuenta las condiciones de absorción de agua del material, mayor que en materiales naturales.

La categoría del valor máximo del coeficiente Los Ángeles será la indicada en la tabla A5.2. Se admite la utilización de áridos reciclados que superen en 5 unidades a los valores límite de la tabla cuando los resultados del ensayo CBR tras inmersión durante 28 días sean iguales o superiores al 150% de los obtenidos a los 4 días, para una compactación de las probetas del 100% de la densidad máxima del Proctor Modificado (UNE-EN 13286-2).

Tabla A5.2 Categoría del valor máximo del coeficiente Los Ángeles (UNE-EN 1097-2)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
T00 a T2	T3, T4 y arcenes
LA30	LA35

A5.2.3. Áridos reciclados de mezcla bituminosa

El árido reciclado de mezcla bituminosa cumplirá los requisitos exigidos en el Anejo 11 de esta Norma para materiales bituminosos recuperados de fresados para aplicaciones no ligadas.

A5.3. CONTROL DE CALIDAD

A5.3.1. Control de calidad del árido reciclado de hormigón

A5.3.1.1 Control de producción del material

Si con el material utilizado se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo o estuviese en posesión de una marca, sello o distintivo de calidad homologado, los criterios descritos a continuación para realizar el control de producción del material no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden a la Dirección de las Obras.

Antes de iniciar la producción, se reconocerá cada acopio o procedencia, determinando su aptitud según el resultado de los ensayos y las inspecciones realizadas. El reconocimiento se realizará de la forma más representativa posible: mediante la toma de muestras en acopios, o a la salida de la cinta en las instalaciones de fabricación u otros métodos de toma de muestras.

Para cualquier volumen de producción previsto, se ensayará un mínimo de cuatro muestras, añadiéndose una más por cada dos mil metros cúbicos o fracción, de exceso sobre diez mil metros cúbicos.

Sobre cada muestra se realizarán los siguientes ensayos:

- Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1.
- Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE-EN 103103 y UNE-EN 103104, respectivamente.
- Coeficiente Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2.
- Equivalente de arena según la UNE-EN 933-8 y en su caso, azul de metileno según la UNE-EN 933-9.
- Índice de lajas según la UNE-EN 933-3 (solo para zahorras artificiales).
- Partículas trituradas según la UNE-EN 933-5 (solo para zahorras artificiales).
- Humedad natural según la UNE-EN 1097-5.
- Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados según la UNE-EN 933-11.
- Ensayo de sulfato de magnesio según la UNE-EN 1367-2.
- Sulfatos solubles en agua según la UNE-EN 1744-1.
- Determinación del CBR a 4 y 28 días según la UNE-EN 13286-47.
- Contenido de materia orgánica según la UNE 103204.

A5.3.1.2. Control de ejecución

Se examinará la descarga al acopio o en el tajo, desechando los materiales que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo aceptado en la fórmula de trabajo. Se acopiarán aparte aquéllos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lajas, plasticidad, etc.

En su caso, se vigilará la altura de los acopios, el estado de sus separadores y de sus accesos.

La toma de muestras se podrá hacer a la salida de la instalación de fabricación, en los acopios o en el tajo de extendido. Sobre las muestras se realizarán al menos los siguientes ensayos:

Por cada mil metros cúbicos de material producido, o cada día si se fabricase menos material, sobre un mínimo de 2 muestras, una por la mañana y otra por la tarde:

- Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.
- Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1.

Por cada cinco mil metros cúbicos de material producido, o una vez a la semana si se fabricase menos material:

- Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
- Proctor modificado, según la UNE-EN 13286-2.
- Índice de lajas, según la UNE-EN 933-3 (sólo para zahorras artificiales).
- Partículas trituradas, según la UNE-EN 933-5 (sólo para zahorras artificiales).
- Humedad natural, según la UNE-EN 1097-5.
- Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según la UNE-EN 933-11.
- Sulfatos solubles en agua, según la UNE-EN 1744-1.

Por cada veinte mil metros cúbicos de material producido, o una vez al mes si se fabricase menos material:

- Coeficiente de Los Ángeles, según la UNE-EN 1097-2.

La Dirección de las Obras podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad si considerase que los materiales son suficientemente homogéneos, o si en el control de recepción de la unidad terminada se hubieran aprobado diez lotes consecutivos.

A5.3.1.3. Control de puesta en obra

Antes de verter la zahorra, se comprobará su aspecto en cada elemento de transporte y se rechazarán todos los materiales segregados.

Se comprobará de manera sistemática:

- El espesor extendido, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por la Dirección de las Obras.
- La humedad de la zahorra en el momento de la compactación, mediante un procedimiento aprobado por la Dirección de las Obras.
- La composición y forma de actuación del equipo de puesta en obra y compactación, verificando:
  - Que el número y tipo de compactadores es el aprobado.
  - El lastre y la masa total de los compactadores.
  - La presión de inflado en los compactadores de neumáticos.
  - La frecuencia y la amplitud en los compactadores vibratorios.
  - El número de pasadas de cada compactador.

A5.3.2. Control de calidad del árido reciclado de mezcla bituminosa

El control de calidad del árido reciclado de mezcla bituminosa se hará de acuerdo con los requisitos exigidos en el Anejo X de esta Norma para materiales bituminosos recuperados de fresados para aplicaciones no ligadas.

ANEJO 6. ÁRIDO RECICLADO PROCEDENTE DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) Y DE MATERIAL BITUMINOSO RECUPERADO DE FRESADOS (RA) COMO SUELOS SELECCIONADOS PARA TERRAPLENES Y EXPLANADAS MEJORADAS

A6.1. DEFINICIÓN

Árido reciclado de RCD (Residuo de Construcción y Demolición) es el resultante del tratamiento de material inorgánico previamente utilizado en la construcción o combinaciones de este con áridos naturales.

Árido reciclado de mezcla bituminosa es el resultante del fresado de capas de mezcla bituminosa o combinaciones de este con áridos naturales.

El árido reciclado procedente de RCD se clasifica, según su composición, en los siguientes tipos:

- Árido reciclado de hormigón: AR-H
- Árido reciclado mixto: AR-M

El árido reciclado de mezcla bituminosa se clasifica, según su composición, en los siguientes tipos:

- Árido reciclado de mezcla bituminosa tipo 1: AR-B1
- Árido reciclado de mezcla bituminosa tipo 2: AR-B2

La composición de los áridos reciclados en cuanto a sus tamaños gruesos (>4mm), cumplirán los límites establecidos en la Tabla A6.1.

Tabla A6.1 Categoría de los componentes de la fracción gruesa

TIPO DE ÁRIDO	COMPONENTES (UNE-EN 13242)						
	Rc	$R_c + R_u$	Rb	Ru	Ra	FL	X + Rg
AR-H	≥50%	≥90%	≤10%	A declarar	≤10%	≤5 cm^3/kg	≤1%[1]
AR-M	A declarar	≥70%	≤30%	A declarar	≤10%	≤5 cm^3/kg	≤1%[1]
AR-B1	A declarar	A declarar	≤10%	≥50%	<30%	≤5 cm^3/kg	≤1%[1]
AR-B2	A declarar	A declarar	≤10%	A declarar	<50%[2]	≤5 cm^3/kg	≤1%[1]

[1]Porcentaje de yeso inferior al 0,8% y contenidos en impropios de madera, papel, cartón o restos orgánicos inferior al 0,8%.

[2]El 50% se aplicará en explanadas mejoradas y coronación de terraplenes. En núcleo de terraplén podrá aumentarse al 100% con la autorización expresa de la Dirección de Obra

Donde:

R_c = Hormigón, productos de hormigón, morteros, piezas para fábrica de albañilería de hormigón

R_u = Áridos y piedras naturales y materiales tratados con ligantes hidráulicos

R_g = Vidrio

R_b = Materiales cerámicos de albañilería de arcilla (ladrillos y tejas) o de silicato de calcio, hormigón celular no flotante

R_a = Materiales bituminosos

FL = Material flotante

X = Impropios: madera no flotante, plásticos y caucho, yeso, metales ferrosos y no ferrosos, suelos y arcillas.

A6.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

A6.2.1. General

Se podrán utilizar como suelos seleccionados los áridos AR-H, AR-M, AR-B1 o AR-B2 siempre que el material combinado cumpla las especificaciones del presente artículo, las de la Norma para el dimensionamiento de firme de la red de carreteras del País Vasco y las de los artículos 330 o 340 del Pliego General de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y Puentes PG-3 en lo que corresponde a suelos seleccionados y que no sean modificadas por este.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, fijará el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario, dicho volumen no será inferior al correspondiente a un mes de trabajo con la producción prevista.

El valor del índice CBR, determinado según la norma UNE-EN 13286-47 y con una compactación de las probetas del 100% de la densidad máxima del Proctor Modificado (UNE-EN 13286-2), será superior a 20 para suelos seleccionados tipo 3 y a 40 para los suelos seleccionados de tipo 4. El árido no deberá presentar hinchamiento en el ensayo CBR, habiendo aplicado una sobrecarga de 4,5 kg.

Si el contenido de materia orgánica, determinado según la Norma UNE 103204, es superior al 0,2% se realizará un ensayo de equivalente de arena. El material se considerará aceptable si el equivalente de arena es superior a 30.

A6.2.2. Árido reciclado de hormigón y mixto

Los áridos reciclados de RCD se habrán sometido a un proceso de separación de componentes no deseados, machaqueo, cribado y eliminación de contaminantes, de manera que se cumplan las cláusulas del presente artículo. El tratamiento podrá hacerse en centrales fijas o móviles.

Según lo establecido en la Directiva 89/106/CEE, los áridos reciclados de RCD se deberán suministrar acompañados de la documentación que acredite que disponen del marcado CE según el Anejo ZA de la UNE-EN 13242 y que cumplen al menos las condiciones exigidas a un sistema para la certificación de la conformidad 2+.

Además, previamente a la aceptación del árido reciclado de RCD, se deberá aportar documento acreditativo de su origen y de que la valorización está autorizada por el órgano ambiental del País Vasco, además de la certificación que acredite, a los solos efectos ambientales, la idoneidad de sus características para el uso propuesto. Se deberá certificar, asimismo, que los áridos reciclados de RCD proceden de un gestor autorizado, que han sido debidamente tratadas y que no se encuentran mezcladas con otros contaminantes.

El árido no contendrá otras materias extrañas no incluidas en la enumeración de impropios de las normas UNE-EN 13242 y UNE-EN 933-11 que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

El procedimiento de humectación del material deberá ser autorizado por la Dirección de las Obras. Dicho procedimiento deberá tener en cuenta las condiciones de absorción de agua del material, mayor que en materiales naturales.

Los áridos de RCD no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o de alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo. La pérdida en el ensayo de sulfato de magnesio según la norma UNE-EN 1367-2 no superará el 18% (categoría MS_{18}).

Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del firme. El contenido ponderal de sulfatos solubles en agua (expresados en SO_3), determinado según la UNE-EN 1744-1, será igual o inferior al 0,2% (categoría $SS_{0,2}$) donde los materiales estén en contacto con capas tratadas con cemento, e inferior al 0,7% (categoría $SS_{0,7}$) en los demás casos.

A6.2.3. Árido reciclado de mezcla bituminosa

El árido reciclado de mezcla bituminosa cumplirá los requisitos exigidos en el Anejo 11 de esta Norma para materiales bituminosos recuperados de fresados para aplicaciones no ligadas.

A6.3. CONTROL DE CALIDAD

A los ensayos de control de producción de los áridos que figuran en el PG-3 se añadirán los siguientes:

A6.3.1. Control de calidad del árido reciclado de hormigón y mixto

A6.3.1.1 Control de producción del material

Si con el material utilizado se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo o estuviese en posesión de una marca, sello o distintivo de calidad homologado, los criterios descritos a continuación para realizar el

control de producción del material no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden la Dirección de las Obras.

Antes de iniciar la producción, se reconocerá cada acopio o procedencia, determinando su aptitud según el resultado de los ensayos y las inspecciones realizadas. El reconocimiento se realizará de la forma más representativa posible: mediante la toma de muestras en acopios, o a la salida de la cinta en las instalaciones de fabricación u otros métodos de toma de muestras.

Para cualquier volumen de producción previsto, se ensayará un mínimo de cuatro muestras, añadiéndose una más por cada dos mil metros cúbicos o fracción, de exceso sobre diez mil metros cúbicos.

Sobre cada muestra se realizarán los siguientes ensayos:

- Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1.
- Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE-EN 103103 y UNE-EN 103104, respectivamente.
- Equivalente de arena según la UNE-EN 933-8 y en su caso, azul de metileno según la UNE-EN 933-9.
- Humedad natural según la UNE-EN 1097-5.
- Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados según la UNE-EN 933-11.
- Ensayo de sulfato de magnesio según la UNE-EN 1367-2.
- Sulfatos solubles en agua según la UNE-EN 1744-1.
- Determinación del CBR según la UNE-EN 13286-47.
- Contenido de materia orgánica según la UNE 103204.
- Densidad relativa de las partículas según la UNE 103302.
- Proctor Modificado según la UNE-EN 13286-2.

A6.3.1.2 Control de ejecución

Se examinará la descarga al acopio o en el tajo, desechando los materiales que, a simple vista, presenten contaminaciones o tamaños superiores al máximo aceptado. Se acopiarán aparte aquéllos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, etc.

En su caso, se vigilará la altura de los acopios, el estado de sus separadores y de sus accesos.

La toma de muestras se podrá hacer a la salida de la instalación de fabricación, en los acopios o en el tajo de extendido. Se realizarán los siguientes ensayos:

Por cada mil metros cúbicos de material producido, o cada día si se fabricase menos material, sobre un mínimo de dos muestras, una por la mañana y otra por la tarde:

- Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.
- Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1.

Por cada cinco mil metros cúbicos de material producido, o una vez a la semana si se fabricase menos material:

- Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
- Proctor modificado, según la UNE-EN 13286-2.
- Humedad natural, según la UNE-EN 1097-5.
- Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según la UNE-EN 933-11.
- Sulfatos solubles en agua (expresados en SO_3), determinado según la UNE-EN 1744-1.

Por cada veinte mil metros cúbicos de material producido, o una vez al mes si se fabricase menos material:

- Determinación del CBR según la UNE-EN 13286-47.

La Dirección de las Obras podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad si considerase que los materiales son suficientemente homogéneos, o si en el control de recepción de la unidad terminada se hubieran aprobado diez lotes consecutivos.

A6.3.1.3 Control de puesta en obra

Antes de verter el suelo seleccionado, se comprobará su aspecto en cada elemento de transporte y se rechazarán todos los materiales segregados.

Se comprobará de manera sistemática:

- El espesor extendido, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por la Dirección de las Obras.
- La humedad del suelo en el momento de la compactación, mediante un procedimiento aprobado por la Dirección de las Obras.
- La composición y forma de actuación del equipo de puesta en obra y compactación, verificando:
  - Que el número y tipo de compactadores es el aprobado.
  - El lastre y la masa total de los compactadores.
  - La presión de inflado en los compactadores de neumáticos.
  - La frecuencia y la amplitud en los compactadores vibratorios.
  - El número de pasadas de cada compactador.

A6.3.2. Control de calidad del árido reciclado de mezclas bituminosas

El control de calidad del árido reciclado de mezcla bituminosa se hará de acuerdo con los requisitos exigidos en el Anejo 11 de esta Norma para materiales bituminosos recuperados de fresados para aplicaciones no ligadas.

A6.3.3. Control de recepción de la unidad terminada para áridos reciclados de hormigón, mixtos y de mezclas bituminosas

Dentro del tajo a controlar se define como “lote”, que se aceptará o rechazará en conjunto, al menor que resulte de aplicar a una sola tongada de terraplén o explanada mejorada los siguientes criterios:

- Una longitud de carretera (una sola calzada en el caso de calzadas separadas) igual a quinientos metros.
- Una superficie de tres mil quinientos metros cuadrados. Descontando siempre en el conjunto de esta superficie unas franjas de dos metros de ancho en los bordes de la calzada.
- La fracción construida diariamente.

Nunca se escogerá un lote compuesto de fracciones correspondientes a días ni tongadas distintas, siendo por tanto entero el número de lotes escogido por cada día y tongada.

La realización de los ensayos in situ y la toma de muestras se hará en puntos previamente seleccionados mediante muestreo aleatorio, tanto en sentido longitudinal como transversal; de tal forma que haya al menos una toma o ensayo por cada hectómetro.

Si durante la construcción se observaran defectos localizados, tales como blandones, se corregirán antes de iniciar el muestreo.

Se realizarán determinaciones de humedad y de densidad en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de cinco por cada lote. En el caso de usarse sonda nuclear u otros métodos rápidos de control, éstos habrán sido convenientemente calibrados en la realización del tramo de prueba. En los mismos puntos donde se realice el control de la densidad se determinará el espesor de la tongada de terraplén o explanada mejorada.

En explanadas mejoradas, sobre cada lote de la última tongada de terminación, se harán los siguientes ensayos:

Se realizará un ensayo de carga con placa, según la NLT-357. Se llevará a cabo una determinación de humedad natural en el mismo lugar en que se realice el ensayo de carga con placa.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales con una separación no superior a diez metros, y niveladas con precisión milimétrica con arreglo a los planos. En todos los semiperfiles se comprobará la anchura de la capa.

Se controlará la regularidad superficial del lote a partir de las 24 h de su ejecución y siempre antes de la extensión de la siguiente capa, mediante regla de tres metros estática, según la NLT-334, aplicada tanto paralela como normalmente al eje de la carretera.

A6.4. ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

A6.4.1 Densidad

La compactación de las distintas tongadas del suelo seleccionado deberá quedar definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra y el valor definido no deberá ser inferior a la que corresponda al cien por cien de la máxima de referencia, obtenida en el ensayo Proctor Modificado, según la UNE-EN 13286-2.

A6.4.2 Capacidad de soporte en explanadas mejoradas terminadas

La capacidad de soporte de la explanada mejorada terminada vendrá definida por el módulo de compresibilidad E_{V2}, obtenido en el segundo ciclo del ensayo de carga con placa según la norma NLT-357, y la relación, K, entre los módulos de compresibilidad del segundo y primer ciclo de carga. Los valores mínimos de E_{V2} y máximos de K sobre Plano de Explanada serán los indicados en la tabla A6.2. En todo caso, se admitirán valores de k superiores a los máximos señalados si el valor del módulo de compresibilidad del primer ciclo de carga, E_{V1}, es al menos el 70% del exigido en el segundo.

Tabla A6.2 Capacidad de soporte mínima del plano de explanada

CATEGORÍA DE EXPLANADA MEJORADA	E_{V2} SEGÚN NORMA NLT-357	K (E_{V2}/E_{V1}) SEGÚN NORMA NLT-357	
		Densidad exigida ≥ 103% PM	Densidad exigida < 103% PM
EX1	≥ 120 MPa	≤ 2,2	≤ 2,5
EX2	≥ 200 MPa		
EX3	≥ 300 MPa		

Además, para categorías de tráfico pesado T00 a T1 la deflexión patrón estará de acuerdo con lo indicado en la tabla A6.3.

Tabla A6.3 – Deflexión patrón máxima

CATEGORÍA DE EXPLANADA MEJORADA	EX1	EX2	EX3
Deflexión patrón (10^{-2} mm)	≤ 200	≤ 150	≤ 125

A6.4.3 Rasante, espesor y anchura de la explanada mejorada terminada

Dispuestos los sistemas de comprobación aprobados por la Dirección de las Obras, la rasante de la superficie terminada no deberá superar a la teórica en ningún punto ni quedar por debajo de ella en más de quince milímetros en calzadas de carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T1, ni en más de veinte milímetros en el resto de los casos. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o la Dirección de las Obras podrán modificar los límites anteriores.

La explanada mejorada terminada tendrá como mínimo el espesor indicado en el Proyecto, no siendo admisible en ningún punto de esta, espesores inferiores.

En todos los semiperfiles se comprobará la anchura de la capa extendida, que en ningún caso deberá ser inferior a la establecida en los Planos de secciones tipo.

A6.4.4 Regularidad superficial de la explanada mejorada terminada

La superficie acabada no deberá variar en más de quince milímetros, cuando se compruebe con la regla de tres metros estática según NLT-334 aplicada tanto paralela como normalmente al eje de la carretera. Tampoco podrá haber zonas capaces de retener agua.

A6.5. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO DEL LOTE

A6.5.1 Densidad

La densidad media obtenida en cada tongada no será inferior a la especificada; no más de dos individuos de la muestra podrán arrojar resultados de hasta tres puntos porcentuales por debajo de la densidad especificada. De no alcanzarse los resultados exigidos, el lote se recompactará hasta conseguir la densidad especificada.

Los ensayos de determinación de humedad tendrán carácter indicativo y no constituirán, por sí solos, base de aceptación o rechazo.

A6.5.2 Espesor

El espesor medio obtenido en el terraplén o en la explanada mejorada acabada no deberá ser inferior al previsto en los Planos de secciones tipo; no más de dos individuos de la muestra podrán presentar resultados individuales que bajen del especificado en un diez por ciento para explanadas mejoradas o en un quince por ciento para el terraplén.

Si el espesor medio obtenido fuera inferior al especificado se procederá de la siguiente manera:

- Si el espesor medio obtenido en el terraplén o explanada mejorada fuera inferior al ochenta y cinco por ciento del especificado, se escarificará la capa en una profundidad mínima de quince centímetros, se añadirá el material necesario de las mismas características y se volverá a compactar y refinar la capa por cuenta del Contratista.
- Si el espesor medio obtenido en el terraplén o explanada mejorada fuera superior al ochenta y cinco por ciento del especificado y no existieran problemas de encharcamiento, se podrá admitir siempre que se compense la merma de espesor con el espesor adicional correspondiente en la capa superior por cuenta del Contratista.

A6.5.3 Capacidad de soporte de la explanada mejorada terminada

En la explanada mejorada terminada, el módulo de compresibilidad E_{v2} y la relación de módulos E_{v2}/E_{v1} obtenidos en el ensayo de carga con placa, y, en su caso, la deflexión patrón, no deberán sobrepasar los límites especificados en la tabla A6.2. De no alcanzarse los resultados exigidos, el lote se recompactará hasta conseguir los módulos especificados.

A6.5.4 Rasante de la explanada mejorada terminada

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida en la explanada mejorada terminada y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas en las especificaciones de la unidad terminada, ni existirán zonas que retengan agua.

Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existan problemas de encharcamiento, la Dirección de las Obras podrá aceptar la superficie siempre que la capa superior a ella compense la merma con el espesor adicional necesario sin incremento de coste para la Administración.

Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, éste se corregirá por cuenta del Contratista, siempre que esto no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los Planos.

A6.5.5 Regularidad superficial de la explanada mejorada terminada

Si los resultados de la regularidad superficial de la explanada mejorada terminada exceden los límites establecidos, se procederá de la siguiente manera:

- Si es en más del diez por ciento de la longitud del tramo controlado se escarificará la capa en una profundidad mínima de quince centímetros y se volverá a compactar y refinar por cuenta del Contratista.
- Si es en menos de un diez por ciento de la longitud del tramo controlado se aplicará una penalización económica del diez por ciento.

ANEJO 7 - ÁRIDOS PARA MEZCLAS BITUMINOSAS A UTILIZAR EN LAS CAPAS DE RODADURA

A7.1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este artículo especifica las propiedades de los áridos y del polvo mineral (filler) obtenidos por tratamiento de materiales naturales o artificiales para su uso en mezclas bituminosas para capas de rodadura de carreteras. Este artículo no contempla el empleo de áridos procedentes del reciclado de mezclas bituminosas.

A7.2. REQUISITOS DE LOS ÁRIDOS GRUESOS Y ÁRIDOS FINOS

Los áridos a emplear en las mezclas bituminosas para capas de rodadura podrán ser naturales o siderúrgicos siempre que cumplan las especificaciones recogidas en este artículo. Se podrá utilizar árido fino calizo siempre que cumpla las especificaciones de este Pliego y no supere el 50% del árido fino total en la mezcla bituminosa.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, podrá exigir propiedades o especificaciones adicionales cuando se vayan a emplear áridos cuya naturaleza o procedencia así lo requiriese.

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío.

Las fracciones de árido deben estar constituidas por partículas homogéneas. Cuando haya dudas sobre la homogeneidad del árido se tendrá en cuanta lo señalado en la Nota 2 de las tablas contenidas en este apartado.

Los áridos no podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar corrientes de agua. Si se considera conveniente, se empleará la UNE-EN 1744-3 para caracterizar los componentes solubles de los áridos de cualquier tipo, naturales o artificiales, que puedan ser lixiviados y que puedan significar un riesgo potencial para el medioambiente o para los elementos de construcción situados en sus proximidades.

Los áridos cumplirán los requisitos geométricos, físicos, químicos y de durabilidad que se incluyen en las tablas A7.1 a A7.4.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, podrá fijar otros ensayos complementarios para determinar la durabilidad del material. En particular, se podrá exigir la realización de un estudio petrográfico de los áridos según la norma UNE-EN 932-3 para determinar los componentes minerales así como el grado de alteración y meteorización de los mismos.

Tabla A7.1 – Áridos para mezclas bituminosas tipo AC S y AC D

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
		T00 y T0	T1	T2	T3	T4	Arcenes
REQUISITOS GEOMÉTRICOS							
Granulometría	933-1	G_A90					
Contenido en finos del árido grueso (<0,063 mm)	933-1	f_1					
Equivalente de arena (sobre el 0/4 mm)	933-8	SE_{55} (sobre árido combinado) y SE_{45} (sobre fracción D<8 mm en acopio)					
Calidad de los finos (sobre el 0/2 mm)[1]	933-9	$MB_A0,8$ (sobre el árido combinado) MB_3 (sobre fracción D<8 mm en acopio)					
Forma	933-3	FI_{15}		FI_{20}			
REQUISITOS FÍSICOS							
Proporción de partículas parcial y totalmente trituradas	933-5	$C_{100/0}$			$C_{90/1}$		
Resistencia a la fragmentación[2, 3 y 4]	1097-2	LA_{15}			LA_{20}		
Resistencia al pulimento	1097-8	PSV_{50}					
Resistencia al desgaste	1097-1	$M_{DE}15$			$M_{DE}20$		
Densidad de las partículas	1097-6	A declarar					
Absorción de agua[5]	1097-6	$WA_{24}1$					
REQUISITOS QUÍMICOS							
Composición química[6]	932-3	A declarar (cal libre < 0,5%)					
Estabilidad volumétrica[6]	1744-1	$V_{3,5}$					
DURABILIDAD							
Resistencia a ciclos de hielo-deshielo[7]	1367-1	F_1					
Valor de sulfato de magnesio	1367-2	MS_{18}					
Resistencia al choque térmico	1367-5	A declarar					
Sonnenbrand del basalto	1367-3 1097-2	A declarar					
Afinidad a los ligantes bituminosos	12697-11	A declarar					

[1] Se aplicará esta prescripción cuando no se cumplan las correspondientes del equivalente de arena, pero si las de la categoría inferior (SE_{45} y SE_{40} respectivamente).

[2] La resistencia a la fragmentación de cualquier selección de partículas (siempre que supongan un porcentaje superior al 5% en peso de la fracción total) debe cumplir la categoría especificada.

[3] El material que se triture para obtener el árido fino deberá ser de categoría LA_{25} y cumplir lo indicado en la Nota [2].

[4] Se admite una desviación de hasta 5 puntos en los ensayos de fragmentación y desgaste siempre que se cumpla que LA + M_{DE} sea igual a la suma correspondiente a la categoría de tráfico.

[5] No se exigirá a los áridos siderúrgicos.

[6] Únicamente se exigirá a los áridos siderúrgicos.

[7] Únicamente se exigirá cuando la absorción de agua (W_{cm}) sea superior a 0,5 y el árido no sea siderúrgico.

Tabla A7.2 – Áridos para mezclas bituminosas tipo BBTM (A Y B) y PA

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
		T00 y T0	T1	T2	T3	T4	Arcenes
REQUISITOS GEOMÉTRICOS							
Granulometría	933-1	G_A90					
Contenido en finos del árido grueso (<0.063 mm)	933-1	f_1					
Equivalente de arena (sobre el /4 mm)	933-8	SE_{55} (sobre árido combinado) y SE_{45} (sobre fracción D<8mm en acopio)					
Calidad de los finos (sobre el 0/0,2 mm)[1]	933-9	$MB_A0,8$ (sobre el árido combinado) MB_3 (sobre fracción D<8 mm en acopio)					
Forma	933-3	FI_{15}		FI_{20}			
REQUISITOS FÍSICOS							
Proporción de partículas parcial y totalmente trituradas	933-5	$C_{100/0}$					$C_{90/1}$
Resistencia a la fragmentación[2, 3 y4]	1097-2	LA_{15}					
Resistencia al pulimento	1097-8	PSV_{50}					
Resistencia al desgaste	1097-1	$M_{DE}15$			$M_{DE}20$		
Densidad de las partículas	1097-6	A declarar					
Absorción de agua[5]	1097-6	$WA_{24}1$					
REQUISITOS QUÍMICOS							
Composición química[6]	932-3	(cal libre < 0,5 %)					
Estabilidad volumétrica[6]	1744-1	$V_{3,5}$					
DURABILIDAD							
Resistencia a ciclos de hielo-deshielo[7]	1367-1	F_1					
Valor de sulfato de magnesio	1367-2	MS_{18}					
Resistencia al choque térmico	1367-5	A declarar					
Sonnenbrand del basalto	1367-3 1097-2	A declarar					
Afinidad a los ligantes bituminosos	12697-11	A declarar					

[1] Únicamente se exigirá cuando el equivalente de arena no cumpla la categoría SE_{55}, pero, en cualquier caso, será de categoría no inferior a SE_{45}.

[2]La resistencia a la fragmentación de cualquier selección de partículas (siempre que supongan un porcentaje superior al 5% en peso de la fracción total) debe cumplir la categoría especificada.

[3]El material que se triture para obtener el árido fino deberá ser de categoría LA_{25} y cumplir lo indicado en la Nota [2].

[4]Se admite una desviación de hasta 5 puntos en los ensayos de fragmentación y desgaste siempre que se cumpla que LA + M_{DE} sea igual a la suma correspondiente a la categoría de tráfico.

[5]No se exigirá a los áridos siderúrgicos.

[6]Únicamente se exigirá a los áridos siderúrgicos.

[7]Únicamente se exigirá cuando la absorción de agua (W_{cm}) sea superior a 0,5.

A7.3. REQUISITOS DEL POLVO MINERAL

El polvo mineral podrá ser de aportación, tipo carbonato cálcico o de recuperación, procedente de los áridos calizos empleados en la fabricación de las mezclas bituminosas, separándose de estos por medio de los ciclones de la central de fabricación. Sin embargo, el polvo mineral recuperado de áridos ofíticos o siderúrgicos no podrá utilizarse y deberá ser eliminado. Asimismo, podrá emplearse polvo mineral mixto elaborado a partir de una mezcla de polvo mineral de procedencia caliza con hidróxido de calcio, tipo CL 90-S o con cemento, tipo II/A.

Podrán también emplearse otros fílleres, siempre que los correspondientes estudios y pruebas de laboratorio y a escala real avalen su idoneidad a juicio de la Administración o de la Dirección de las Obras. Si se utilizan cenizas de la incineración de Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (cenizas Edar), su contenido total en mezcla bituminosa deberá ser igual o inferior a:

- Para mezclas bituminosas tipo AC: 3% en peso del total de la mezcla.
- Para mezclas bituminosa tipo BBTM: 4% en peso del total de la mezcla.

La totalidad del polvo mineral que se emplee en mezclas bituminosas para capas de rodadura que vayan a soportar categorías de tráfico pesado T2 o superior será de aportación. Para el resto de las categorías de tráfico procederá indistintamente de aportación o de recuperación. Cuando se emplee un polvo mineral mixto deberá realizarse un estudio específico antes del comienzo de las obras para determinar las características del mástico resultante, siendo preceptiva para su empleo la aprobación previa por parte de la Dirección de las Obras. El polvo mineral que quede inevitablemente adherido a los áridos tras su paso por el secador en ningún caso podrá rebasar el dos por ciento de la masa de la mezcla.

El polvo mineral de aportación y el del árido combinado deberán cumplir lo indicado en la tabla A7.3.

Tabla A7.3 – Requisitos del polvo mineral

<table>
<tr><th>CARACTERÍSTICA</th><th>NORMA ENSAYO UNE-EN</th><th colspan="3">ESPECIFICACIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="5">REQUISITOS GEOMÉTRICOS</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Granulometría del polvo mineral comercial</td><td rowspan="4">933-10</td><td rowspan="2">Abertura del tamiz (mm)</td><td colspan="2">Cernido acumulado (% en masa)</td></tr>
<tr><td>Huso general para resultados individuales[1]</td><td>Intervalo máximo del huso granulométrico[2]</td></tr>
<tr><td>2</td><td>100</td><td>-</td></tr>
<tr><td>0,125</td><td>85 a 100</td><td>10</td></tr>
<tr><td>Calidad de los finos del polvo mineral comercial (sobre el 0/2 mm)</td><td>933-9</td><td colspan="3">MB_F7</td></tr>
</table>

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	ESPECIFICACIÓN
REQUISITOS FÍSICOS		
Contenido de agua del polvo mineral comercial	1097-5	< 1% en peso sobre el total
Densidad de las partículas	1097-7	A declarar
Densidad aparente de las partículas en queroseno (sobre la fracción 0,063 mm) [3]	1097-3	Entre 0,5 y 0,9 Mg/m^3
Huecos Ridgen	1097-4	A declarar
Incremento del Anillo y Bola[4]	13179-1	$\Delta_{R\&B}8/25$; $\Delta_{R\&B}25$
REQUISITOS QUÍMICOS		
Solubilidad en agua	1744-4	WS_{10}
Contenido en carbonatos[5]	196-21	CC_{90} para el polvo mineral de aportación CC_{70} para el polvo mineral de recuperación
Contenido de hidróxido cálcico en polvos minerales mixtos con hidróxido de calcio	459-2	Ka10; Ka20; Ka25
Pérdida por calicinación[6]	1744-1	≤6% en peso sobre total

[1] Cuando se emplee ceniza de Edar, el huso general para resultados individuales en el tamiz 0,063 será 60 – 100.
[2] El noventa por ciento de los resultados de análisis granulométricos, basados en los últimos 20 valores obtenidos, deben quedar incluidos dentro de estos intervalos, y el cien por cien de los resultados obtenidos deben quedar dentro del huso granulométrico general. Si se utilizan cenizas de EDAR el intervalo máximo del huso será de 20.
[3] En el caso de polvo natural de recuperación, con el fin de asegurar su homogeneidad, la variación de esta característica debe ser inferior a 0,2 Mg/m^3. En el caso de cenizas de Edar el intervalo estará entre 0,4 y 0,9.
[4] Cuando se emplee polvo mineral de hidróxido de calcio o ceniza de Edar, el incremento del Anillo y Bola será > 25 °C, es decir, $\Delta_{R\&B}25$.
[5] Para polvo mineral calizo.
[6] Para cenizas de Edar

A7.4. CONTROL DE CALIDAD

A7.4.1. Control de procedencia de los áridos

Si los áridos a emplear disponen de marcado CE, se llevará a cabo la verificación documental de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplen las especificaciones establecidas en este Pliego y los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia de los áridos no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de lo que establezca el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, ni de las facultades que corresponden a la Dirección de las Obras, que podrán disponer la realización de las comprobaciones o ensayos adicionales sobre los materiales que considere oportunos, al objeto de asegurar las propiedades y la calidad establecidas en este artículo.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del árido, y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán 4 muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada fracción de ellas se determinará:

- La granulometría de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.
- El contenido de finos del árido grueso, según la UNE-EN 933-1.
- El equivalente de arena del árido fino, según la UNE-EN 933-8, y, en su caso, el azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.
- El índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.
- La proporción de caras de fractura de las partículas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5 y el cumplimiento del criterio de homogeneidad definido en la Nota 2 de las tablas A7.1 y A7.2.
- La resistencia a la fragmentación del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2.
- El coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso, según la UNE-EN 1097-8.
- La resistencia al desgaste del árido grueso, según la UNE-EN 1097-1.
- La densidad relativa y absorción del árido grueso y del árido fino, según la UNE-EN 1097-6.
- La resistencia a ciclos de hielo y deshielo según la UNE-EN 1367-1.
- El valor del sulfato de magnesio, según la UNE-EN 1367-2.

Para áridos siderúrgicos a los ensayos anteriores se añadirán los de composición química según la UNE-EN 932-3 y la estabilidad volumétrica según la UNE-EN 1744-1.

A7.4.2. Control de procedencia del polvo mineral de aportación

Si el polvo mineral a emplear, dispone de marcado CE, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia no serán de aplicación obligatoria, sin perjuicio de lo que establezca el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, ni de las facultades que corresponden a la Dirección de las Obras.

En el supuesto de no cumplirse las condiciones indicadas en el párrafo anterior, de cada procedencia del polvo mineral de aportación, y para cualquier volumen de producción previstas, se tomarán 4 muestras y con ellas se determinará:

- La granulometría, según la UNE-EN 933-1.
- El azul de metileno, según la UNE-EN 933-9.
- La densidad aparente de las partículas, según la UNE-EN 1097-6.
- Los huecos Ridgen, según la UNE-EN 1097-4.
- El incremento de anillo y bola, según la UNE-EN 13179-1.
- La solubilidad en agua, según la UNE-EN 1744-4.

Además:

- Para polvos minerales de aportación de naturaleza caliza, el contenido en carbonatos según la UNE EN 196-21.
- Para cales, el contenido en hidróxido de calcio, según la UNE EN 459-2.

Para fílleres distintos a los de recuperación de los áridos, polvos de naturaleza caliza, cales o cementos el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su ausencia la Dirección de las Obras, podrá requerir ensayos adicionales.

A7.4.3. Control de calidad de los áridos

Se examinará la descarga al acopio o alimentación de tolvas en frío, desechando los áridos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo. Se acopiarán aparte aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lajas, plasticidad, etc. y se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores y los accesos.

Con cada fracción de árido que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

Con la misma frecuencia de ensayo que la correspondiente al nivel de control definido en el Anexo A de la norma UNE-EN 13108-21 y al nivel de conformidad determinado por el método del valor medio de cuatro resultados definido en ese mismo anexo.

- Análisis granulométrico de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.
- Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8 y, en su caso, el índice azul de metileno según la UNE-EN 933-9.

Al menos una vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:

- Índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.
- Proporción de caras de fractura de las partículas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
- La resistencia al desgaste del árido grueso, según la UNE-EN 1097-1.
- El contenido de finos del árido grueso, según la UNE-EN 933-1.
- Para áridos siderúrgicos se realizará también la estabilidad volumétrica según la UNE-EN 1744-1.

Al menos una vez al mes, o cuando se cambie de procedencia:

- Coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2, incluyendo la comprobación del criterio de homogeneidad establecido en la Nota 2 de las tablas A7.1 y A7.2 de estas especificaciones.
- Coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso, según la UNE-EN 1097-8.
- Densidad relativa y absorción del árido grueso y del árido fino, según la UNE-EN 1097-6.

A7.4.4. Control de calidad del polvo mineral

En el caso de polvo mineral de aportación, sobre cada partida que se reciba se realizarán los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico del polvo mineral, según la UNE-EN 933-10.
- Densidad aparente, según el Anexo A de la UNE-EN 1097-3.

Para el polvo mineral que no sea de aportación se realizarán los siguientes ensayos:

Al menos una vez al día, o cuando cambie de procedencia:

- Densidad aparente, según el Anexo A de la UNE-EN 1097-3.

Al menos una vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:

- Análisis granulométrico del polvo mineral, según la UNE-EN 933-10.

Para fílleres distintos a los de recuperación de los áridos, polvos de naturaleza caliza, cales o cementos el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su ausencia la Dirección de las Obras, podrá requerir ensayos adicionales.

ANEJO 8 - MATERIALES TRATADOS CON CEMENTO (SUELOCEMENTO Y GRAVACEMENTO)

A8.1. DEFINICIÓN

Se define como material tratado con cemento la mezcla homogénea, en las proporciones adecuadas, de material granular, cemento, agua y, eventualmente aditivos, realizada en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de carretera. Dependiendo del material granular utilizado se distinguen dos tipos de materiales tratados con cemento: suelocemento y gravacemento.

Su ejecución incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Fabricación de la mezcla en central.
- Preparación de la superficie existente, cuando proceda.
- Transporte y extensión de la mezcla.
- Prefisuración.
- Compactación y terminación.
- Curado y protección superficial.

A8.2. MATERIALES

Lo dispuesto en este pliego se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Reglamento 305/2011 de 9 de marzo de 2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción. Para los productos con marcado CE, el fabricante asumirá la responsabilidad sobre la conformidad de los mismos con las prestaciones declaradas, de acuerdo con el artículo 11 del mencionado Reglamento. Los productos que tengan el marcado CE deberán ir acompañados, además de dicho marcado, de la Declaración de Prestaciones, y de las instrucciones e información de seguridad del producto. Por su parte, el Contratista deberá verificar que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permitan deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el Proyecto o, en su defecto, en este Pliego, debiendo adoptar, en el caso de que existan indicios de incumplimiento de las especificaciones declaradas, todas aquellas medidas que considere oportunas para garantizar la idoneidad del producto suministrado a la obra.

Independientemente de lo anterior, se estará además en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, de producción, almacenamiento, gestión y transporte de productos de construcción, de residuos de construcción y demolición, y de suelos contaminados.

A8.2.1. Cemento

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, la Dirección de las Obras fijará la clase resistente y el tipo del cemento, teniendo en cuenta las recomendaciones de uso indicadas en la vigente Instrucción para la recepción de cementos (RC). Cumplirá las prescripciones del artículo 202 del PG-3 y las adicionales que establezca, en su caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

El cemento será de los tipos III, IV, V o ESP VI-1 de categorías resistentes 32,5N. Previa autorización de la Dirección de las Obras podrán utilizarse cementos del tipo II y categoría resistente 42,5R. La Dirección de las Obras podrá autorizar en épocas frías el empleo de un cemento de clase resistente 42,5N. No se emplearán cementos de aluminato de calcio, ni mezclas de cemento con adiciones que no hayan sido realizadas en instalaciones de fabricación específicas.

Si el contenido ponderal de sulfatos solubles en agua (SO_3) en el material granular que se vaya a utilizar, determinado según la UNE-EN 1744-1, fuera superior al dos por mil (2 ‰) en masa (Categoría $SS_{0,2}$), deberá emplearse un cemento resistente a los sulfatos (SR) y aislar adecuadamente estas capas del firme de las obras de hormigón.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el principio de fraguado (norma UNE-EN 196-3) que, en todo caso, no podrá tener lugar antes de los cien minutos (100 minutos). No obstante, si la extensión se realizase con temperatura ambiente superior a treinta grados Celsius (30 °C), el principio de fraguado, no podrá tener lugar antes de una hora (1 h), realizando los ensayos a una temperatura de cuarenta más menos dos grados Celsius (40 ± 2 °C).

A8.2.2. Materiales granulares

Para el suelocemento se utilizará un suelo granular o material de origen natural, rodado o triturado, o una mezcla de ellos, exento de todo tipo de materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

En la gravacemento se utilizará un árido natural procedente de la trituración de piedra de cantera o de gravera. El árido se suministrará, al menos, en dos (2) fracciones granulométricas diferenciadas.

En ambos casos podrán utilizarse subproductos o productos inertes de desecho, en cumplimiento del Acuerdo de Consejo de Ministros de 26 de diciembre de 2008, por el que se aprueba el Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015, siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas en este pliego, y se declare el origen de los materiales, tal como se establece en la legislación comunitaria sobre estas materias. Para el empleo de estos materiales se exige que las condiciones para su tratamiento y aplicación estén fijadas expresamente en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, podrá exigir propiedades o especificaciones adicionales cuando se vayan a emplear áridos cuya naturaleza o procedencia así lo requiriese.

El material granular del suelocemento o el árido de la gravacemento no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o de alteración física o química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, se puedan dar en el lugar de empleo. Se deberá garantizar tanto la durabilidad a largo periodo, como que no originen, con el agua, disoluciones que provoquen daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua. Por ello, en materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, deberá hacerse un estudio especial sobre su aptitud para ser empleado, que deberá ser aprobado por la Dirección de las Obras.

Para caracterizar los componentes del material granular o del árido que puedan ser lixiviados y que puedan significar un riesgo potencial para el medio ambiente o para los elementos de construcción situados en sus proximidades, se empleará la UNE- EN 1744-3.

El material granular del suelocemento o el árido de la gravacemento no presentarán reactividad potencial con los álcalis del cemento. Con materiales sobre los que no exista suficiente experiencia en su comportamiento en mezclas con cemento y que por su naturaleza petrográfica puedan tener constitutivos reactivos con los álcalis, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o la Dirección de las Obras, podrá exigir que se lleve a cabo un estudio específico sobre la reactividad potencial de los áridos, que definirá su aptitud de uso, siguiendo los criterios establecidos a estos efectos en el apartado 28.7.6 de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

Tabla A8.1 – Suelos o áridos para suelocemento

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
		T00 y T0	T1	T2	T3	T4	Arcenes
REQUISITOS GEOMÉTRICOS							
Granulometría	933-1	Tabla A8.3					
REQUISITOS FÍSICOS							
Resistencia a la fragmentación[1]	1097-2	LA_{40}					
Densidad de las partículas	1097-6	A declarar					
Absorción de agua	1097-6	A declarar					
REQUISITOS QUÍMICOS							
Azufre total	1744-1	S_1 (azufre total <1%)					
Sulfato soluble en ácido	1744-1	$AS_{0,8}$ (sulfatos solubles<0.8%)					
Contenido de materia orgánica	103204	≤1%					
Composición química[2]	932-3	(Cal libre < 0,5 %)					

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
		T00 y T0	T1	T2	T3	T4	Arcenes
Estabilidad volumétrica[2]	1744-1	$V_{3,5}$					
DURABILIDAD							
Resistencia a ciclos de hielo-deshielo[3]	1367-1	F_1			F_2		
Valor de sulfato de magnesio	1367-2	MS_{25}					

[1] Únicamente se exigirá a materiales de cantera o gravera con más de un 20% de tamaños retenidos por el 12,5 mm.
[2] Únicamente se exigirá a los áridos siderúrgicos.
3 Únicamente se exigirá cuando la absorción de agua (WA_{24}; UNE-EN 1097-6) sea superior a 1.

El límite líquido del material granular del suelocemento (norma UNE-EN103103), deberá ser inferior a treinta (< 30), y su índice de plasticidad (normas UNE-EN 103103 y UNE 103104) deberá ser inferior a diez (< 10).

El valor del índice CBR, determinado según la norma UNE-EN 13286-47 y con una compactación de las probetas del 100% de la densidad máxima del Proctor Modificado (UNE-EN 13286-2), será superior a 20. El material granular no deberá presentar hinchamiento en el ensayo CBR, habiendo aplicado una sobrecarga de 4,5 kg.

Tabla A8.2 - Áridos para gravacemento

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
		T00 y T0	T1	T2	T3	T4	Arcenes
REQUISITOS GEOMÉTRICOS							
Granulometría	933-1	Tabla A8.3					
Equivalente de arena[1]	933-8/A	SE_{40} (GC20) ó SE_{35} (GC32)					
Forma	933-3	FI_{30}			FI_{35}		FI_{40}
REQUISITOS FÍSICOS							
Proporción de partículas parcial y totalmente trituradas y de partículas totalmente redondeadas	933-5	$C_{100/0}$			$C_{70/10}$		$C_{50/10}$
Resistencia a la fragmentación	1097-2	LA_{30}			LA_{35}		LA_{40}
Densidad de las partículas	1097-6	A declarar					
Absorción de agua	1097-6	A declarar					
REQUISITOS QUÍMICOS							
Azufre total[2]	1744-1	S_1 (azufre total <1%)					
Sulfato soluble en ácido	1744-1	$AS_{0,8}$ (sulfatos solubles<0,8%)					

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
		T00 y T0	T1	T2	T3	T4	Arcenes
Componentes que alteran la velocidad de fraguado y el endurecimiento[3]	1744-1	Si contiene materia orgánica no debe afectar a tiempo de fraguado y resistencia a compresión sobre mortero					
Composición química[4]	932-3	(Cal libre < 0,5 %)					
Estabilidad volumétrica[4]	1744-1	$V_{3,5}$					
DURABILIDAD							
Resistencia a ciclos de hielo-deshielo[5]	1367-1	F_1			F_2		
Valor de sulfato de magnesio	1367-2	MS_{25}					

[1] Cuando no se cumplan las categorías especificadas, se exigirá para ambos tipos que el equivalente arena sea superior a treinta (>30), y que el valor de azul de metileno para la fracción 0/0.125 mm sea inferior a diez gramos por kilogramo (<10 g/kg).
[2] Si en la descripción petrográfica (UN-EN 932-3) se apreciara presencia de pirrotina en el árido, el contenido ponderal en azufre total (S) deberá ser < 0,4%.
[3] No se debe producir un aumento del tiempo de fraguado de las probetas de ensayo de mortero en más de 120 min ni una reducción de la resistencia a la compresión de las probetas de ensayo de mortero en más del 20% a 28 días.
[4] Únicamente se exigirá a los áridos siderúrgicos.
[5] Únicamente se exigirá cuando la absorción de agua (W_{cm}) sea superior a 0,5.

El árido fino para las capas de gravacemento será no plástico.

A8.2.3. Agua

El agua deberá cumplir las prescripciones de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

A8.2.4. Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará los aditivos que puedan utilizarse para obtener la trabajabilidad adecuada o mejorar las características de la mezcla, los cuales deberán ser especificados en la fórmula de trabajo y aprobados por la Dirección de las Obras. Ésta podrá autorizar el empleo de un retardador de fraguado para ampliar el periodo de trabajabilidad del material, según las condiciones meteorológicas, así como establecer el método que se vaya a emplear para su incorporación, las especificaciones que debe cumplir dicho aditivo y las propiedades de la mezcla tras su incorporación.

El empleo de retardadores de fraguado será obligatorio salvo que la Dirección de las Obras ordene lo contrario.

Únicamente se autorizará el uso de los aditivos cuyas características, y especialmente su comportamiento y los efectos sobre la mezcla al emplearlos en las proporciones previstas, vengan garantizados por el fabricante, siendo obligatorio realizar ensayos previos para

comprobar que cumplen su función con los materiales y dosificaciones previstos en la fórmula de trabajo.

A8.3. TIPO Y COMPOSICIÓN DEL MATERIAL TRATADO CON CEMENTO

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo y composición del material tratado, suelocemento o gravacemento, cuya granulometría, contenido de cemento y resistencia a compresión simple deberán cumplir lo indicado en este apartado.

La granulometría del material granular empleado en la fabricación del suelocemento deberá ajustarse a uno de los husos definidos en la tabla A8.3. El tipo SC20 sólo se podrá emplear en carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4 y en arcenes.

Tabla A8.3 - Husos granulométricos del material granular del suelocemento

TIPO DE SUELOCEMENTO	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (% en masa) ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)									
	50	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063
SC40	100	80-100	75-100	62-100	53-100	45-89	30-65	20-52	5-37	2-20
SC20	-	-	100	92-100	76-100	63-100	48-100	36-94	18-65	2-35

La granulometría de los áridos empleados en la fabricación de la gravacemento deberá ajustarse a uno de los husos definidos en la tabla A8.4. El tipo GC32 sólo se podrá emplear en carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4 y en arcenes, en sustitución del suelocemento.

Tabla A8.4 - Husos granulométricos del árido de la gravacemento

TIPO DE GRAVACEMENTO	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (% en masa) ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)								
	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063
GC32	100	88-100	67-91	52-77	38-63	25-48	16-37	6-21	1-7
GC20	-	100	80-100	62-84	44-68	28-51	19-39	7-22	1-7

El contenido mínimo de cemento del suelocemento será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en la tabla A8.5. En cualquier caso dicho contenido no será inferior al tres por ciento (≥3%) en masa, respecto del total del material granular en seco.

El contenido mínimo de cemento de la gravacemento será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en la tabla A8.5. En cualquier caso, dicho contenido no será inferior al cuatro por ciento (≥4%) en masa, respecto del total del árido en seco.

Tabla A8. 5 - Resistencia media (*) a compresión a siete días (7 d), según la UNE-EN 13286-41 (MPa)

MATERIAL	ZONA	MÍNIMA	MÁXIMA
GRAVACEMENTO	Calzada	6	-
	Arcenes	4,5	-
SUELOCEMENTO	Calzadas y arcenes	3,5	-

(*) Por resistencia media se entiende la media aritmética de los resultados obtenidos al menos sobre tres (3) probetas de la misma amasada, definida de acuerdo a lo indicado en el epígrafe 9.2.1. Si alguno de los valores varía en más del 20% de la media, se descartará y se tomará la resistencia a compresión como la media de los valores restantes.

Las probetas se compactarán (UNE-EN 13286-51), con la energía que proporcione la mayor densidad mínima requerida en el epígrafe 7 y nunca con una energía mayor.

En el caso de emplearse cementos CEM II/42,5 R las resistencias mínimas serán de 8,5 MPa, 6 MPa y 4,5 MPa a siete (7) días para la gravacemento en calzada y arcenes y suelocemento, respectivamente.

El período de trabajabilidad de una mezcla con cemento, determinado a la temperatura máxima esperada durante la puesta en obra (norma UNE-EN 13286-45), no deberá ser inferior al indicado en la tabla A8.6. En el supuesto de la puesta en obra por franjas, el material resultante deberá tener un periodo de trabajabilidad tal que permita completar la compactación de cada una de ellas antes de que haya finalizado dicho periodo en la franja adyacente ejecutada previamente.

Tabla A8.6 - Periodo mínimo de trabajabilidad (Wpc)

TIPO DE EJECUCIÓN	Wpc (horas) (norma UNE-EN 13286-45)
ANCHURA COMPLETA	3
POR FRANJAS	4

El espesor de capa de material tratado, suelocemento o gravacemento, será el adecuado para que, con los medios disponibles, se obtenga en toda la capa las características deseadas y el grado de compactación exigido. Dicho espesor se proyectará de acuerdo con la vigente Norma para el Dimensionamiento de Firmes de la Red de Carreteras del País Vasco, y en cualquier caso no será inferior a los veinte centímetros (≥20 cm).

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

A8.4. EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

A8.4.1. Consideraciones generales

No se podrá utilizar en la ejecución de los materiales tratados con cemento ningún equipo que no haya sido previamente empleado en el tramo de prueba y aprobado por la Dirección de las Obras.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

A8.4.2. Central de fabricación

Se podrán utilizar centrales de fabricación de mezcla continua o discontinua. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares señalará la producción horaria mínima de la central.

En cualquier caso, la instalación deberá permitir dosificar por separado el material granular o las distintas fracciones de árido suministrado, que serán dos (2) como mínimo, el cemento, el agua y, en su caso, los aditivos, en las proporciones y con las tolerancias fijadas en la fórmula de trabajo.

Las tolvas para los materiales granulares deberán tener paredes resistentes y estancas y bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, provistas de una rejilla que permita limitar el tamaño máximo, así como de un rebosadero que evite que un exceso de contenido afecte al huso granulométrico especificado. Se dispondrán con una separación suficiente para evitar contaminaciones entre ellas y deberán estar provistas a su salida de dispositivos ajustables de dosificación.

La dosificación del material granular o de cada una de las fracciones del árido de la gravacemento será siempre ponderal. En la central de fabricación, los dosificadores ponderales serán independientes, debiendo disponer de al menos uno (1) para el material granular o, en su caso, para cada una de las fracciones del árido de la gravacemento, cuya precisión será superior al dos por ciento (± 2%), y al menos uno (1) para el cemento, con precisión superior al uno por ciento (± 1%).

El agua añadida se controlará mediante un caudalímetro, cuya precisión será superior al dos por ciento (± 2%), y un totalizador con indicador en la cabina de mando de la central.

En el caso de que se incorporen aditivos al material tratado con cemento, la central deberá tener sistemas de almacenamiento y de dosificación independientes de los correspondientes al resto de los materiales, protegidos de la humedad, y un sistema que permita su dosificación de acuerdo con la fórmula de trabajo y las tolerancias establecidas en este pliego.

Los equipos de mezcla deberán ser capaces de asegurar una completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas.

A8.4.3. Elementos de transporte

El material tratado con cemento se transportará al lugar de empleo en camiones de caja abierta, lisa y estanca, perfectamente limpia. Deberán disponer de lonas o cobertores adecuados para proteger el material tratado con cemento durante su transporte.

En el caso de utilizarse extendedoras como equipos de extensión, y cuando estas no dispongan de elementos de transferencia de carga, la altura y forma de los camiones será tal que, durante el vertido en la extendedora, el camión sólo toque a aquélla a través de los rodillos previstos al efecto.

Los medios de transporte deberán estar adaptados, en todo momento, al ritmo de ejecución de la obra teniendo en cuenta la capacidad de producción de la central y del equipo de extensión y la distancia entre la central y el tajo de extensión.

A8.4.4. Equipo de extensión

En carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T2, incluidos los arcenes, se utilizarán extendedoras automotrices, que estarán dotadas de sistemas automáticos de nivelación para la puesta en obra con la configuración deseada y para proporcionar un mínimo de compactación.

En el resto de los casos el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, deberá fijar y aprobar los equipos de extensión de los materiales tratados.

En el caso de utilizarse extendedoras que no estén provistas de una tolva para la descarga del material desde los camiones, ésta deberá realizarse a través de dispositivos de transferencia que garanticen un reparto adecuado del material delante del equipo de extensión.

Se comprobará, en su caso, que los ajustes del enrasador y de la maestra se atienen a las tolerancias mecánicas especificadas por el fabricante, y que dichos ajustes no han sido afectados por el desgaste.

Las anchuras mínima y máxima de extensión se fijarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por la Dirección de las Obras. Si al equipo de extensión pudieran acoplarse piezas para aumentar su anchura, éstas deberán quedar perfectamente alineadas con las existentes en la extendedora.

A8.4.5. Equipo de compactación

Todos los compactadores deberán ser autopropulsados, tener inversores del sentido de la marcha de acción suave y estar dotados de dispositivos para mantenerlos húmedos, en caso necesario. La composición del equipo de compactación se determinará en el tramo de prueba, y deberá estar compuesto como mínimo por un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos, siendo preferible también la utilización de un (1) compactador de neumáticos.

El rodillo metálico del compactador vibratorio tendrá una carga estática sobre la generatriz no inferior a cincuenta kilogramos por centímetro (≥50 kg/cm) y será capaz de alcanzar una masa

de al menos quince toneladas (15 t) con amplitudes y frecuencias de vibración adecuadas. El compactador de neumáticos será capaz de alcanzar una masa de al menos veintiuna toneladas (21 t) y una carga por rueda de al menos tres toneladas (3 t), con una presión de inflado que pueda alcanzar un valor no inferior a ocho décimas de megapascal (≥ 0,8 MPa).

Los compactadores de rodillos metálicos tendrán dispositivos automáticos para eliminar la vibración al invertir el sentido de la marcha, y no presentarán surcos ni irregularidades en ellos. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras con las de las traseras.

La Dirección de las Obras aprobará el equipo de compactación que se vaya a emplear, su composición y las características de cada uno de sus componentes, que serán las necesarias para conseguir una compacidad adecuada y homogénea de la mezcla con cemento en todo su espesor, sin producir roturas del material granular, o del árido, ni arrollamientos.

En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación normales, se emplearán otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se pretenda realizar y siempre deberán ser autorizados por la Dirección de las Obras.

A8.4.6. Equipo para la prefisuración longitudinal y transversal

Para la ejecución de la junta longitudinal y las transversales en fresco, se utilizarán equipos automotrices que efectúen en cada pasada un surco vertical que penetre al menos tres cuartos (3/4) del espesor de la capa y que al mismo tiempo introduzca en él un producto adecuado para impedir que los bordes de la junta se unan de nuevo. Este producto podrá consistir en una emulsión bituminosa de rotura rápida, láminas continuas de plástico u otros sistemas que además de impedir que se unan durante la compactación, permitan la transmisión de cargas entre los dos lados de la junta. Si se utiliza emulsión bituminosa su aplicación estará automatizada y el equipo de aplicación contará con un depósito de al menos 600 litros de emulsión. El depósito estará calorifugado y mantendrá la emulsión a una temperatura comprendida entre 40 y 60 °C.

La Dirección de las Obras podrá autorizar equipos no automotrices en obras de menos de setenta mil metros cuadrados (< 70.000 m^2) y en carreteras con categorías de tráfico T3 y T4, siempre que con ellos se alcancen los requisitos establecidos en el párrafo anterior y no supongan una limitación para el normal funcionamiento del equipo de compactación.

A8.5. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

A8.5.1. Estudio del material tratado con cemento y obtención de la fórmula de trabajo

La producción del material tratado con cemento no se podrá iniciar en tanto que la Dirección de las Obras haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en el laboratorio y verificada en la central de fabricación y en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

- La identificación y proporción (en seco) del material granular o de cada fracción de árido en la alimentación (en masa).
- La granulometría del material granular o, en su caso, del árido combinado, por los tamices establecidos en el huso granulométrico del apartado 3 de este pliego.
- La dosificación en masa o en volumen, según corresponda, de cemento, indicando su tipo y clase resistente, de agua y, eventualmente, de aditivos.
- La densidad máxima y la humedad óptima del Proctor modificado (norma UNE-EN 13286-2).
- La densidad mínima a alcanzar.
- El período de trabajabilidad del material tratado con cemento.

Si la marcha de las obras lo aconseja, la Dirección de las Obras podrá corregir la fórmula de trabajo, justificándolo debidamente mediante un nuevo estudio y los ensayos oportunos. En todo caso se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo si varía la procedencia de alguno de los componentes del material tratado con cemento.

Las tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo serán las indicadas en la tabla A8.7, teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos en el correspondiente huso granulométrico adoptado.

Tabla A8.7 – Tolerancias admisibles respecto de la fórmula de trabajo

CARACTERÍSTICA		UNIDAD	TOLERANCIA
Cernido tamices (UNE-EN 933-2)	Tamaño máximo	% sobre la masa total del material	0
	> 4 mm		±6
	≤ 4 mm		±3
	0,063 mm (incluido el cemento)		±1,5
Cemento			±0,3
Humedad de compactación (agua total)		% respecto de la óptima	-1,0 / +0,5

(*) En el suelocemento únicamente se exigen las relativas al cemento y a la humedad de compactación.

A8.5.2. Preparación de la superficie existente

Se comprobarán la regularidad superficial, si así lo exige el PG-3 en la unidad de obra correspondiente, y el estado de la superficie sobre la que se vaya a extender el material tratado con cemento. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, la Dirección de las Obras indicará las medidas necesarias para obtener una regularidad superficial aceptable y, en su caso, para reparar las zonas dañadas.

En época seca y calurosa, y siempre que sea previsible una pérdida de humedad del material extendido, la Dirección de las Obras podrá ordenar que la superficie de apoyo se riegue

ligeramente inmediatamente antes de la extensión, de forma que ésta quede húmeda pero no encharcada, eliminándose las acumulaciones de agua en superficie que hubieran podido formarse.

A8.5.3. Fabricación del material tratado con cemento

En el momento de iniciar la fabricación del material tratado con cemento, el material granular o las fracciones del árido estarán acopiados en cantidad suficiente para permitir a la central un trabajo sin interrupciones. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, la Dirección de las Obras fijará el volumen mínimo de acopios exigibles en función de las características de la obra y del volumen de material tratado que se vaya a fabricar.

En obras de carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T2 o con una superficie de calzada superior a setenta mil metros cuadrados (> 70.000 m^2) el volumen mínimo a exigir en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares se determinará en función de las características de la obra, con el margen de seguridad necesario, no siendo nunca inferior al correspondiente al treinta por ciento (≥30%) del total. En el caso de obras con categoría de tráfico pesado T3 a T4, o con una superficie de calzada inferior a setenta mil metros cuadrados (< 70.000 m^2) estará acopiado el cincuenta por ciento (50%) del volumen.

La carga de las tolvas se realizará de forma que su contenido esté siempre comprendido entre el cincuenta y el cien por ciento (50 a 100%) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones de los materiales granulares.

La operación de mezcla se realizará mediante dispositivos capaces de asegurar la completa homogeneización de los componentes. La Dirección de las Obras fijará, a partir de los ensayos iniciales, el tiempo mínimo de amasado, que en ningún caso será inferior a los 30 segundos (≥ 30 seg).

Se comenzará mezclando los materiales granulares y el cemento, añadiéndose posteriormente el agua y los aditivos, que irán disueltos en aquella. La cantidad de agua añadida a el material tratado con cemento será la necesaria para alcanzar la humedad fijada en la fórmula de trabajo, teniendo en cuenta la existente en el material granular, así como la variación del contenido de agua que se pueda producir por evaporación durante la ejecución de los trabajos. El amasado se proseguirá hasta obtener la completa homogeneización de los componentes del material tratado con cemento, dentro de las tolerancias fijadas.

En las instalaciones de mezcla discontinua, no se volverá a cargar la amasadora sin haber vaciado totalmente su contenido.

A8.5.4. Transporte

En el transporte de los materiales tratados con cemento se tomarán las debidas precauciones para reducir al mínimo la segregación y las variaciones de humedad. Se cubrirá siempre el material tratado con cemento con lonas o cobertores adecuados.

A8.5.5. Vertido y extensión del material tratado con cemento

El vertido y la extensión se realizarán tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones. El espesor de la tongada antes de compactar deberá ser tal que, con la compactación, se obtenga el espesor previsto en los Planos con las tolerancias establecidas en este pliego, teniendo en cuenta que, en ningún caso, se permitirá el recrecimiento de espesor en capas delgadas una vez iniciada la compactación.

No se admitirá la extensión de la capa de materiales tratados con cemento en más de una tongada.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, fijará la anchura de extensión. Siempre que sea posible el material tratado con cemento se extenderá en la anchura completa. En caso contrario, y a menos que la Dirección de las Obras ordene otra cosa, la extensión comenzará por el borde inferior y se realizará por franjas longitudinales. La anchura de éstas será tal que se realice el menor número de juntas posibles y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características del equipo de extensión y la producción de la central. Únicamente se permitirá la colocación del material tratado con cemento por semianchos contiguos cuando pueda garantizarse que la compactación y terminación de la franja extendida en segundo lugar se haya finalizado antes de haber transcurrido el período de trabajabilidad de la primera, a no ser que la Dirección de las Obras autorice la ejecución de una junta de construcción longitudinal.

A8.5.6. Prefisuración

Para cualquier categoría de tráfico se hará una prefisuración transversal de las capas tratadas con cemento.

Cuando el ancho de extendido del material tratado con cemento sea superior a 7 m se realizará también una junta longitudinal de manera que se localice bajo la línea de separación de carriles del firme construido.

Para ello, antes de iniciar la compactación de la capa, se realizarán en ella las juntas longitudinales o transversales en fresco que correspondan, las cuales deberán penetrar al menos tres cuartos (3/4) del espesor de la capa.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, la Dirección de las Obras establecerá la distancia a la que deben realizarse las juntas transversales, dependiendo de la categoría de tráfico pesado, de la zona climática y del espesor de las capas que se dispongan por encima. Salvo justificación en contrario, la separación entre juntas estará comprendida entre dos y tres metros (2 a 3 m).

Se empleará el equipo y el método de ejecución aprobado y fijado por la Dirección de las Obras, después de la realización del tramo de prueba.

A8.5.7. Compactación y terminación

La compactación se realizará según el plan aprobado por la Dirección de las Obras, de acuerdo con los resultados del tramo de prueba. Se compactará mientras el material tratado con cemento esté dentro de su periodo de trabajabilidad, hasta alcanzar la densidad especificada en el epígrafe 7.1.

La compactación se realizará de manera continua y sistemática. Si la extensión del material se realiza por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya, al menos, quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano al equipo de extensión, y los cambios de dirección y de sentido se realizarán sobre material ya compactado y con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

En todo momento, y especialmente en tiempo seco y caluroso, o con fuerte viento, deberá mantenerse húmeda la superficie mediante un riego con agua finamente pulverizada.

En una sección transversal cualquiera, la compactación de una franja deberá quedar terminada antes de que haya transcurrido el periodo de trabajabilidad de la adyacente ejecutada previamente.

Una vez terminada la compactación de la capa, no se permitirá su recrecimiento. Sin embargo, y siempre dentro del periodo de trabajabilidad del material tratado con cemento, la Dirección de las Obras podrá autorizar un reperfilado de las zonas que rebasen la superficie teórica, recompactando posteriormente la zona corregida.

Las zonas que, por su reducida extensión, pendiente o proximidad a obras de paso o de desagüe, muros o estructuras, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando, se compactarán con medios adecuados, de forma que las densidades que se alcancen no resulten inferiores, en ningún caso, a las exigidas en el resto de la tongada.

A8.5.8. Ejecución de juntas de trabajo

Se dispondrán juntas de trabajo transversales cuando el proceso constructivo se interrumpa más tiempo que el periodo de trabajabilidad y siempre al final de cada jornada.

Si se trabaja por fracciones de la anchura total se dispondrán juntas de trabajo longitudinales siempre que no sea posible compactar el material de una franja dentro del periodo máximo de trabajabilidad del material de la franja adyacente puesto en obra con anterioridad, lo cual debe ser evitado en la medida de lo posible.

Las juntas de trabajo se realizarán de forma que su borde quede perfectamente vertical, aplicando a dicho borde el tratamiento que ordene la Dirección de las Obras.

A8.5.9. Curado y protección superficial

Una vez terminada la capa se procederá a la aplicación de un riego con una emulsión bituminosa, del tipo y en la cantidad que figuren en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o que, en su defecto, señale la Dirección de las Obras, de acuerdo con lo indicado en el artículo 532 del PG-3. La extensión se efectuará de manera uniforme en toda la superficie expuesta de la capa, incluyendo los laterales, evitando duplicarla en las juntas transversales de trabajo.

Esta operación se efectuará inmediatamente después de acabada la compactación, y en ningún caso después de transcurrir tres horas (3 h) desde la terminación, manteniéndose hasta entonces la superficie en estado húmedo.

Se prohibirá la circulación de todo tipo de vehículos sobre las capas recién ejecutadas, al menos durante los tres días (3 d) siguientes a su terminación, y durante siete días (7 d) a los vehículos pesados.

En el caso de que se vaya a circular por encima de la capa de suelocemento o de gravacemento antes de la ejecución de la capa superior, deberá protegerse el riego de curado extendiendo un árido de cobertura, que cumplirá lo especificado en el artículo 532 del PG-3. Tras su extensión se procederá al apisonado con un compactador de neumáticos y, previamente a la apertura al tráfico, se barrerá para eliminar el árido sobrante.

La Dirección de las Obras fijará, dependiendo de los tipos, ritmos y programas de trabajo, el periodo para la extensión de la capa superior, que deberá ser el máximo posible. En ningún caso será inferior a siete días (≥ 7 d).

A8.6. TRAMO DE PRUEBA

Antes de iniciarse la puesta en obra de los materiales tratados con cemento será preceptiva la realización de un tramo de prueba. Se comprobará la fórmula de trabajo y el funcionamiento de los equipos necesarios, especialmente la forma de actuación del equipo de compactación y el de prefisuración, y se verificará, mediante toma de muestras, la conformidad del material tratado con las condiciones especificadas sobre humedad, espesor de capa, contenido de cemento y demás requisitos exigidos.

Durante la ejecución del tramo de prueba se analizará la correspondencia, en su caso, entre los métodos de control de la humedad y densidad in situ, establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas, y otros métodos rápidos de control. En el caso de emplearse sondas nucleares (UNE 103900), y en el caso de que la capa inferior esté estabilizada, la medición de la densidad por este método, deberá realizarse hincando el vástago de la sonda en todo el espesor de la capa a medir, para asegurar la medida correcta de la densidad, pero sin profundizar más para no dañar dicha capa inferior.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, fijará la longitud del tramo de prueba, que no será inferior a cien metros (≥ 100 m). La Dirección de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la unidad de obra definitiva.

A la vista de los resultados obtenidos, la Dirección de las Obras definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo; en el primer caso se podrá iniciar la fabricación del material tratado con cemento. En el segundo, deberá proponer el Contratista las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en la central de fabricación y en los sistemas de extensión y compactación, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista; en el primer caso, aprobará su forma específica de actuación. En el segundo, el Contratista deberá proponer nuevos equipos o incorporar otros adicionales a los existentes.

A8.7. ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

A8.7.1. Densidad

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la densidad de la capa tras el proceso de compactación, la cual no deberá ser inferior al noventa y ocho por ciento (≥ 98%) de la densidad máxima Proctor modificado (norma UNE-EN 13286-2), definida en la fórmula de trabajo.

A8.7.2. Resistencia mecánica

La resistencia a compresión simple a siete días (7 d) (norma UNE-EN 13286-41), deberá superar el límite establecido en el apartado 3.

A8.7.3. Terminación, rasante, anchura y espesor

La superficie de la capa terminada deberá presentar una textura uniforme, exenta de segregaciones y ondulaciones, y con las pendientes adecuadas. La rasante no deberá superar a la teórica en ningún punto, ni quedar por debajo de ella en más de quince milímetros (15 mm).

En perfiles transversales cada veinte metros (20 m), se comprobará la anchura de la capa extendida, que en ningún caso deberá ser inferior, ni superar en más de diez centímetros (10 cm) a la definida en los Planos.

El espesor de la capa no deberá ser inferior en ningún punto al previsto para ella, y en caso contrario se procederá según el epígrafe 10.3.

A8.7.4. Regularidad superficial

El Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330), de la capa terminada deberá cumplir lo fijado en la tabla A8.8, en función de su posición relativa bajo las capas de mezclas bituminosas y de la categoría de tráfico pesado.

Tabla A8.8 - Índice de regularidad internacional (IRI) (dm/hm)

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO Y POSICIÓN RELATIVA DE LA CAPA		
	T00 a T2		T3, T4 y arcenes
	1ª Capa bajo mezclas bituminosas	2ª Capa bajo mezclas bituminosas	
50	< 3,0	< 3,5	< 3,5
80	< 3,5	< 4,0	< 4,0
100	< 4,0	< 4,5	< 4,5

A8.8. LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

Salvo autorización expresa de la Dirección de las Obras, no se permitirá la ejecución de materiales tratados con cemento:

- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea superior a los treinta y cinco grados Celsius (> 35 °C).
- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (< 5° C) y exista previsión de heladas. La Dirección de las Obras podrá bajar este límite a la vista de los resultados de capacidad de soporte y densidad obtenidos.
- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas.

A8.9. CONTROL DE CALIDAD

A8.9.1. Control de procedencia de los materiales

En el caso de productos que deban tener el marcado CE, según el Reglamento 305/2011, para el control de procedencia de los materiales, se llevará a cabo la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplen las especificaciones establecidas en este Pliego. Independientemente de la aceptación de la veracidad de las propiedades referidas en el marcado CE, si se detectara alguna anomalía durante el transporte, almacenamiento o manipulación de los productos, la Dirección de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones y ensayos sobre los materiales suministrados a la obra.

En el caso de productos que no tengan la obligación de disponer de marcado CE por no estar incluidos en normas armonizadas, o corresponder con alguna de las excepciones establecidas en el artículo 5 del Reglamento 305/2011, se deberá llevar a cabo obligatoriamente los ensayos de identificación y caracterización para el control de procedencia que se indican en los epígrafes siguientes.

A8.9.1.1. Cemento

Se seguirán las prescripciones del artículo 202 del PG-3.

A8.9.1.2. Material granular para suelocemento

De cada procedencia del material granular para la fabricación de suelocemento y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras (norma UNE-EN 932-1), y de cada una de ellas se determinará:

- La granulometría (norma UNE-EN 933-1).
- El límite líquido y el índice de plasticidad (normas UNE 103103 y UNE 103104).
- El contenido de materia orgánica (norma UNE 103204).
- El contenido ponderal en azufre total (S) y sulfatos solubles en ácido (SO_3) (norma UNE-EN 1744-1).
- Descripción petrográfica (norma UNE-EN 932-3) para detectar la presencia de pirrotina y la reactividad potencial con los álcalis del cemento, en el caso de no contar con experiencia previa en el uso del material de esa procedencia.

Estos ensayos se repetirán durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, no pudiéndose utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación de la Dirección de las Obras.

A8.9.1.3. Áridos para gravacemento

Los áridos, incluidos los procedentes del reciclado, en su caso, deberán disponer del marcado CE, según el Anejo ZA de la norma UNE-EN 13242, con un sistema de evaluación de la conformidad 2+, salvo en el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra (artículo 5.b del Reglamento 305/2011).

En el primer caso, el control de procedencia se podrá llevar a cabo mediante la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones establecidas en este Pliego.

En el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra, de cada procedencia y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán muestras (norma UNE-EN 932-1) y para cada una de ellas se determinará:

- La granulometría de cada fracción (norma UNE-EN 933-1).
- El coeficiente de Los Ángeles (LA) del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2).
- Índice de lajas (FI) del árido grueso (norma UNE-EN 933-3).
- Proporción de caras de fractura del árido grueso (norma UNE-EN 933-5).
- El contenido ponderal en azufre total (S) y sulfatos solubles en ácido (SO_3) (norma UNE-EN 1744-1).
- Descripción petrográfica (norma UNE-EN 932-3) para detectar la presencia de pirrotina y la reactividad potencial con los álcalis del cemento, en el caso de no contar con experiencia previa en el uso del material de esa procedencia.
- El límite líquido y el índice de plasticidad (normas UNE 103103 y UNE 103104).

- El equivalente de arena (SE_4) del árido fino (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8), y, en su caso, de azul de metileno (MB_F) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).

Estos ensayos se repetirán durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, no pudiéndose utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación de la Dirección de las Obras.

A8.9.2. Control de ejecución

A8.9.2.1. Fabricación

Se examinará la descarga al acopio o la alimentación de la central de fabricación, desechando los materiales granulares que, a simple vista, presenten materias extrañas o tamaños superiores al máximo aprobado en la fórmula de trabajo. Se acopiarán aparte los que presenten alguna anomalía de aspecto, tales como distinta coloración, segregación, plasticidad, etc., hasta la decisión de su aceptación o rechazo.

Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores, así como el correcto vertido del material desde los acopios para evitar su segregación.

Para los áridos que tengan marcado CE, la comprobación de las siguientes propiedades podrá llevarse a cabo mediante la verificación de los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE. No obstante, la Dirección de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones o ensayos que considere oportunos sobre los materiales suministrados.

En los materiales que no tengan marcado CE, con el material granular del suelocemento o con cada fracción granulométrica del árido de la gravacemento que se produzca o reciba, se realizarán obligatoriamente los siguientes ensayos:

- Por cada mil metros cúbicos (1.000 m^3) de materiales granulares o cada día si se emplea menos material, sobre un mínimo de dos (2) muestras, una por la mañana y otra por la tarde:
  - Humedad natural (norma UNE-EN 1097-5).
  - Con el material granular del suelocemento, límite líquido e índice de plasticidad (normas UNE 103103 y UNE 103104).
  - Para el árido fino de la gravacemento, equivalente de arena (SE_4) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8), y, en su caso, azul de metileno (MB_F) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).
  - Para cada fracción del árido de la gravacemento, granulometría por tamizado, (norma UNE-EN 933-1).
- Por cada cinco mil metros cúbicos (5.000 m^3) de áridos de la gravacemento o una (1) vez a la semana si se emplea menos material:
  - Límite líquido e índice de plasticidad del árido fino (normas UNE 103103 y UNE 103104).
- Por cada cinco mil metros cúbicos (5.000 m^3) de material granular para suelocemento o una (1) vez a la semana si se emplea menos material:

- Contenido de materia orgánica (norma UNE 103204) del material granular para suelocemento.

❖ Al menos una (1) vez al mes o siempre que se cambie de procedencia:

- Presencia de sustancias orgánicas (norma UNE-EN 1744-1) en el árido para gravacemento.
- Contenido ponderal en azufre total (S) y sulfatos solubles en ácido (SO_3) del material granular (norma UNE-EN 1744-1).
- El índice de lajas (FI) del árido grueso (norma UNE-EN 933-3).
- Proporción de caras de fractura del árido grueso (norma UNE-EN 933-5).
- Coeficiente de Los Ángeles (LA) del árido grueso de la gravacemento (norma UNE-EN 1097-2).

Además, un mínimo de dos (2) veces al día (mañana y tarde) (norma UNE-EN 932-1) se tomará, al menos, una (1) muestra representativa de la mezcla de componentes en seco, y se determinará su granulometría (norma UNE-EN 933-1).

En las instalaciones de fabricación con mezclador de funcionamiento continuo se calibrará diariamente el flujo de la cinta suministradora de materiales en seco, deteniéndola cargada, recogiendo y pesando el material existente en una longitud elegida. Al menos una (1) vez cada quince días (15 d) se verificará, en su caso, la precisión de las básculas de dosificación, mediante un conjunto adecuado de pesas patrón.

A la salida del mezclador se controlará el aspecto del material tratado en cada elemento de transporte, rechazándose aquellos que presenten segregaciones o cuya envuelta no sea homogénea.

Al menos una (1) vez por lote se determinará la humedad del material tratado (norma UNE 103300) y en todo caso se llevará a cabo este control dos (2) veces al día, una por la mañana y otra por la tarde. Además, se llevará un control del consumo medio de cemento.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, fijará el número de amasadas diferentes sobre las que se deberá controlar la resistencia a compresión, así como el número de probetas por amasada que haya que fabricar.

En carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T1, se controlarán por cada lote, como mínimo tres (3) amasadas diferentes, valor que se podrá reducir a dos (2) en los restantes casos. El número de probetas confeccionadas de cada amasada no será inferior a tres (≥ 3).

A estos efectos, en el caso de centrales discontinuas se considerará como amasada cada una de las descargas de la mezcladora, mientras que en centrales continuas será el producto resultante de tres (3) descargas seguidas de la mezcladora.

Se tomarán muestras a la descarga de la mezcladora y se fabricarán y conservarán las probetas (UNE-EN 13286-51), si bien teniendo en cuenta que deberán compactarse hasta alcanzar una densidad seca no superior a la mínima exigida en el epígrafe 7.1. Dichas probetas se ensayarán a resistencia a compresión simple a la edad de siete días (7 d) (norma UNE-EN 13286-41).

A8.9.2.2. Puesta en obra

Vertido y extensión

Antes de verter el material tratado con cemento, se comprobará su homogeneidad, rechazándose todo el material seco o segregado.

Se comprobará continuamente el espesor extendido mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por la Dirección de las Obras, teniendo en cuenta la disminución que sufrirá al compactarse el material.

Se verificará la forma de actuación de los equipos de prefisuración y la adecuada formación de las juntas en fresco que sean necesarias, según lo establecido en el epígrafe 5.6.

Compactación

Se comprobará la composición y forma de actuación del equipo de compactación, verificando:

- Que el número y el tipo de compactadores son los aprobados.
- El funcionamiento de los dispositivos de humectación y de limpieza.
- El lastre y la masa total de los compactadores y, en su caso, la presión de inflado de las ruedas de los compactadores de neumáticos.
- La frecuencia y la amplitud de los compactadores vibratorios.
- El número de pasadas de cada compactador.

Se efectuarán mediciones de la densidad y de la humedad en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de siete (7) medidas por cada lote definido en el apartado 9.3. Para la realización de estos ensayos se podrán utilizar métodos rápidos no destructivos, siempre que, mediante ensayos previos, se haya determinado una correspondencia razonable entre estos métodos y los definidos en la norma UNE 103503. La medición de la densidad por el método nuclear se llevará a cabo según la norma UNE 103900, y en el caso de que la capa inferior esté estabilizada, se deberá hincar el vástago de la sonda en todo el espesor de la capa a medir, para asegurar la medida correcta de la densidad, pero sin profundizar más para no dañar dicha capa inferior. Sin perjuicio de lo anterior, será preceptivo que la calibración y contraste de estos equipos con los ensayos de las normas UNE 103300 y UNE 103503 se realice periódicamente durante la ejecución de las obras, en plazos no inferiores a catorce días (≥ 14 d), ni superiores a veintiocho (≤ 28 d).

Curado y protección superficial

Se controlará que la superficie de la capa permanezca constantemente húmeda hasta la extensión del producto de curado, pero sin que se produzcan encharcamientos.

Se controlará diariamente la dotación de emulsión bituminosa empleada en el riego de curado, y, en su caso, del árido de cobertura, de acuerdo con lo especificado en el artículo 532 del PG-3.

A8.9.3. Control de recepción de la unidad terminada

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m^2) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

El espesor y densidad de la capa se comprobará mediante la extracción de testigos cilíndricos en emplazamientos aleatorios, en número no inferior al establecido por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por la Dirección de las Obras. El número mínimo de testigos por lote será de seis (6). Los orificios producidos se rellenarán con material de la misma o mejor calidad que el utilizado en el resto de la capa, el cual será correctamente enrasado y compactado.

La regularidad superficial de la capa ejecutada se comprobará en tramos de mil metros de longitud (1000 m), mediante el Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330), que deberá cumplir lo especificado en el epígrafe 7.4.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto. Se comprobará que la superficie extendida y compactada presenta un aspecto uniforme, así como una ausencia de segregaciones, en perfiles transversales cada veinte metros (20 m). Se verificará también la anchura de la capa para el cumplimiento de lo establecido en el epígrafe 7.3.

A8.10. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo de la unidad terminada se aplicarán sobre los lotes definidos en el epígrafe 9.3, según lo indicado a continuación.

A8.10.1. Densidad

Por cada lote, la densidad media obtenida no deberá ser inferior a la especificada en el epígrafe 7.1. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si fuera inferior en no más de tres (≤3) puntos porcentuales a la densidad especificada, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) a la capa correspondiente al lote controlado.
- Si fuera inferior en tres (3) o más puntos porcentuales a la densidad especificada en el epígrafe 7.1, se demolerá la capa correspondiente al lote controlado y se repondrá, con un material aceptado por la Dirección de las Obras, por cuenta del Contratista. El producto resultante de la demolición será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente, o empleado como indique la Dirección de las Obras, a cargo del Contratista.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un (≤ 1) individuo de la muestra presente resultados inferiores en más de dos (≤ 2) puntos porcentuales a la densidad especificada. En los puntos que no cumplan lo anterior se realizarán ensayos de resistencia mecánica sobre testigos aplicándose los criterios establecidos en el epígrafe 10.2.

A8.10.2. Resistencia mecánica

La resistencia media de un lote a una determinada edad, se determinará como media de las resistencias de las probetas fabricadas de acuerdo con lo indicado en el epígrafe 9.2.1. Si la resistencia media de las probetas del lote a los siete días (7 d) fuera superior a la mínima se aceptará el lote.

En caso contrario se procederá de la siguiente manera:

- Si la resistencia media es inferior a la mínima exigida, pero no a su noventa por ciento (90%), el Contratista podrá elegir entre aceptar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o solicitar la realización de ensayos de información.
- Si la resistencia media es inferior al noventa por ciento (90%) de la mínima exigida, el Contratista podrá elegir entre demoler el lote o esperar a los resultados de los ensayos de resistencia sobre testigos.

Los ensayos de información para la evaluación de la resistencia mecánica del lote no conforme se realizarán, en su caso, comparando los resultados de ensayos a compresión simple de testigos extraídos de ese lote con los de extraídos de un lote aceptado. Éste deberá estar lo más próximo posible y con unas condiciones de puesta en obra similares a las del lote no conforme.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, fijará el número de testigos a extraer en cada uno de los lotes (aceptado y no conforme), que en ningún caso deberá ser inferior a cuatro (≥ 4). La edad de rotura de los testigos, que será la misma para ambos lotes, será fijada por la Dirección de las Obras.

El valor medio de los resultados de los testigos del lote no conforme se comparará con el de los extraídos en el lote aceptado, y si es igual o superior, se aceptará el lote. Si fuera inferior se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior o igual al noventa por ciento (≥ 90%), se aplicará al lote las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- Si es inferior al noventa por ciento (< 90%) pero no al ochenta por ciento (≥ 80%), la Dirección de las Obras podrá aplicar las sanciones previstas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o bien ordenar la demolición del lote y su reconstrucción, por cuenta del Contratista.
- Si es inferior al ochenta por ciento (< 80%), se demolerá el lote y se reconstruirá, por cuenta del Contratista. El producto resultante de la demolición será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente, o empleado como indique la Dirección de las Obras, a cargo del Contratista.

Adicionalmente, no se admitirá que ningún resultado individual sea inferior a dicho valor en más de un veinte por ciento (≤ 20%). De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos partes

iguales y se tomarán muestras de cada una de ellas, aplicándose los criterios descritos en este epígrafe.

A8.10.3. Espesor

El espesor medio obtenido no deberá ser inferior al especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los Planos de proyecto. Si fuera inferior se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior o igual al noventa por ciento (≥ 90%) del especificado, se aceptará la capa siempre que se compense la merma de espesor con el espesor adicional correspondiente en la capa superior por cuenta del Contratista, que se construirá conjuntamente en una única capa. No se permitirá en ningún caso el recrecimiento en capa delgada con ningún tipo de material.
- Si es inferior al noventa por ciento (< 90%) del especificado, se demolerá la capa correspondiente al lote controlado y se repondrá con un material aceptado por la Dirección de las Obras, por cuenta del Contratista. El producto resultante de la demolición será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente, o empleado como indique la Dirección de las Obras, a cargo del Contratista.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un (≤ 1) individuo de la muestra presente resultados inferiores en más de un diez por ciento (≤ 10%) al especificado. De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos partes iguales y se extraerán testigos de cada una de ellas, aplicándose los criterios descritos en este epígrafe.

A8.10.4. Rasante

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas en el epígrafe 7.3, ni existirán zonas que retengan agua.

- Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existan problemas de encharcamiento, la Dirección de las Obras podrá aceptar la superficie siempre que la capa superior a ella compense la merma con el espesor adicional necesario sin incremento de coste para la Administración.
- Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, ésta se corregirá mediante fresado por cuenta del Contratista, siempre que no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los Planos del Proyecto. El producto resultante de la demolición será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente, o empleado como indique la Dirección de las Obras, a cargo del Contratista.

A8.10.5. Regularidad superficial

Los resultados de la medida de la regularidad superficial de la capa acabada no excederán de los límites establecidos en el epígrafe 7.4. Si se sobrepasaran dichos límites, se procederá de la siguiente manera:

- Si es en menos de un diez por ciento (< 10%) de la longitud del tramo controlado, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).
- Si es igual o más del diez por ciento (≥ 10%) de la longitud del tramo controlado, se corregirán los defectos mediante fresado por cuenta del Contratista, teniendo en cuenta todo lo especificado en el epígrafe 10.3. El producto resultante de la demolición será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente, o empleado como indique la Dirección de las Obras, a cargo del Contratista.

A8.11. MEDICIÓN Y ABONO

La preparación de la superficie existente se considerará incluida en la unidad de obra correspondiente a la construcción de la capa subyacente y, por tanto, no habrá lugar a su abono por separado. Únicamente cuando dicha capa no esté incluida en el mismo Contrato, se podrá abonar la comprobación y, en su caso, preparación de la superficie existente, por metros cuadrados (m^2), realmente ejecutados.

La ejecución de los materiales tratados con cemento, incluida la ejecución de juntas en fresco, se abonará por metros cúbicos (m^3) realmente fabricados y puestos en obra, medidos en los Planos de de secciones tipo. El abono de los materiales y todas las operaciones necesarias para su fabricación, puesta en obra y compactación se considerará incluido en el de la ejecución.

El cemento se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra, medidas por pesada directa en báscula debidamente contrastada.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá fijar un único abono de la gravacemento o del suelocemento, en el que se incluyan todas las operaciones y todos los componentes, incluso el cemento.

La aplicación del ligante bituminoso para el riego de curado se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra, de acuerdo con medidas realizadas antes y después del riego. El árido de cobertura superficial, incluida su extensión y apisonado, se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra.

ANEJO 9 – MEZCLAS BITUMINOSAS TEMPLADAS CON EMULSIÓN TIPO HORMIGÓN BITUMINOSO

A9.1. DEFINICIÓN

Se define como mezcla bituminosa templada con emulsión tipo hormigón bituminoso la combinación de áridos (incluido el polvo mineral) de granulometría continua con una emulsión bituminosa y eventualmente aditivos, de manera que todas las partículas de los áridos queden recubiertas por una película homogénea de ligante; su proceso de fabricación requiere calentar previamente los componentes, si bien, se limita la temperatura máxima a la salida del mezclador a 110 °C. La mezcla se debe poder extender y compactar, manteniendo sus características, a una temperatura comprendida entre 75 °C y 90 °C.

Dichas mezclas podrán ser diseñadas para reutilizar, mediante esta técnica, el material bituminoso recuperado de fresados de mezclas asfálticas (RA) en una proporción que depende de la categoría de tráfico, pero que en ningún caso podrá ser superior al 80 % de la masa total de la mezcla.

Su ejecución incluye las operaciones siguientes:

- Estudio previo de los materiales.
- Verificación de las instalaciones de producción.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Preparación de la superficie que recibirá la mezcla.
- Fabricación de la mezcla de acuerdo con la fórmula de trabajo.
- Transporte de la mezcla al lugar de empleo.
- Extensión y compactación de la mezcla.
- Control de calidad en ejecución, recepción y unidad terminada.

NOTA 1

Las mezclas templadas se pueden utilizar en capas de rodadura para tráficos de proyecto T3 y T4 y en capas inferiores para tráficos de proyecto T2B e inferiores. Se podrán utilizar también en rodaduras para tráficos de proyecto T2B si se cuenta con acreditada experiencia en su utilización con este tráfico.

A9.2. MATERIALES

A9.2.1. Consideraciones generales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Reglamento 305/2011, de 9 de marzo de 2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción.

Para los productos con marcado CE, el fabricante asumirá la responsabilidad sobre la conformidad de los mismos con las prestaciones declaradas, de acuerdo con el artículo 11 del

mencionado Reglamento. Los productos que tengan el marcado CE deberán ir acompañados, además de dicho marcado, de la Declaración de Prestaciones, y de las instrucciones e información de seguridad del producto. Por su parte, el Contratista deberá verificar que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permitan deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el Proyecto o, en su defecto, en este Pliego, debiendo adoptar, en el caso de que existan indicios de incumplimiento de las especificaciones declaradas, todas aquellas medidas que considere oportunas para garantizar la idoneidad del producto suministrado a la obra.

Independientemente de lo anterior, se estará a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, de producción, almacenamiento, gestión y transporte de productos de la construcción, de residuos de construcción y demolición, y de suelos contaminados.

A9.2.2. Emulsiones bituminosas

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de emulsión bituminosa catiónica a emplear que, salvo justificación en contrario, será del tipo C65B3 MBC ó C65B4 MBC cuando la mezcla bituminosa templada tipo hormigón bituminoso se fabrique con áridos naturales o artificiales y material RA en proporción inferior al 15 % de la masa total de la mezcla, mientras que si esta proporción está comprendida entre el 15 y 80 % de la mezcla, se empleará una emulsión catiónica tipo C60B5 REC, debiendo cumplir las especificaciones recogidas en la UNE-EN 13808. Las características de estas emulsiones recogidas en el anexo nacional UNE-EN 13808/1M, se reflejan en la tabla A9.1.

Tabla A9.1 – Especificaciones de las emulsiones bituminosas

CARACTERÍSTICA		NORMA UNE-EN	C65B3 MBC C65B4 MBC[1]	C60B5 REC[2]	C60B10 REC[2]
CLASES PRESTACIONALES SELECCIONADAS PARA LA EMULSIÓN ORIGINAL					
Indice de ruptura (filler Forshammer)	C65B3 MBC C65B4 MBC	13075-1	70–55 (Clase 3)	> 170 (Clase 5)	
Estabilidad por mezcla con cemento	C60B10 REC	12848	110–195 (Clase 4)		≤2 (Clase 10)
Tiempo de fluencia 4 mm a 40 °C Tiempo de fluencia 2 mm a 40 °C		12846-1	5-70 (Clase 5)	15–70 (Clase 3)	15–70 (Clase 3)
Adhesividad con el árido de referencia		13614	≥ 90 % (Clase 3)	≥90 % (Clase 3)	≥90 % (Clase 3)
Contenido de ligante (por contenido en agua)		1428	65–67 (Clase 7)	58–62 (Clase 6)	58–62 (Clase 6)
o ligante residual después de la destilación		1431	≥ 63 (Clase 7)	≥ 58 (Clase 6)	≥ 58 (Clase 6)
Residuo de tamizado (tamiz 0,5 mm)		1429	< 0,1 (Clase 2)	< 0,1 (Clase 2)	< 0,1 (Clase 2)

CARACTERÍSTICA	NORMA UNE-EN	C65B3 MBC C65B4 MBC[1]	C60B5 REC[2]	C60B10 REC[2]
Tendencia a la sedimentación a los 7 días	12847	≤ 5 (Clase 2)	≤ 10 (Clase 3)	≤ 10 (Clase 3)
CLASES PRESTACIONALES SELECCIONADAS PARA EL LIGANTE RESIDUAL POR DESTILACIÓN (UNE-EN 1431), LIGANTE RECUPERADO (UNE-EN 13074-1) Y LIGANTE ESTABILIZADO (UNE-EN 13074-1 SEGUIDO POR UNE-EN 1307-2)				
Penetración a 25 °C, 100g, 5 s	1426	≤ 100 (Clase 3)	≤ 270 (Clase 6)	≤ 270 (Clase 6)
			≤ 330 (Clase 7)	≤ 330 (Clase 7)
Punto de reblandecimiento	1427	≥ 43 (Clase 6)	≥ 35 (Clase 8)	≥ 35 (Clase 8)

[1]Se empleará la emulsión bituminosa tipo C65B3 MBC, de rotura más rápida, para las mezclas bituminosas templadas fabricadas con áridos naturales o artificiales y RA en proporción inferior al 15 % de la masa total de mezcla, cuando los áridos estén especialmente húmedos, con áridos con menos finos y con temperaturas de fabricación más altas y la del tipo C65B4 MBC en los demás casos. Cuando concurran especiales condiciones de tráfico pesado, clima o trazado, dichas emulsiones podrán ser sustituidas por sus análogas modificadas, previa autorización de la Dirección de las Obras. Independientemente a las emulsiones especificadas en esta tabla, la Dirección de las Obras podrá autorizar el empleo de otro tipo de emulsión, siempre que se considere más adecuada en función del tipo de mezcla y de la aplicación.

[2]Se empleará la emulsión bituminosa tipo C60B5 REC cuando el RA esté en una proporción comprendida entre el 15 y 80 % de la masa total de la mezcla. En el caso que la Dirección de las Obras estime oportuno aumentar la proporción de RA por encima del 80 %, se podrán emplear las emulsiones bituminosas tipo C60B5 REC o C60B10 REC.

A9.2.3. Áridos

A9.2.3.1. Condiciones generales

Los áridos a emplear en las mezclas templadas podrán ser naturales o artificiales (siderúrgicos), siempre que cumplan las especificaciones recogidas en este artículo. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, podrá exigir propiedades o especificaciones adicionales cuando se vayan a emplear áridos cuya naturaleza o procedencia así lo requiriese.

También se podrá emplear como árido el material bituminoso recuperado del fresado de mezclas bituminosas (RA), adoptando como legislación de referencia lo dispuesto en el Real Decreto 105/2008 de gestión de RCD y la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados, transposición de la Directiva marco de residuos. En este caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, establecerá la proporción de material RA a emplear, en función del tipo y la posición de la capa, de acuerdo con las proporciones y criterios siguientes:

- En capas de rodadura en categoría de tráfico de proyecto T2B[8], T3 y T4, podrá emplearse en proporción igual o inferior al 15 % de la masa total de la mezcla si bien, cuando

[8] Ver Nota 1 en el Apartado 1 “Introducción”

concurran especiales condiciones de tráfico pesado, clima o trazado, la Dirección de las Obras podrá determinar que no se utilice en ninguna proporción. Se podrán emplear en la misma proporción para tráficos T2B si se cuenta con acreditada experiencia en la utilización de mezclas templadas para este tipo de tráfico.

- En capas de base e intermedias podrá emplearse en proporción no superior al 30% de la masa total de la mezcla para la categoría de tráfico de proyecto T2B y no superior al 80 % para las categorías T3 y T4.

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas dosificadoras en frío. Los áridos no serán susceptibles de experimentar ningún tipo de meteorización o de alteración física o química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar los suelos o corrientes de agua. No obstante, podrá exigirse la realización de un estudio petrográfico de los áridos según la norma UNE-EN 932-3, para determinar los componentes minerales, así como el grado de alteración y meteorización de los mismos.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, la Dirección de las Obras, deberá fijar los ensayos para determinar la inalterabilidad del material. Si se considera conveniente, para caracterizar los componentes solubles de los áridos de cualquier tipo, naturales, artificiales o RA, que puedan ser lixiviados y que puedan significar un riesgo potencial para el medio ambiente o para los elementos de construcción situados en sus proximidades, se empleará la norma UNE-EN 1744-3.

El árido RA se obtendrá de la disgregación por fresado o trituración de capas de mezcla bituminosa. Se determinará la granulometría del árido recuperado, según la norma UNE-EN 12697-2, que se empleará en el estudio de la fórmula de trabajo; este material se suministrará en tres fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado, evitando contaminaciones entre ellas, por lo que las tolvas de alimentación deberán estar provistas de dispositivos de salida que puedan ser ajustados con precisión. El tamaño máximo de las partículas vendrá fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, debiendo pasar la totalidad por el tamiz 32 mm de la norma UNE-EN 933-2. En cualquier caso, el RA cumplirá las especificaciones de los apartados posteriores, en función de su granulometría obtenida según la norma UNE-EN 12697-2.

A9.2.3.2. Limpieza y caracterización de la inalterabilidad

Los áridos estarán exentos de arcilla, materia vegetal, margas u otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa; en caso contrario, la Dirección de las Obras podrá exigir su limpieza por lavado, aspiración u otros métodos por él aprobados y una nueva comprobación.

Para caracterizar la inalterabilidad de los áridos, se realizará el ensayo de homogeneidad del material pétreo constituyente, con el fin de cuantificar la proporción de partículas meteorizadas o blandas, procedentes de la introducción de material susceptible de alteración o de la contaminación durante su manipulación o acopio. Dicho ensayo se realizará conforme a la

norma UNE 146147 y una vez separados manualmente los fragmentos meteorizados o blandos y pesados, se obtendrá el coeficiente de homogeneidad, que deberá ser inferior al 5 % para que la muestra se considere homogénea. Si el coeficiente de homogeneidad es igual o superior al 5 %, se realizará sobre la muestra alterada además el ensayo de determinación del coeficiente de desgaste Los Ángeles, según la norma UNE-EN 1097-2, considerándose que el material no es homogéneo y, por tanto, inaceptable, cuando este coeficiente sea superior al límite correspondiente al tipo de capa a que se destine la mezcla bituminosa.

A9.2.3.3. Requisitos a exigir a los áridos

Se define como árido grueso a la parte del árido total retenida en el tamiz 2 mm de la norma UNE-EN 933-2. Se define como árido fino a la parte del árido total cernida por el tamiz 2 mm y retenida por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2. Los áridos procederán de la trituración de piedra de cantera, y deberán estar exentos de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas.

Los áridos gruesos y finos cumplirán los requisitos fijados en la tabla A9.2.

Tabla A9.2 – Requisitos para los áridos de las mezclas bituminosas templadas

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	TIPO DE CAPA		
		Rodadura		Intermedia y base
		T2B	T3 Y T4	
REQUISITOS GEOMÉTRICOS				
Granulometría	933-1	G_A90		
Contenido en finos del árido grueso (<0,063 mm)	933-1	f_1		f_4
Forma	933-3	FI_{20}		FI_{30}
Equivalente de arena	933-8	SE_4 55 (sobre la fracción 0/4 mm) y SE_{10} 45 (sobre fracción 0/2 mm)		
Calidad de los finos[1] (sobre el 0/0,125 mm)	933-9	MB1 (sobre la fracción 0/2 mm) o MB_A3 (sobre el árido combinado)		
REQUISITOS FÍSICOS				
Proporción de partículas parcial y totalmente trituradas y de partículas totalmente redondeadas	933-5	$C_{100/0}$	$C_{90/1}$	
Resistencia a la fragmentación[2]	1097-2	LA_{15}	LA_{20}	LA_{30}
Resistencia al desgaste	1097-1	$M_{DE}15$	$M_{DE}20$	-
Resistencia al pulimento acelerado	1097- 8	PSV_{50}		-
Densidad de las partículas	1097-6	A declarar		
Absorción de agua [3]	1097-6	$WA_{24}1$		

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	TIPO DE CAPA		
		Rodadura		Intermedia y base
		T2B	T3 Y T4	
REQUISITOS QUÍMICOS				
Composición química	932-3	A declarar (cal libre < 0,5%)		
Estabilidad volumétrica	1744-1	$V_{3,5}$		
REQUISITOS DE DURABILIDAD				
Resistencia a ciclos de hielo-deshielo[4]	1367-1	F_1		
Valor de sulfato de magnesio	1367-2	MS_{18}		

[1]Se aplicará esta prescripción cuando no se cumplan las correspondientes del equivalente de arena, pero sí las de la categoría inferior (SE_{50} y SE_{40} respectivamente).
[2]En capas de rodadura se admite una desviación de hasta 5 puntos en los ensayos de fragmentación y desgaste, siempre que se cumpla que LA + MDE sea inferior a 30 para tráfico T2B y a 40 para tráficos T3 y T4.
[3]No se exigirá a los áridos siderúrgicos.
[4]Únicamente se exigirá cuando la absorción de agua (WA_{24}) sea superior a 0,5 y el árido no sea siderúrgico.

Cuando el material que se triture para obtener el árido fino sea de la misma naturaleza que el árido grueso, deberá cumplir las mismas condiciones que las exigidas a éste sobre su resistencia a la fragmentación y al desgaste.

Se podrá emplear árido fino de otra naturaleza que mejore alguna característica, en especial la adhesividad, pero en cualquier caso procederá de árido grueso con coeficiente de Los Ángeles inferior a 30 (Categoría LA_{30}). En las capas de rodadura el porcentaje de árido fino de procedencia distinta al árido grueso no será superior al 15 %, del total de la fracción, referida ésta al 0/2 mm, con el fin de evitar la existencia de partículas de tamaño superior a 2 mm que no cumplan las características exigidas en la tabla A9.2.

A9.2.3.4. Polvo mineral

Se define como polvo mineral a la parte del árido total cernida por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2.

El polvo mineral podrá ser de aportación, tipo carbonato cálcico, o de recuperación, procedente de los áridos calizos empleados en la fabricación de las mezclas bituminosas, separándose de estos por medio de los ciclones de la central de fabricación. Asimismo, podrá emplearse polvo mineral mixto elaborado a partir de una mezcla de polvo mineral de procedencia caliza, con cemento tipo II/A o hidróxido de calcio tipo CL 90-S. Sin embargo, el polvo mineral recuperado de áridos ofíticos o siderúrgicos deberá ser eliminado en el proceso de fabricación.

La proporción de polvo mineral de aportación a emplear en la mezcla deberá cumplir los fijados en la tabla A9.3.

Tabla A9.3 – Proporción de polvo mineral de aportación (% en masa del resto del polvo mineral, excluido el inevitablemente adherido a los áridos)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO DE PROYECTO	
	T2B	T3 y T4
RODADURA	100[1]	≥50
INTERMEDIA	≥50	≥50

[1] Ver Nota 1 en el Apartado 1 "Introducción"

Cuando se emplee un polvo mineral mixto deberá realizarse un estudio específico antes del comienzo de las obras, para determinar las características del mástico resultante, siendo preceptiva para su empleo la aprobación previa por parte de la Dirección de las Obras. Se deberá controlar el polvo mineral que queda inevitablemente adherido a los áridos tras su paso por el secador de la masa de la mezcla. El polvo mineral del árido combinado exigirá, para su caracterización, el cumplimiento de los requisitos de la tabla A9.4.

Tabla A9.4 – Requisitos del polvo mineral para mezclas bituminosas templadas con emulsión

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	ESPECIFICACIÓN		
REQUISITOS GEOMÉTRICOS				
Granulometría del polvo mineral comercial	933-10	Abertura del tamiz (mm)	Cernido acumulado (% en masa)	
			Huso general para resultados individuales	Intervalo máximo del huso granulométrico[1]
		2	100	-
		0,125	85 a 100	10
		0,063	70 a 100	10
Calidad de los finos del polvo mineral comercial (sobre el 0/0,125 mm)	933-9	MB_F7		
REQUISITOS FÍSICOS				
Contenido de agua del polvo mineral comercial	1097-5	< 1% en peso sobre el total		
Densidad de las partículas	1097-7	A declarar		
Densidad aparente de las partículas en queroseno (sobre fracción 0,063 mm)[2]	1097-3	Entre 0,5 y 0,9 Mg/m^3		
Huecos Ridgen	1097-4	A declarar		

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	ESPECIFICACIÓN
Incremento del Anillo y Bola[3]	13179-1	$\Delta_{R\&B}8/25$; $\Delta_{R\&B}25$
REQUISITOS QUÍMICOS		
Solubilidad en agua	1744-4	WS_{10}
Contenido en carbonatos[4]	196-21	CC_{90} para el polvo mineral de aportación CC_{70} para el polvo mineral de recuperación
Contenido de hidróxido cálcico en polvos minerales mixtos con hidróxido de calcio	459-2	Ka10; Ka20; Ka25

[1]El 90% de los resultados de análisis granulométricos, basados en los últimos 20 valores obtenidos, deben quedar incluidos dentro de estos intervalos, y el 100% de los resultados obtenidos deben quedar dentro del huso granulométrico general.
[2]En el caso de polvo natural de recuperación, con el fin de asegurar su homogeneidad, la variación de esta característica debe ser inferior a 0,2 Mg/m^3.
[3]Cuando se emplee polvo mineral de hidróxido de calcio, el incremento del Anillo y Bola será > 25 ºC, es decir, $\Delta_{R\&B}25$
[4]Para polvo mineral calizo

A9.2.4. Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, fijará los aditivos que pueden utilizarse, estableciendo las especificaciones que tendrán que cumplir tanto el aditivo como las mezclas bituminosas resultantes. La dosificación y dispersión homogénea del aditivo deberán ser aprobadas por la Dirección de las Obras.

A9.2.5. Material bituminoso recuperado de fresados (RA)

Se considerará como RA el material procedente de la disgregación por fresado o trituración de capas de mezcla bituminosa que cumpla con el Anejo A11 de esta Norma. También podrá incluirse dentro de este material, los excedentes de fabricación de cualquier tipo de mezcla bituminosa, que sin presentar problemas de calidad en cuanto a sus componentes y envuelta, no haya llegado a ser colocada en obra, como por ejemplo, el material sobrante, el material rechazado en la extensión por baja temperatura, etc., siempre que cumpla los requisitos del citado Anejo A11.

El material bituminoso recuperado podrá proceder directamente del fresado de una o varias obras de la Diputación Foral o ser aportado por el propio contratista de otros orígenes. En cualquier caso se deberán señalar y marcar los acopios de material bituminoso recuperado que se vayan a utilizar para su debida caracterización.

Los materiales bituminosos recuperados pueden proceder de firmes y pavimentos de distintas características, pero cuando contengan una proporción superior al 20% de microaglomerados en frío, mezclas bituminosas drenantes, o discontinuas tipo BBTM B, deberá acopiarse de forma independiente y ser objeto de un estudio diferenciado de su aprovechamiento.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

En principio, todos los materiales procedentes de mezclas bituminosas en caliente pueden ser susceptibles de ser reciclados, con las excepciones aquellos materiales bituminosos que presenten en su composición sustancias procedentes de la destilación de productos carbonosos, asbesto-amianto, u otros que estén clasificados como peligrosos, o que no cumpla la legislación ambiental y de seguridad y salud vigente.

Sobre aquellos que contengan en su composición original adiciones modificadoras de la reología del ligante bituminoso o del comportamiento resistente de la mezcla bituminosa (fibras, productos elastoméricos, etc.), la Dirección de las Obras podrá exigir la realización de un estudio especial con el fin de valorar la emisión de agentes contaminantes a la atmósfera durante el proceso de fabricación de la nueva mezcla reciclada.

Solamente cuando el ligante recuperado del material bituminoso retirado tenga un punto de reblandecimiento medio inferior a 70 °C, con valores puntuales no superiores a 77 °C, se podrá utilizar en la fabricación de las mezclas bituminosa templadas; con valores superiores del punto de reblandecimiento, sobre todo con mezclas que contengan ligantes modificados o ceras, es preciso realizar un estudio especial destinado a analizar su comportamiento a bajas temperaturas. Los resultados de este estudio deben ser comparados con los de las mezclas que tengan todos sus componentes vírgenes.

El material bituminoso recuperado estará compuesto por áridos de buena calidad, bien graduados, cubiertos por betún asfáltico envejecido. Será homogéneo, no contendrá partículas de tamaño superior a 22 mm de la norma UNE-EN 933-2 y estará totalmente caracterizado y referenciado. Se someterá en la central a un tratamiento previo de disgregación, eliminación de contaminantes en su caso, y homogeneización mediante clasificación, de manera que se obtengan finalmente dos fracciones, fina (pasa 8 mm) y gruesa (retenido por el 8 mm). Todo este proceso convertirá el material bituminoso retirado en material bituminoso recuperado.

Para la utilización de cualquier acopio de material bituminoso recuperado, la granulometría de los áridos tras la extracción del ligante, el contenido de éste y su penetración, deberán cumplir las tolerancias indicadas en la tabla A9.5, respecto a los valores especificados en la fórmula de trabajo.

Tabla A9.5 – Tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo

CARACTERÍSTICA		NORMA	UNIDAD	TOLERANCIA
GRANULOMETRÍA CERNIDO TAMICES	>2	UNE-EN 933-2	% sobre masa material seco	±4
	>0,063 y ≤2			±2
	0,063			±1
CONTENIDO DE LIGANTE		UNE-EN 12697-1		±0,3
PENETRACIÓN DEL LIGANTE RECUPERADO		UNE-EN 1426	1/10 mm	±4

A9.3. TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

Las mezclas bituminosas templadas con emulsión se designarán según la nomenclatura establecida en la norma EN 13108-31. Esta designación se complementará con la letra D, S o G según se trate de una mezcla densa, semidensa o gruesa, respectivamente.

La designación de las mezclas bituminosas seguirá, por lo tanto, el esquema siguiente:

ACBE D surf/bin/base Emulsión bituminosa Granulometria Rxx

Donde:

ACBE	Indicación relativa a que la mezcla bituminosa es de tipo hormigón bituminoso, templada y con emulsión bituminosa.
D	Tamaño máximo de árido, expresado como la abertura del tamiz que deja pasar entre un 90% y 100% del total del árido.
surf/bin/base	Abreviaturas relativas al tipo de capa de empleo de la mezcla, rodadura, intermedia o base, respectivamente.
Emulsión bituminosa	Tipo de emulsión bituminosa utilizada.
Granulometría	Designación mediante las letras D, S o G del tipo de granulometría correspondiente a una mezcla densa (D), semidensa (S), o gruesa (G), respectivamente.
Rxx	Designación del porcentaje de material recuperado de mezclas bituminosas, cuándo este sea superior al 15%.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para cada caso, el huso granulométrico dentro del que deberá estar comprendida la curva granulométrica del árido combinado, obtenido mezclando las distintas fracciones de los áridos según las proporciones fijadas en la fórmula de trabajo, que será uno de los indicados en la tabla A9.6. El análisis granulométrico se realizará según la UNE-EN 933-1.

Tabla A9.6 – Husos granulométricos. Cernido ponderal acumulado (% en masa)

TIPO DE MEZCLA ACBE[1]		CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (% en masa) ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)								
		32	22	16	8	4	2	0,5	0,25[2]	0,063[2]
Densa	ACBE 16 D		100	90-100	64-79	44-59	31-46	16-27	11-20	4-9
	ACBE 22 D	100	90-100	73-88	55-70					
Semi-densa	ACBE 16 S		100	90-100	60-75	35-50	24-38	11-21	7-15	3-8
	ACBE 22 S	100	90-100	70-88	50-66					
Gruesa	ACBE 16 G		100	90-100	55-75	30-48	18-32	7-18	4-12	2-6
	ACBE 22 G	100	90-100	65-86	40-60					

[1]A efectos de esta tabla, para designar el tipo de mezcla se incluye sólo la parte de la nomenclatura que se refiere expresamente al huso granulométrico
[2]Cuando la proporción de RA es superior al 50%, pero inferior al 80% de la masa total de la mezcla, se admitirá el aumento del 1,5% en el tamiz 0,250 mm y del 3% en el tamiz 0,063 mm.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, fijará la dosificación mínima del ligante hidrocarbonado residual, procedente de la emulsión bituminosa, en porcentaje del peso total de árido combinado seco, incluido el polvo mineral, que no será inferior a los valores indicados en la tabla A9.7. En caso de que la densidad de los áridos, según norma UNE-EN 1097-6 sea diferente a 2,65 g/cm^3, los contenidos mínimos de la citada tabla deben ser corregidos por el factor $\alpha = 2{,}65/\rho d$, siendo ρd la densidad de las partículas del árido.

Tabla A9.7 – Dotación mínima de ligante hidrocarbonado (betún residual), respecto a la masa total de la mezcla, incluido el polvo mineral

TIPO DE CAPA	DOTACIÓN MÍNIMA, (%)
RODADURA	4,5
INTERMEDIA Y BASE	4,0

Salvo justificación en contrario, la relación ponderal recomendable entre los contenidos de polvo mineral y ligante hidrocarbonado de las mezclas densas, semidensas y gruesas para las categorías de tráfico de proyecto T2B[9] a T4, en función del tipo de capa, se fijará de acuerdo con las indicadas en la tabla A9.8.

Tabla A9.8 – Relación ponderal recomendable de polvo mineral - ligante hidrocarbonado

TIPO DE CAPA	RELACIÓN PONDERAL
RODADURA	1,2
INTERMEDIA Y BASE	1,1

La dosificación óptima del ligante hidrocarbonado residual se fijará siguiendo los criterios siguientes:

El contenido de huecos, determinado según el método de ensayo de la norma UNE-EN 12697-8 indicado en el anexo B de la norma UNE-EN 13108-20, deberá cumplir lo establecido en la tabla A9.9. La determinación del contenido de huecos se realizará sobre probetas de 100 mm de diámetro con mezclas de tamaño máximo de árido igual o inferior a 16 mm y de 150 mm de diámetro con mezclas de tamaño máximo de árido superior o igual a 22 mm, preparadas por compactación giratoria, según la norma UNE-EN 12697-31, ajustando la presión de trabajo al

[9] Ver Nota en el Apartado 1 “Introducción”

intervalo indicado en dicha norma y debiendo estar el número de giros comprendido entre 60 y 140, siendo el necesario para conseguir un porcentaje de huecos que cumpla lo exigido en la citada tabla, e indicando el utilizado en la fórmula de trabajo. Necesariamente, en el tramo de prueba se deberá verificar que se puede conseguir, al menos, el 98 % de la densidad definida con esta energía de compactación.

Tabla A9.9 – Porcentaje de huecos en mezcla en probetas (compactador giratorio) a partir de la densidad de la superficie saturada seca

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO DE PROYECTO	
	T2B	T3 Y T4
RODADURA	4 - 7[1]	3 - 7
INTERMEDIA Y BASE	5 - 9	4 - 9

[1]Ver Nota 1 en el Apartado 1 "Introducción"

- **El resultado del ensayo de sensibilidad al agua,** determinado según el método de ensayo de la norma UNE-EN 12697-12 por el método A (tracción indirecta), debiendo ser la resistencia conservada en el ensayo de tracción indirecta tras inmersión, realizado a 15 °C, igual o superior al 80 % para la capa intermedia (ITSR > 80 %) y al 85 % (ITSR > 85 %) para capas de rodadura. La determinación de la resistencia conservada se realizará sobre probetas de 100 mm de diámetro con mezclas de tamaño máximo de árido igual o inferior a 22 mm y de 150 mm de diámetro con mezclas de tamaño máximo de árido superior o igual a 22 mm, preparadas por compactación giratoria, según la norma UNE-EN 12697-31, ajustando la presión de trabajo al intervalo indicado en dicha norma y siendo el número de giros, que se indicará en la fórmula de trabajo, el necesario para conseguir un porcentaje de huecos superior en un 2 % a lo exigido en la tabla A9.9 o el 67 % de los giros empleados para los ensayos de determinación de la densidad y el contenido de huecos.

- **La resistencia a la deformación permanente**, determinada mediante el ensayo de de pista de laboratorio, según la norma UNE-EN 12697-22, empleando el dispositivo pequeño, el procedimiento B en aire, sobre probetas paralelepipédicas, preparadas y compactadas con el compactador de placas, según la norma UNE-EN 12697-33, con una densidad superior al 98 % de la anteriormente mencionada para el cálculo de huecos, que deberá cumplir los valores de la tabla A9.10.

Tabla A9.10 – Pendiente media de la deformación en pista (WTS aire) en el intervalo de 5000 a 10000 ciclos para capas de rodadura e intermedia

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO DE PROYECTO		
	T2B	T3 Y ARCENES	T4
MEDIA	≤ 0,10[1,2]	≤ 0,15	≤ 0,30

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO DE PROYECTO		
	T2B	T3 Y ARCENES	T4
TEMPLADA		≤ 0,30	

[1]Ver Nota 1 en el Apartado 1 "Introducción"
[2]Podrán aceptarse valores superiores al indicado, siempre y cuando, WTS aire ≤0.15 y PRD aire <6%, simultáneamente.

WTS aire: Pendiente de deformación en pista, calculada como velocidad media de aumento de profundidad de la rodera, con pasadas repetidas de una rueda sometida a carga, de un dispositivo de tamaño pequeño aplicando el procedimiento B para el ensayo en aire (mm/10^3 ciclos de carga).

PRD aire: Profundidad proporcional de la rodera para el material sometido a ensayo en N ciclos, usando un dispositivo de tamaño pequeño para ensayo en aire (%).

El tipo de mezcla bituminosa templada a emplear se definirá en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, en función de su espesor y la posición de la capa dentro la sección del firme, de acuerdo con la tabla A9.11.

Tabla A9.11 – Tipo de mezcla en función del tipo y espesor de capa

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	ESPESOR (cm)
RODADURA	ACBE 16 surf D ACBE 16 surf S	4 – 5
	ACBE 22 surf D ACBE 22 surf S	5 – 6
INTERMEDIA	ACBE 22 bin D ACBE 22 bin S ACBE 22 bin G	5 – 10

En obras de nueva construcción, para las categorías de tráfico de proyecto tipo T3 y T4, se debe utilizar con carácter preferente:

- Como capa intermedia, el tipo ACBE 22 bin S, en espesores de 5 a 10 cm
- Como capa de rodadura el tipo ACBE 16 surf D o ACBE 16 surf S en espesores de 4 a 5 cm.

En obras de rehabilitación estructural del firme, para las categorías de tráfico de proyecto tipo T2B[10] a T4, se debe utilizar, con carácter preferente:

- Como capa intermedia, el tipo ACBE 22 bin S, en espesores de 5 a 10 cm

[10] Ver Nota 1 en el Apartado 1 "Introducción"

- ❖ Como capa de rodadura, el tipo ACBE 16 surf D o ACBE 16 surf S en espesores de 4 a 5 cm y el tipo ACBE 22 surf D o ACBE 22 surf S en espesores de 5 a 6 cm.

A9.4. EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

A9.4.1. Consideraciones generales

Cuando sea necesario aplicar un tratamiento antiadherente sobre los equipos de fabricación, transporte, extendido o compactación, éste consistirá en general en una solución jabonosa, un agente tensoactivo u otros productos sancionados por la experiencia, que garanticen que no son perjudiciales para la mezcla bituminosa, ni para el medio ambiente, debiendo ser aprobados por la Dirección de las Obras. No se permitirá en ningún caso el empleo de productos derivados de la destilación del petróleo.

No se podrá utilizar en la ejecución de una mezcla bituminosa ningún equipo que no haya sido previamente empleado en el tramo de prueba y aprobado por la Dirección de las Obras.

Se estará en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte, en lo referente a equipos empleados en la ejecución de las obras.

A9.4.2. Central de fabricación

Las mezclas bituminosas templadas se fabricarán en centrales especialmente diseñadas o en centrales de fabricación de mezclas en caliente, que serán adaptadas para poder fabricar este tipo de mezclas.

Estas centrales serán capaces de manejar simultáneamente en frío el número de fracciones del árido que exija la fórmula de trabajo adoptada. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares señalará la producción horaria mínima de la central, en función de las características y necesidades mínimas de consumo de la obra.

El número mínimo de tolvas para áridos en frío será función del número de fracciones de árido que exija la fórmula de trabajo adoptada, pero en todo caso no será inferior a 3. En centrales de mezcla continua con tambor-secador, el sistema de dosificación será ponderal, al menos para la arena y para el conjunto de los áridos, y tendrá en cuenta la humedad de éstos para corregir la dosificación en función de ella.

La central tendrá sistemas separados de almacenamiento y dosificación del polvo mineral recuperado y de aportación, los cuales serán independientes de los correspondientes al resto de los áridos, y estarán protegidos de la humedad.

Las centrales cuyo secador no sea a la vez mezclador, estarán provistas de un sistema de clasificación de los áridos en caliente (de capacidad acorde con su producción) en un número de fracciones no inferior a 3, y de silos para almacenarlos.

Las centrales de mezcla discontinua estarán provistas en cualquier circunstancia de dosificadores ponderales independientes: al menos, uno para los áridos calientes, cuya precisión

sea superior al 5 ‰, y al menos uno para el polvo mineral y uno para la emulsión bituminosa, cuya precisión sea superior al 3 ‰.

Si se previera la incorporación de aditivos a la mezcla, la central deberá poder dosificarlos con homogeneidad y precisión suficiente, a juicio de la Dirección de las Obras.

Si la central estuviera dotada de tolvas de almacenamiento de las mezclas fabricadas, deberá garantizar que, en las 40 horas siguientes a la fabricación, el material acopiado no ha perdido ninguna de sus características, en especial la homogeneidad del conjunto y las propiedades del ligante.

Cuando se vaya a utilizar RA en proporciones superiores al 15 % de la masa total de la mezcla, la central de fabricación dispondrá de los elementos necesarios para que se cumplan los requisitos y especificaciones recogidas en el apartado 2.3. La central de fabricación (de funcionamiento continuo o discontinuo) dispondrá de, al menos, tres tolvas adicionales para el material bituminoso a reciclar tratado, y será capaz de incorporarlo durante el proceso de mezcla sin afección negativa a los materiales constituyentes, en especial, al ligante bituminoso de aportación.

A9.4.3. Elementos de transporte

La mezcla bituminosa templada se transportará al lugar de empleo en camiones de caja abierta, lisa y estanca, perfectamente limpia y que se tratará, siempre que sea preciso, con un producto, cuya composición y dotación deberán ser aprobadas por la Dirección de las Obras, para evitar que la mezcla se adhiera a ella. Dichos camiones deberán estar siempre provistos de una lona o cobertor adecuado para proteger la mezcla bituminosa durante su transporte.

La forma y la altura de la caja de los camiones deberá ser tal que, durante el vertido en la extendedora, el camión sólo toque a ésta a través de los rodillos previstos al efecto.

Los medios de transporte deberán estar adaptados en todo momento al ritmo de ejecución de la obra teniendo en cuenta la capacidad de producción de la central de fabricación y del equipo de extensión y de la distancia entre ésta y la zona de extensión.

A9.4.4. Equipos de extensión

Las extendedoras serán autopropulsadas y estarán dotadas de los dispositivos necesarios para la puesta en obra de la mezcla bituminosa con la geometría y producción deseadas y un mínimo de precompactación que será fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, la Dirección de las Obras. La capacidad de sus elementos, así como la potencia, serán adecuadas para el tipo de trabajo que deben desarrollar.

La extendedora deberá estar dotada de un dispositivo automático de nivelación y de un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal cuando sea precisa.

Se comprobará, en su caso, que los ajustes del enrasador y de la maestra se atienen a las tolerancias mecánicas especificadas por el fabricante, y que dichos ajustes no han sido afectados por el desgaste o por otras causas.

La anchura máxima y mínima de la extensión se definirá en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por la Dirección de las Obras. Si a la extendedora se acoplaran piezas para aumentar su anchura, éstas deberán quedar perfectamente alineadas con las originales.

A9.4.5. Equipo de compactación

Se podrán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibrantes, de neumáticos o mixto. La composición mínima del equipo será un compactador vibratorio de rodillos metálicos o un mixto, y un compactador de neumáticos, y será aprobada por la Dirección de las Obras a la vista de los resultados del tramo de prueba.

Todos los tipos de compactadores deberán ser autopropulsados, tener inversores de sentido de marcha de acción suave, y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario.

Los compactadores de llantas metálicas no presentarán surcos ni irregularidades en ellas. Los compactadores vibratorios tendrán dispositivos automáticos para eliminar la vibración al invertir el sentido de su marcha. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las ruedas delanteras y traseras, y faldones de lona protectora contra el enfriamiento de los neumáticos.

Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos tipos de compactadores serán aprobadas por la Dirección de las Obras, y serán las necesarias para conseguir una compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, sin producir roturas del árido ni arrollamientos de la mezcla a la temperatura de compactación.

En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación normales, se emplearán otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se pretende realizar y siempre deberán ser autorizados por la Dirección de las Obras.

A9.5. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

A9.5.1. Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La fabricación y puesta en obra de la mezcla no se iniciará hasta que se haya aprobado por la Dirección de las Obras la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en laboratorio y verificada en la central de fabricación.

Dicha fórmula fijará como mínimo las siguientes características:

- La identificación y proporción de cada fracción del árido en la mezcla en la alimentación y, en su caso, después de su clasificación en caliente.
- La granulometría de los áridos combinados (curva granulométrica), incluido el polvo mineral, por los tamices 32 mm; 22 mm; 16 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 0,500 mm; 0,250 mm y 0,063 mm de la norma UNE-EN 933-2 que correspondan para cada tipo de mezcla

según la tabla A9.4, expresada en porcentaje del árido total con una aproximación del 1 %, con excepción del tamiz 0,063 mm que se expresará con una aproximación del 1 ‰.

- La dosificación, en su caso, del polvo mineral de aportación o de recuperación, expresada en porcentaje del árido total con aproximación del 1 ‰.
- El tipo y características de la emulsión bituminosa.
- La dosificación de ligante residual referida al peso total del árido combinado seco y a la mezcla total (incluido el polvo mineral), y la de los aditivos al ligante, referida a la masa de la mezcla total.
- En su caso, el tipo y la dotación de las adiciones, referida a la masa de la mezcla total.
- La energía de compactación para la fabricación de las probetas para:
    - Densidad de referencia.
    - Ensayo de sensibilidad al agua.
- Las modificaciones de las características de la adhesividad y deformación de las mezclas en base a las tolerancias en el contenido óptimo de ligante.

También se señalarán:

- Los tiempos a exigir para la mezcla de los áridos en seco y para la mezcla de los áridos con el ligante.
- La temperatura máxima y mínima de calentamiento previo de los áridos y ligante.
- La temperatura mínima de la mezcla en la descarga de los elementos de transporte y a la salida de la extendedora, que será de 75 °C.
- La temperatura mínima de la mezcla al iniciar la compactación y la mínima al terminarla.
- En el caso de que se empleen adiciones, se incluirán las prescripciones necesarias sobre su forma de incorporación y tiempo de mezclado.

La temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no será superior a 110 °C. En todos los casos, la temperatura mínima de la mezcla al salir del mezclador será aprobada por la Dirección de las Obras, de forma que la temperatura de la mezcla en la descarga de los camiones sea superior al mínimo fijado.

La dosificación de la emulsión bituminosa en la fórmula de trabajo se fijará teniendo en cuenta los materiales disponibles, la experiencia obtenida en casos análogos y verificando que la mezcla obtenida en la central de fabricación cumple los criterios establecidos en este Pliego. El Contratista deberá entregar a la Dirección de las Obras para su aceptación, las características de la mezcla respecto de las siguientes propiedades:

Contenido de huecos, siguiendo el método de ensayo de la norma UNE-EN 12697-8, densidad aparente y densidad máxima asociada a este valor.

Sensibilidad al agua, determinada según el ensayo de tracción indirecta tras inmersión, siguiendo el método de ensayo de las normas UNE-EN 12697-12 y UNE-EN 12697-23. Se realizará el ensayo con el contenido de ligante definido en la fórmula de trabajo menos el 0,3 % (referido al betún residual).

Resistencia a la deformación permanente, obtenida en el ensayo de pista de laboratorio, según la norma UNE-EN 12697-22. Se realizará el ensayo con el contenido de ligante definido en la fórmula de trabajo más el 0,3 % (referido al betún residual).

Para capas de rodadura, la fórmula de trabajo de la mezcla bituminosa deberá asegurar, en su caso, el cumplimiento de las características de la unidad terminada en lo referente a la macrotextura superficial y a la resistencia al deslizamiento, según el apartado 7.4 de este artículo.

Se estudiará y aprobará una nueva fórmula si varía la procedencia de alguno de los componentes, o si durante la producción se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en este artículo. La Dirección de las Obras podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo, con objeto de mejorar la calidad de la mezcla, para lo que se realizará un nuevo estudio y los ensayos oportunos.

A9.5.2. Preparación de la superficie existente

Se comprobará la regularidad superficial y el estado de la superficie sobre la que se vaya a extender la mezcla bituminosa. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, indicará las medidas encaminadas a restablecer una regularidad superficial aceptable y, en su caso, a reparar zonas dañadas.

La regularidad superficial de la superficie existente deberá cumplir, dependiendo de su naturaleza, lo indicado al respecto en el apartado 7.3 de este artículo y sobre ella se ejecutará un riego de imprimación o un riego de adherencia, según corresponda, de acuerdo con los artículos 530 y 531 del PG-3 vigente. La Dirección de las Obras decidirá sobre el empleo, o no, de las emulsiones bituminosas termoadherentes, en función del tipo de mezcla y de las condiciones de la obra.

Si la superficie estuviese constituida por un pavimento hidrocarbonado heterogéneo, se deberá, además, eliminar mediante fresado los excesos de ligante y sellar las zonas demasiado permeables, de acuerdo con las instrucciones de la Dirección de las Obras.

Se comprobará especialmente que, transcurrido el plazo de rotura del ligante de los tratamientos aplicados, no quedan restos de agua en la superficie. Además, si ha transcurrido mucho tiempo desde su aplicación, se verificará que su capacidad de unión con la mezcla bituminosa no hubiera disminuido en forma perjudicial; en caso contrario, la Dirección de las Obras podrá ordenar la ejecución de un riego de adherencia adicional.

A9.5.3. Aprovisionamiento de áridos

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. Cada fracción será suficientemente homogénea y se podrá acopiar y manejar sin peligro de segregación.

Para mezclas con tamaño máximo de árido de 16 mm el número mínimo de fracciones será de tres; para el resto de las mezclas será de cuatro. La Dirección de las Obras podrá exigir un mayor número de fracciones, si lo estima necesario para cumplir las tolerancias exigidas a la granulometría de la mezcla en el apartado 9.3.1.

Cada fracción de árido se acopiará separada de las demás para evitar contaminaciones entre ellas. Los acopios se dispondrán preferiblemente sobre zonas pavimentadas. Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se utilizarán sus 15 cm inferiores. Los acopios se construirán por tongadas de espesor no superior a 1,5 m, y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de los áridos, se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de un árido, que obligaría siempre al estudio de una nueva fórmula de trabajo cumpliendo el apartado 5.1.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, fijará el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no será inferior al correspondiente a un mes de trabajo con la producción prevista.

A9.5.4. Tratamiento del material bituminoso recuperado

El proceso de retirada del material bituminoso del firme se realizará por capas y será almacenado de forma separada. Previamente a su acopio definitivo se procederá al tratamiento del material bituminoso recuperado, realizándose las operaciones que sean necesarias para su homogeneización y adecuada clasificación.

Si el material original contiene partículas de tamaño superior a 32 mm se someterá en la central a un tratamiento previo de disgregación, para lo que se usarán instalaciones de machaqueo que proporcionen un producto granular uniforme. Si el material fuese heterogéneo se procederá a los correspondientes procesos de homogeneización. Para que un acopio se considere homogéneo deberá quedar identificado y caracterizado por los ensayos del apartado 9.2.3. Los materiales que cumplan los criterios de homogeneidad se podrán acopiar juntos y podrán emplearse en la fabricación de mezcla bituminosa reciclada en central con una misma fórmula de trabajo.

Se deben almacenar cubiertos, aunque es posible el almacenamiento al aire libre, teniendo en cuenta que ello puede suponer un gran aumento de la energía necesaria para la fabricación de la mezcla bituminosa templada.

Los acopios homogéneos de material bituminoso recuperado serán considerados como lotes aislados, evitando que se mezclen y contaminen entre ellos. El volumen de cada uno de estos acopios será el suficiente para garantizar, al menos, el trabajo de un día o la producción requerida si ésta es menor, con objeto de no cambiar la fórmula de trabajo y poder controlar e identificar adecuadamente la mezcla fabricada.

Los acopios deberán estar formados por tongadas horizontales de espesor no superior a 5 m, en una zona bien drenada y, preferiblemente, pavimentada. Si se dispusieran sobre el terreno natural no se utilizarán sus 15 cm inferiores. Deberá vigilarse su altura para evitar que el material se aglomere, especialmente con temperaturas elevadas, limitándose a 3 m cuando se prevean temperaturas superiores a los 30 °C.

A9.5.5. Fabricación de la mezcla

La carga de cada una de las tolvas de áridos en frío se realizará de forma que su contenido esté siempre comprendido entre 50 y 100 % de su capacidad, sin rebosar. Para mezclas templadas tipo denso y semidenso, la alimentación del árido fino, se efectuará dividiendo la carga entre 2 tolvas.

Si se utilizase RA en proporción superior al 15 % de la masa total de mezcla, se procederá como se especifica a continuación:

- Durante el proceso de fabricación, la mezcla de áridos y RA se calentará a la temperatura prescrita (no superior a 110 °C), evitando el deterioro de los materiales del mismo, en especial del RA. Para ello, con tasas de reciclado bajas o medias el calentamiento del RA puede llevarse a cabo por:
  - Aportación directa de calor con empleo de sistemas de calentamiento en los que el RA no tenga contacto directo con la llama del quemador en el tambor secador, y no discurra por áreas de excesiva temperatura de gases, que puedan degradar su ligante.
  - Transferencia de calor desde áridos vírgenes sobrecalentados, hasta que la mezcla de estos con el RA llegue a una temperatura no superior a 110 °C.
  - Combinación de los dos métodos anteriores.
- En el caso de mezclas con tasa de reciclado muy elevada no es suficiente (o no puede aplicarse), la técnica de transferencia de calor al RA desde los áridos vírgenes sobrecalentados para llegar a la temperatura requerida en la mezcla. Por ello, el calentamiento del RA ha de llevarse a cabo por sistemas directos de aportación de calor, a través de algún procedimiento válido como son los tambores específicamente diseñados para ello o mediante el empleo de gases calientes, pero sin que la temperatura de éstos sea excesiva y llegue a afectar al ligante del RA.
- En las plantas específicas diseñadas para la fabricación de mezclas templadas con emulsión se dispone de un sistema independiente de dosificación del RA que permite su dosificación ponderal, después del calentamiento de los áridos vírgenes, previo a la entrada al mezclador sin que pase el RA por el tambor secador. En cualquier caso, se tomará como requisito de fabricación el ajuste de los tiempos de amasada “en seco” árido y RA en función de la transferencia de temperatura del árido caliente al RA.

En general, con tasas bajas y medias, son adecuadas las tecnologías que se utilizan para reciclados en caliente, de modo que el RA se caliente bien por transferencia de calor de los áridos sobrecalentados o bien por los gases calientes del tambor secador fuera de la zona de llama y de máximas temperaturas, de modo que se pueda asegurar que no hay afección a las propiedades del ligante del material bituminoso recuperado.

En todo caso, se llevará a cabo la verificación de la calidad de la envuelta tras la adición de la emulsión y polvo mineral. La planta debe poder regular las secuencias y tiempos de mezclado de los componentes. En las centrales de fabricación continua con tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación deberá ser ponderal para el material bituminoso recuperado, y se deberá tener en cuenta la humedad de éste, así como la del árido virgen, para corregir la dosificación.

La central debe disponer de un dispositivo que permita la incorporación del material bituminoso recuperado tras la llama, de forma que no exista riesgo de contacto con ella. En las centrales de fabricación discontinua, deberán estar provistas igualmente de un sistema de dosificación ponderal del RA y debe tenerse en cuenta la humedad de este material.

Asimismo, cuando hay un circuito de calentamiento específico para el material bituminoso recuperado (caso de plantas con dos secadores), la instalación debe estar concebida para solventar los problemas de pegajosidad del material bituminoso recuperado caliente, que pueden dificultar el funcionamiento normal de la instalación, e incluso llegar a bloquear la producción. Esta situación debe evitarse y se produce especialmente en el caso de las plantas discontinuas.

A la descarga del mezclador todos los tamaños del árido deben estar uniformemente distribuidos en la mezcla, y todas sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla al salir del mezclador no excederá de la fijada en la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla se cuidará su correcta dosificación, que la distribución sea homogénea, así como que no pierda sus características iniciales durante el proceso de fabricación.

A9.5.6. Transporte

La mezcla bituminosa se transportará en camiones de la central de fabricación a la extendedora. La caja del camión se tratará previamente, en caso de ser necesario, con un líquido antiadherente, de acuerdo con lo indicado en el apartado 4.1. Dicha solución se pulverizará de manera uniforme sobre los laterales y fondo de la caja, utilizando la mínima cantidad para impregnar toda la superficie, y sin que se produzca un exceso de líquido antiadherente, que deberá drenarse en su caso, antes de cargar la mezcla bituminosa. No se permitirá en ningún caso el empleo productos derivados del petróleo.

Para evitar el enfriamiento superficial de la mezcla, deberá protegerse durante el transporte mediante lonas u otros cobertores adecuados. En el momento de descargarla en la extendedora, su temperatura no podrá ser inferior a la especificada en la fórmula de trabajo.

A9.5.7. Extensión

La extensión comenzará por el borde inferior y se realizará por franjas longitudinales, salvo que la Dirección de las Obras indique otro procedimiento. La anchura de estas franjas se fijará de manera que se realice el menor número de juntas posible y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características de la extendedora y la producción de la central.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

En las obras sin mantenimiento de la circulación, para la categoría de tráfico de proyecto tipo T2B[11] o con superficies a extender en calzada superiores a 70.000 m^2, se realizará la extensión de cualquier capa bituminosa a ancho completo, trabajando si fuera necesario con dos o más entendedoras ligeramente desfasadas, evitando juntas longitudinales. En los demás casos, después de haber extendido y compactado una franja, se extenderá la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre aún caliente y en condiciones de ser compactado; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

La extendedora se regulará de forma que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, y con un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los Planos del Proyecto, con las tolerancias establecidas en el presente artículo.

La extensión se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la extendedora a la producción de la central de fabricación, de modo que sea constante y que no se detenga. En caso de parada, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender, en la tolva de la extendedora y debajo de ésta, no baje de la prescrita en la fórmula de trabajo para el inicio de la compactación; de lo contrario se ejecutará una junta longitudinal.

Donde resulte imposible, a juicio de la Dirección de las Obras, el empleo de máquinas extendedoras, la mezcla bituminosa templada se podrá poner en obra por otros procedimientos aprobados por aquella. Para ello se descargará fuera de la zona en que se vaya a extender y se distribuirá en una capa uniforme y de un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los Planos del Proyecto, con las tolerancias establecidas en el apartado 7.2

A9.5.8. Compactación

La compactación se realizará según el plan aprobado por la Dirección de las Obras en función de los resultados del tramo de prueba hasta que se alcance la densidad especificada en el apartado 7.1. Se deberá hacer a la mayor temperatura posible sin rebasar la máxima prescrita en la fórmula de trabajo y sin que se produzca desplazamiento de la mezcla extendida, y se continuará, mientras la mezcla esté en condiciones de ser compactada y su temperatura no sea inferior a la mínima prescrita en la fórmula de trabajo.

La compactación se efectuará longitudinalmente, de manera continua y sistemática. Si la extensión de la mezcla bituminosa se realizara por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos 15 cm de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano a la extendedora; los cambios de dirección se realizarán sobre mezcla ya compactada, y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar limpios y, si fuera preciso, húmedos.

[11] Ver Nota 1 en el Apartado 1 “Introducción”

A9.5.9. Juntas transversales y longitudinales

Cuando sean inevitables, se procurará que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de 5 m las transversales, y 15 cm las longitudinales.

Al extender franjas longitudinales contiguas, si la temperatura de la extendida en primer lugar no fuera superior al mínimo fijado en la fórmula de trabajo para la finalización de la compactación, el borde de esta franja se cortará verticalmente, dejando al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor. Se le aplicará una capa uniforme y ligera de riego de adherencia, de acuerdo con el artículo 531 del PG-3, dejando transcurrir el tiempo necesario para la rotura de la extensión. A continuación, se calentará la junta y se extenderá la siguiente franja contra ella. Este procedimiento se aplicará de manera análoga a la ejecución de las juntas transversales.

En capas de rodadura, las juntas transversales se compactarán transversalmente, disponiendo los apoyos precisos para los elementos de compactación.

A9.6. TRAMO DE PRUEBA

Antes de iniciarse la puesta en obra de cada tipo de mezcla bituminosa templada será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba, para comprobar la fórmula de trabajo y la forma de actuación de los equipos de extensión y de compactación, y, especialmente, el plan de compactación.

A efectos de verificar que la fórmula de trabajo puede cumplir después de la puesta en obra las prescripciones relativas a la textura superficial y al coeficiente de rozamiento transversal, en capas de rodadura se comprobará expresamente la macrotextura superficial obtenida, mediante el método volumétrico, según la norma UNE-EN 13036-1, que deberá cumplir los valores establecidos en la tabla A9.12.

Durante la ejecución del tramo de prueba se podrá analizar la correspondencia, en su caso, entre el método volumétrico y un texturómetro láser como medio rápido de control. En este caso, se elegirán 100 m del tramo de prueba, en el que se realizará la medición con el texturómetro láser que se vaya a emplear posteriormente en el control de la obra y se harán al menos cinco determinaciones de la macrotextura. La correspondencia obtenida será aplicable exclusivamente para esa obra, con la fórmula de trabajo y el plan de compactación aprobados y con ese equipo concreto de medición.

El tramo de prueba tendrá una longitud no inferior a la definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. La Dirección de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la obra en construcción.

Durante la ejecución del tramo de prueba se analizarán los aspectos siguientes:

- La calidad de los materiales constituyentes y sus fórmulas de trabajo correspondientes.
- El procedimiento de fabricación, actuación del equipo de extensión y comportamiento del material en la compactación.

- Control de ejecución.
- Características de la unidad terminada.

Se tomarán muestras de la mezcla bituminosa templada, que se ensayarán para determinar su conformidad con las condiciones especificadas, y se extraerán testigos. A la vista de los resultados obtenidos, la Dirección de las Obras decidirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo. En el primer caso, se podrá iniciar la fabricación de la mezcla bituminosa templada. En el segundo, el Contratista deberá proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en el equipo de fabricación o sistemas de extensión, etc…)
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, definirá su forma específica de actuación. En el segundo caso, el Contratista deberá proponer nuevos equipos, o incorporar equipos suplementarios.

Además, durante la ejecución del tramo de prueba se analizará la correspondencia, en su caso, entre los métodos de control de la dosificación de la emulsión bituminosa y de la densidad in situ establecidos en los Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y otros métodos rápidos de control.

No se podrá proceder a la producción sin que la Dirección de las Obras haya autorizado el inicio en las condiciones aceptadas después del tramo de prueba.

A9.7. ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

A9.7.1. Densidad

La densidad no deberá ser inferior al siguiente porcentaje de la densidad de referencia, obtenida según lo indicado en el apartado 9.3.2.1:

- Capas de espesor igual o superior a 6 cm: no inferior al 98 %.
- Capas de espesor no inferior a 6 cm: no inferior al 97 %.

A9.7.2. Rasante, espesor y anchura

La superficie acabada no deberá diferir de la teórica en más de 10 mm en capas de rodadura, ni de 15 mm en la capa intermedia y su espesor no deberá ser nunca inferior al previsto para ella en la sección-tipo de los Planos del Proyecto.

En perfiles transversales cada 20 m, se comprobará la anchura extendida que en ningún caso deberá ser inferior a la teórica deducida de los planos de la sección-tipo de los Planos del Proyecto.

A9.7.3. Regularidad superficial

Para categorías de tráfico de proyecto T2B, el Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la norma NLT-330, obtenido de acuerdo a lo indicado en el apartado 9.4 deberá cumplir lo fijado

en la tabla A9.12. Para categorías T3 y T4, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o la Dirección de las Obras podrán exigir en la capa terminada el cumplimiento de los requisitos de IRI de la tabla A9.12.

Tabla A9.12 – Índice de regularidad internacional (IRI) (dm/hm) para firmes de nueva construcción y rehabilitados estructuralmente

POSICIÓN DE LA CAPA	PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	FIRME DE NUEVA CONSTRUCCIÓN	FIRME REHABILITADO ESTRUCTURALMENTE CON ESPESOR DE RECRECIMIENTO	
			> 10 cm	≤ 10 cm
Rodadura	50	< 1,5	< 1,5	< 2,0
	80	< 2,0	< 2,0	< 2,5
	100	< 2,5	< 2,5	< 3,0
Intermedia	50	< 2,0	< 1,8	< 2,3
	80	< 2,5	< 2,5	< 3,0
	100	< 3,0	< 3,0	< 4,0
Mezcla bituminosa existente[1]	50	-	< 3,0	
	80	-	< 3,5	
	100	-	< 5,0	

[1]Si la capa de mezcla bituminosa existente, sobre la que se va a realizar el recrecimiento posterior, no cumple los valores indicados en la tabla será necesaria la regularización previa con mezcla bituminosa templada.

A9.7.4. Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento

La superficie de la capa deberá presentar una textura homogénea, uniforme y exenta de segregaciones.

Para categorías de tráfico de proyecto T2B[12], los valores mínimos para la macrotextura superficial, según la norma UNE-EN 13036-1, o para la resistencia al deslizamiento transversal, según la norma UNE 41201 IN, obtenidos de acuerdo a lo indicado en el apartado 9.4 deberán cumplir lo fijado en la tabla A9.13. Para categorías T3 y T4, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o la Dirección de las Obras podrán exigir en la capa terminada el cumplimiento de los requisitos de esta tabla A9.13.

Se podrán utilizar equipos de ensayo de la resistencia al deslizamiento alternativos al de medida transversal, como el incluido en la norma UNE 15901-7, siempre que se demuestre una adecuada correlación entre sus resultados.

[12] Ver Nota 1 en el Apartado 1 “Introducción”

Tabla A9.13 – Valores mínimos de macrotextura superficial (MTD) y resistencia al deslizamiento transversal (CRTS) de las mezclas templadas para capas de rodadura

PARÁMETRO	NORMA UNE	VALOR MÍNIMO
Macrotextura superficial (mm)	EN 13036-1[1]	0,7
Resistencia al deslizamiento (%)	41201 IN[2]	55 para T2B 50 para T3 y T4

[1] Medida inmediatamente después de la puesta en obra
[2] Medida una vez transcurridos 2 meses de la puesta en servicio de la capa

A9.8. LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

No se permitirá la puesta en obra de mezclas bituminosas templadas en las siguientes situaciones, salvo autorización expresa de la Dirección de las Obras:

- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a ocho grados Celsius (8 °C). Con viento intenso, después de heladas, o en tableros de estructuras, la Dirección de las Obras, podrá aumentar estos límites, a la vista de los resultados de compactación obtenidos.
- Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas.

Terminada la compactación, se podrá abrir a la circulación la capa ejecutada tan pronto alcance la temperatura ambiente en todo su espesor o bien, previa autorización expresa de la Dirección de las Obras, en capas de espesor igual o inferior a 10 cm cuando alcance una temperatura de cuarenta grados Celsius (40 °C), evitando las paradas y cambios de dirección sobre la mezcla recién extendida.

A9.9. CONTROL DE CALIDAD

A9.9.1. Control de procedencia de los materiales

En el caso de productos que dispongan del marcado CE, de acuerdo con el Reglamento 305/2011, para el control de procedencia de los materiales, se llevará a cabo la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplan las especificaciones establecidas en este Pliego. Independientemente de la aceptación de la veracidad de las propiedades referidas en el marcado CE, si se detectara alguna anomalía durante el transporte, almacenamiento o manipulación de los productos, la Dirección de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento, la realización de comprobaciones y ensayos sobre los materiales suministrados a la obra, al objeto de asegurar las propiedades y la calidad establecidas en este apartado.

En el caso de que los productos no tengan la obligación de disponer de marcado CE por no estar incluidos en normas armonizadas, o corresponder con alguna de las excepciones establecidas en el artículo 5 del reglamento 305/2011, se deberán llevar a cabo obligatoriamente los ensayos para el control de procedencia que se indican en los apartados siguientes.

A9.9.1.1. Control de procedencia de la emulsión bituminosa

La emulsión bituminosa deberá cumplir las especificaciones establecidas en el Anexo Nacional de la norma UNE-EN 13808/1M, recogidas en la tabla A9.1, según el tipo de emulsión a emplear. Igualmente deben disponer del marcado CE.

A9.9.1.2. Control de procedencia de los áridos

Los áridos deberán disponer del marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+, salvo en el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra (artículo 5.b del Reglamento 305/2011).

En el primer caso, el control de procedencia se podrá llevar a cabo mediante la verificación de que los valores declarados en los documentos que se acompañan al marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones establecidas en este Pliego.

En el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra, de cada procedencia y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán muestras, según la UNE-EN 932-1 y para cada una de ellas se determinará:

- La granulometría de cada fracción, según la norma UNE-EN 933-1.
- Contenido en finos del árido grueso, según la norma UNE-EN 933-1.
- El equivalente de arena (sobre la fracción 0/4 mm), según la norma UNE-EN 933-8 y, en su caso, la calidad de los finos (Índice de azul de metileno) (sobre la fracción 0/2 mm), según la norma UNE-EN 933-9.
- Forma del árido grueso (Índice de lajas), según la norma UNE-EN 933-3.
- Proporción de partículas parcial y totalmente trituradas del árido grueso, según la norma UNE-EN 933-5.
- La resistencia a la fragmentación del árido grueso (Coeficiente Los Ángeles), según la norma UNE-EN 1097-2.
- La resistencia al pulimento del árido grueso (Coeficiente de pulimento acelerado) para capas de rodadura, según la norma UNE-EN 1097-8.
- La resistencia al desgaste del árido grueso (Coeficiente Micro-Deval) para capas de rodadura, según la norma UNE-EN 1097-1.
- La densidad relativa de las partículas y la absorción de agua del árido grueso y del árido fino, según la norma UNE-EN 1097-6.

Estos ensayos se repetirán durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, no pudiéndose utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación de la Dirección de las Obras.

A9.9.1.3. Control de procedencia del polvo mineral

En el caso de empleo de polvo mineral de aportación, que sea un producto comercial o especialmente preparado, si dispone de marcado CE, el control de procedencia se podrá llevar a cabo mediante la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permitan deducir el cumplimiento de las especificaciones establecidas en este Pliego.

En el supuesto de no disponer de marcado CE o de emplearse el procedente de los áridos, de cada procedencia del polvo mineral y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán muestras y para cada una de ellas se determinará:

- Su granulometría, según la norma UNE-EN 933-10.
- Calidad de los finos (sobre la fracción 0/2 mm), según la norma UNE-EN 933-9
- Densidad de las partículas, según la norma UNE-EN 1097-7.
- Densidad aparente de las partículas en queroseno (sobre la fracción 0,063 mm), según la norma UNE-EN 1097-3.
- Los huecos Ridgen, según la norma UNE-EN 1097-4.
- El incremento del Anillo y Bola, según la norma UNE-EN 13179-1.
- La solubilidad en agua, según la norma UNE-EN 1744-4.

A9.9.2. Control de calidad de los materiales

A9.9.2.1. Control de calidad de la emulsión bituminosa

La emulsión bituminosa deberá cumplir las especificaciones establecidas en el artículo 214 del PG-3 y la tabla A9.1, según sea el tipo de emulsión a emplear.

A9.9.2.2. Control de calidad de los áridos de aportación

Se examinará la descarga en el acopio desechando los materiales que a simple vista presenten materias extrañas o tamaños superiores al máximo aceptado en la fórmula de trabajo. Se acopiarán aparte aquéllos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lajas, plasticidad, etc. hasta la decisión de su aceptación o rechazo. Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores y de los accesos.

Para los áridos que tengan marcado CE, la comprobación de las siguientes propiedades podrá llevarse a cabo mediante la verificación de los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE. No obstante, el Pliego de Prescripciones Técnicas o la Dirección de las Obras, podrá disponer la realización de las comprobaciones o ensayos adicionales que considere oportunos.

En los materiales que no tengan marcado CE para cada fracción de árido que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

Al menos una vez al día:

- Análisis granulométrico de cada fracción, según la norma UNE-EN 933-1

- El equivalente de arena (sobre la fracción 0/4 mm), según la norma UNE-EN 933-8 del árido combinado (incluido el polvo mineral) y, en su caso, la calidad de los finos (Índice de azul de metileno) (sobre la fracción 0/2 mm), según la norma UNE-EN 933-9.

Al menos una vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:

- Forma del árido grueso (Indice de lajas), según la norma UNE-EN 933-3.
- Proporción de partículas parcial y totalmente trituradas del árido grueso, según la norma UNE-EN 933-5.
- Contenido en finos del árido grueso, según la norma UNE-EN 933-1.

Al menos una vez al mes, o cuando se cambie de procedencia:

- La resistencia a la fragmentación del árido grueso (Coeficiente Los Ángeles), según la norma UNE-EN 1097-2.
- La resistencia al pulimento del árido grueso (Coeficiente de pulimento acelerado) para capas de rodadura, según la norma UNE-EN 1097-8.
- La resistencia al desgaste del árido grueso (Coeficiente Micro-Deval) para capas de rodadura, según la norma UNE-EN 1097-1.
- La densidad relativa de las partículas y la absorción de agua del árido grueso y del árido fino, según la norma UNE-EN 1097-6.

A9.9.2.3. Control de calidad del RA

A la central de fabricación podrán llegar los materiales bituminosos procedentes de pavimentos de distintas características que se acopiarán constituyendo el material bituminoso a reciclar en bruto. En principio, todos los materiales recuperados de las mezclas bituminosas son susceptibles de ser reutilizados. No obstante, cuando el material proceda de mezclas bituminosas que contengan adiciones como modificadores de la reología del ligante bituminoso o de su propio comportamiento, tales como fibras, caucho, etc., la Dirección de las Obras podrá exigir la realización de un estudio especial con el fin de valorar la emisión de agentes contaminantes a la atmósfera durante el proceso de fabricación de la nueva mezcla reciclada.

También deberá realizarse un estudio especial cuando el material bituminoso a reciclar contenga los siguientes materiales definidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, PG-3: tratamientos superficiales (art. 532 del PG-3), microaglomerados en frío (art. 540), mezclas bituminosas drenantes (art. 542) y mezclas bituminosas discontinuas en caliente (art. 543).

El material que se incorpore al proceso de producción deberá ser homogéneo, no contener contaminantes y estar totalmente caracterizado y referenciado, por lo que el material bituminoso a reciclar en bruto se someterá en la central de fabricación a un tratamiento previo de trituración, eliminación de contaminantes y homogeneización. Dicho proceso convertirá el material bituminoso a reciclar en bruto en material bituminoso a reciclar tratado. Este material, una vez disgregado, deberá pasar en todo caso, por el tamiz 32 mm de la norma UNE-EN 933-2.

Las propiedades del material bituminoso a reciclar tratado deberán cumplir, en cualquier caso, las características señaladas en los apartados siguientes:

- Homogeneidad: Para la utilización de cualquier acopio de material bituminoso a reciclar, la granulometría de los áridos tras la extracción del ligante y el contenido de éste deberán cumplir las tolerancias señaladas, respecto de los valores especificados en la fórmula de trabajo.
- Contaminantes: El material bituminoso a reciclar tratado deberá estar exento de materiales contaminantes, tales como hormigones, morteros, ladrillos, cemento. metales, maderas, materiales sintéticos, etc., y especialmente de aquellos que en la fabricación de la mezcla reciclada pudieran producir contaminación atmosférica.
- Ligante bituminoso del material bituminoso a reciclar: El ligante hidrocarbonado del material bituminoso a reciclar, deberá ser susceptible de mezclarse homogéneamente con el ligante de aportación y dar lugar a un producto de características similares a los betunes indicados en el artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnica Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3 vigente).
- Árido del material bituminoso a reciclar: Los áridos procedentes del material bituminoso a reciclar no serán susceptibles de experimentar ningún tipo de meteorización o de alteración física o química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo y cumplirán los mismos requisitos geométricos, físicos y de durabilidad, señalados en el apartado 2.3.3 para los áridos a emplear en las mezclas bituminosas templadas.
- Aditivos: El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, su defecto, la Dirección de las Obras, fijará los aditivos que puedan utilizarse, estableciendo las especificaciones que tendrán que cumplir tanto el aditivo como la mezcla bituminosa resultante. La dosificación y dispersión homogénea del aditivo deberán ser aprobadas por la Dirección de las Obras.

A9.9.2.4. Control de calidad del polvo mineral

En el caso de polvo mineral de aportación, sobre cada partida que se reciba se realizarán los siguientes ensayos:

- Su granulometría, según la norma UNE-EN 933-10.
- Calidad de los finos (fracción que pasa por 2 mm), según la norma UNE-EN 933-9.
- Densidad aparente de las partículas en queroseno (sobre la fracción 0,063 mm), según la norma UNE-EN 1097-3.

Si el polvo mineral dispone de marcado CE, la comprobación de estas tres propiedades podrá llevarse a cabo mediante la verificación de los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE. No obstante, el Pliego de Prescripciones Técnicas o la Dirección de las Obras en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de las comprobaciones o ensayos, si lo considera oportuno, al objeto de asegurar las propiedades y calidad establecidas en este artículo.

Para el polvo mineral procedente de los áridos se realizarán los siguientes ensayos:

Al menos una vez al día:

- Su granulometría, según la norma UNE-EN 933-10.

- Calidad de los finos (fracción que pasa por 2 mm), según la norma UNE-EN 933-9
- Densidad aparente de las partículas en queroseno (sobre la fracción 0,063 mm), según la norma UNE-EN 1097-3.

Al menos una vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:

- Densidad de las partículas, según la norma UNE-EN 1097-7.
- Los huecos Ridgen, según la norma UNE-EN 1097-4.
- El incremento del Anillo y Bola, según la norma UNE-EN 13179-1.
- La solubilidad en agua, según la norma UNE-EN 1744-4.

A9.9.3. Control de ejecución

A9.9.3.1. Fabricación

Se tomará diariamente un mínimo de 2 muestras, según la norma UNE-EN 932-1, una por la mañana y otra por la tarde, de la mezcla de áridos de aportación en frío antes de su entrada en el secador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico del árido combinado, según la UNE-EN 933-1.
- El equivalente de arena (sobre la fracción 0/4 mm), según la norma UNE-EN 933-8 del árido combinado (incluido el polvo mineral) y, en su caso, la calidad de los finos (Índice de azul de metileno) (sobre la fracción 0/2 mm), según la norma UNE-EN 933-9.
- Contenido de humedad de los áridos de aportación.
- De todas las fracciones combinadas del material bituminoso a reciclar, sin aporte de árido, antes de su entrada en el secador, para evaluar el contenido de humedad.
- Asimismo, se tomará una muestra del material bituminoso a reciclar, sin aporte de árido, después de su paso por los elementos de calentamiento de la planta, para determinar la granulometría, con el fin de poder contrastarla con la original del material.

En centrales de mezcla continua se calibrará al menos una vez a la semana el flujo de la cinta suministradora de áridos, deteniéndola cargada de áridos, y recogiendo y pesando el material existente en una longitud elegida.

Se tomará diariamente al menos 1 muestra de la mezcla de áridos en caliente, y se determinará su granulometría, según la norma UNE-EN 933-1, que cumplirá las tolerancias indicadas en este apartado. Se verificará la precisión de las básculas de dosificación y el correcto funcionamiento de los indicadores de temperatura de los áridos y de la emulsión bituminosa, al menos una vez por semana.

Para todas las mezclas bituminosas, se tomarán muestras en la descarga del mezclador de acuerdo con la norma UNE-EN 12697-27, transfieréndolas para su transporte al laboratorio a un recipiente hermético resistente al calor, capaz de mantener el contenido de humedad y que no se altere en contacto con la mezcla. Con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- Control del aspecto de la mezcla y medición de su temperatura. Se rechazarán todas las envueltas segregadas o sobrecalentadas y aquéllas cuya envuelta no sea homogénea.

- Se tomarán muestras de la mezcla fabricada y se determinará sobre ellas el contenido de humedad, según la norma UNE-EN 12697-14, el contenido de ligante residual, según la norma UNE-EN12697-1 y la granulometría de los áridos extraídos, según la norma UNE-EN 12697-2. La norma UNE-EN 12697-28 señala el tipo de tratamiento a seguir con las mezclas templadas que se reciban en el laboratorio, para posteriormente realizar los ensayos antes citados, teniendo en cuenta las peculiaridades de dichas mezclas, tales como la temperatura máxima permitida en la fabricación de estas mezclas y el contenido de humedad de las mismas, para que esta se mantenga dentro de los límites admisibles. La frecuencia de ensayo será la indicada en la tabla A9.14, en función del nivel de conformidad (NCF), definido en el Anexo A de la norma UNE-EN 13108-21, determinado por el método del valor medio de 4 resultados asociado a la categoría de tráfico de proyecto y al tipo de capa.

Tabla A9.14 – Frecuencia mínima de ensayo para la determinación de la granulometría de áridos extraídos, contenido de humedad y contenido de ligante (toneladas/ensayo)

CATEGORÍA DE TRÁFICO DE PROYECTO	TIPO DE CAPA	NIVEL DE CONTROL	NCF A	NCF B	NCF C
T2B	Rodadura e intermedia	X	600	300	150
	Base	Y	1.000	500	250
T3 Y T4	Rodadura, intermedia y base	Y	1.000	500	250

Las tolerancias admisibles respecto de la granulometría de la fórmula de trabajo, referidas a la masa de áridos (incluido el polvo mineral), serán las siguientes:

- Tamices superiores al 2 mm de la norma UNE-EN 933-2: 4 %
- Tamiz 2 mm de la norma UNE-EN 933-2: 3 %
- Tamices comprendidos entre el 2 mm y el 0,063 mm de la norma UNE-EN 933-2: 2 %
- Tamiz 0,063 mm de la norma UNE-EN 933-2: 1 %

La tolerancia admisible respecto de la dotación de la emulsión bituminosa de la fórmula de trabajo será del 3 ‰ en masa del total de mezcla bituminosa (incluido el polvo mineral), sin bajar del mínimo especificado en la tabla A9.4, según el tipo de capa y de mezcla que se trate.

Asimismo, se deberán llevar a cabo al menos una vez al mes, o con menor frecuencia, cuando se cambien el suministro o la procedencia o cuando la Dirección de las Obras lo considere oportuno para asegurar alguna característica, los ensayos adicionales de las características de la mezcla que se indican a continuación, con las mismas probetas y condiciones de ensayo que las establecidas en el apartado 3:

- Sensibilidad al agua, mediante la determinación de la resistencia conservada en el ensayo de tracción indirecta tras inmersión, de acuerdo con la norma UNE-EN 12697-12.
- Resistencia a la deformación permanente, determinada mediante el ensayo de pista de laboratorio, según la norma UNE-EN 12697-22.

A9.9.3.2. Puesta en obra

Extensión

Antes de verter la mezcla desde del elemento de transporte a la tolva de la extendedora, se comprobará su aspecto y se medirá su temperatura, así como la temperatura ambiente para tener en cuenta las limitaciones que se fijan en el apartado 8 de este Pliego.

Al menos, una vez al día y, al menos, una vez por lote, se tomarán muestras y se prepararán probetas de diámetro 100 mm y se determinará el contenido de huecos, según la norma UNE-EN 12697-8 y la densidad aparente, según la norma UNE-EN 12697-6 con el método de ensayo indicado en el Anexo B de la norma UNE-EN 13108-20. La compactación de estas probetas se realizará con la máquina giratoria, según el método indicado en la norma UNE-EN 12697-31, siendo la energía de compactación la indicada en el apartado 3 de este Pliego, y por tanto, el número de giros serán los determinados para la realización de la fórmula de trabajo. Las probetas se curarán durante 3 días a 50 °C.

Se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del apartado 9.4. Para cada uno de los lotes se determinará la densidad de referencia para la compactación, definida por la media aritmética de los últimos cuatro valores de densidad aparente obtenidos en las probetas mencionadas anteriormente.

En la preparación de las probetas, se cuidará especialmente que se cumpla la temperatura de compactación fijada en la fórmula de trabajo. La toma de muestras para la preparación de estas probetas podrá hacerse, a juicio de la Dirección de las Obras, en la carga o descarga de los elementos de transporte, pero, en cualquier caso, se evitará recalentar la muestra para la fabricación de las probetas.

Sobre algunas de estas muestras, se podrán llevar a cabo, además, a juicio de la Dirección de las Obras, ensayos de comprobación de la dosificación de ligante, según la norma UNE-EN 12697-1 y de la granulometría de los áridos extraídos, según la norma UNE-EN 12697-2.

Compactación

Se comprobará la composición y forma de actuación del equipo de compactación, verificando:

- Que el número y tipo de compactadores son los aprobados.
- El funcionamiento de los dispositivos de humectación, limpieza y protección.
- El peso total y, en su caso, presión de inflado de los compactadores.
- La frecuencia y la amplitud en los compactadores vibratorios.
- El número de pasadas de cada compactador.

Al terminar la compactación se medirá la temperatura en la superficie de la capa, con objeto de comprobar que se está dentro del rango fijado en la fórmula de trabajo.

A9.9.4. Control de recepción de la unidad terminada

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, el menor que resulte de aplicar los tres criterios siguientes a una sola capa de mezcla bituminosa:

- Quinientos metros.
- Tres mil quinientos metros cuadrados.
- La fracción construida diariamente.

De cada lote se extraerán testigos, una vez transcurrido un período de tiempo no inferior a 48 horas desde la extensión de la mezcla en puntos aleatoriamente situados, en número no inferior a 3, y sobre ellos se determinará su densidad aparente y espesor, según la norma UNE-EN 12697-6, considerando las condiciones de ensayo que figuran en el Anexo B de la norma UNE-EN 13108-20. Sobre estos testigos se llevará a cabo también la comprobación de adherencia entre capas, según la norma NLT 382, de acuerdo el artículo 531 del PG-3 vigente.

En su caso, se controlará la regularidad superficial en tramos de 1.000 m de longitud a partir de las 24 h de su ejecución, y siempre antes de la extensión de la siguiente capa, mediante la determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la norma NLT-330, calculando un solo valor del IRI para cada hectómetro. En el caso de que un mismo tramo se ausculte más de un perfil longitudinal (rodada derecha o izquierda), las prescripciones sobre el valor del IRI establecido en el apartado 7.3 se deberán verificar independientemente en cada uno de los perfiles auscultados (en cada rodada). La comprobación de la regularidad superficial de toda la longitud de la obra, en capas de rodadura, tendrá lugar antes de la puesta en servicio.

En capas de rodadura se realizarán además, en su caso, los ensayos siguientes:

- Medida de la macrotextura superficial, según la norma UNE-EN 13036-1, controlando diariamente la medida en 3 puntos del lote aleatoriamente elegidos. Si durante la ejecución del tramo de prueba se hubiera determinado la correspondencia con un equipo de medida mediante texturómetro láser, se podrá emplear el mismo equipo como método rápido de control.
- Determinación de la resistencia al deslizamiento, según la norma UNE 41201 IN, tomando como valor de la resistencia al deslizamiento (CRTS) representativo del lote el que resulte más bajo de los siguientes obtenidos durante el período de garantía de la obra: uno medido a los dos meses de la puesta en servicio de la capa, sin que hayan pasado más de tres meses, y si éste no se ha realizado en período seco, se realizará otra auscultación, transcurrido un período de tiempo no superior a diez meses desde la primera medida y en período seco. Se adopta como período seco, aquél en el que la precipitación acumulada en los quince días anteriores a la realización de la medida, no sea superior a 50 mm y transcurra entre los meses de julio y septiembre, ambos inclusive.

A9.10. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo de la unidad terminada se aplicarán sobre los lotes definidos en el apartado 9.4, según lo indicado a continuación.

A9.10.1. Densidad

La densidad media obtenida en el lote no deberá ser inferior a la especificada en el apartado 7.1. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior o igual al 95 % de la densidad especificada, se aplicará una penalización económica del 10 % a la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado.
- Si es inferior al 95 % de la densidad especificada, se demolerá mediante fresado la capa de mezcla bituminosa correspondiente al lote controlado y se repondrá con un material aceptado por la Dirección de las Obras, por cuenta del Contratista. El producto resultante de la demolición será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente, o empleado como indique la Dirección de las Obras, a cargo del Contratista.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un individuo de la muestra ensayada del lote presente un valor inferior al prescrito en más de dos puntos porcentuales. De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos partes iguales y se tomarán testigos de cada uno de ellos, aplicándose los criterios descritos en este apartado.

A9.10.2. Espesor

El espesor medio obtenido en el lote no deberá ser inferior al especificado en el apartado 7.2. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

Para capas intermedias:

- Si es superior o igual al 90 % y no existieran zonas de posible acumulación de agua, se aceptará la capa con una penalización económica del 10 %.
- Si es inferior al 90 %, se rechazará la capa correspondiente al lote controlado, debiendo el Contratista por su cuenta demolerla mediante fresado y reponerla, con un material aceptado por la Dirección de las Obras, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

Para capas de rodadura:

- Si es inferior al especificado, se rechazará la capa debiendo el Contratista por su cuenta demolerla mediante fresado y reponerla, con un material aceptado por la Dirección de las Obras, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un individuo de la muestra ensayada del lote presente resultados inferiores al especificado en más de un 10 %. De no cumplirse esta condición

se dividirá el lote en dos partes iguales y se tomarán testigos de cada uno de ellos, aplicándose los criterios descritos en este apartado.

A9.10.3. Rasante

Para capas intermedias:

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas. Si se rebasaran dichas tolerancias, se procederá de la siguiente manera:

- Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto, la Dirección de las Obras podrá aceptar la rasante siempre se compense la merma producida con el espesor adicional necesario de la capa superior, en toda la anchura de la sección tipo, por cuenta del Contratista, de acuerdo con lo especificado en el apartado anterior.
- Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto, se corregirá mediante fresado por cuenta del Contratista, siempre que no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los Planos del Proyecto. El producto resultante será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente.

A9.10.4. Regularidad superficial

Si se hubiese especificado o requerido el cumplimiento de una especificación, si los resultados de la regularidad superficial de la capa acabada exceden de los límites establecidos en el apartado 7.3, se procederá de la siguiente manera:

- Si es en menos del 10 % del tramo controlado o de la longitud total de la obra para capas de rodadura, se corregirán los defectos de regularidad superficial por cuenta del Contratista. La localización de dichos defectos se hará sobre los perfiles longitudinales obtenidos en la auscultación para la determinación de la regularidad superficial.
- Si es igual o más de un 10 % de la longitud del tramo controlado o de la longitud total de la obra para capas de rodadura, se extenderá una nueva capa de mezcla bituminosa con el espesor que determine la Dirección de las Obras por cuenta del Contratista.

A9.10.5. Macrotextura superficial

En capas de rodadura, si se hubiese especificado o requerido el cumplimiento de una especificación, el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial no deberá resultar inferior al valor previsto en la tabla A9.10. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior al 90 %, se aplicará una penalización económica del 10%.
- Si es inferior al 90 %, se rechazará la capa, debiendo el Contratista por su cuenta, demolerla y reponerla, con un material aceptado por la Dirección de las Obras, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un individuo de la muestra ensayada del lote presente resultados inferiores al especificado en más del 25 %. De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos partes iguales y se tomarán testigos de cada uno de ellos, aplicándose los criterios descritos en este apartado.

A9.10.6. Resistencia al deslizamiento

En capas de rodadura, si se hubiese especificado o requerido el cumplimiento de una especificación, el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento no deberá ser inferior al valor previsto en la tabla A9.10. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior al 90 %, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).
- Si es inferior al 90 % se rechazará la capa, debiendo el Contratista por su cuenta, demolerla mediante fresado y reponerla, con un material aceptado por la Dirección de las Obras, o extender de nuevo otra capa similar sobre la rechazada, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un 5 % de longitud total medida presente un resultado inferior a dicho valor en más de cinco unidades. De no cumplirse esta condición se medirá de nuevo para contrastar el cumplimiento de este apartado.

A9.11. MEDICIÓN Y ABONO

La preparación de la superficie existente se considerará incluida en la unidad de obra correspondiente a la construcción de la capa inferior, y por tanto, no habrá lugar a su abono por separado. Únicamente cuando dicha capa de asiento se haya realizado mediante otro contrato, se podrá abonar la comprobación y, en su caso, reparación de la superficie existente por metros cuadrados realmente ejecutados.

El riego de adherencia se abonará de acuerdo con lo prescrito en el artículo 531 del PG-3.

La fabricación y puesta en obra de las mezclas bituminosas templadas se abonará por toneladas, según su tipo, obtenidas multiplicando las dimensiones señaladas para cada capa en los Planos del Proyecto por los espesores y densidades medios deducidos de los ensayos de control de cada lote. En dicho abono se considera incluido el de los áridos, incluso los procedentes del fresado de mezclas bituminosas, en su caso, y el del polvo mineral. No serán de abono los sobreanchos laterales, ni los aumentos de espesor por corrección de mermas en capas subyacentes.

Para áridos con peso específico superior a 3 g/cm^3 (áridos siderúrgicos), el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá establecer, también, el abono por unidad de superficie, con la fijación de unos umbrales de dotaciones o espesores, de acuerdo con lo indicado en este artículo.

La emulsión bituminosa empleada se abonará por toneladas, obtenidas multiplicando la medición correspondiente de mezclas bituminosas puestas en obra por el porcentaje medio de ligante residual deducido de los ensayos de control de cada lote. Se considerará incluido en dicho

precio y, por tanto, no será de objeto de abono independiente, el empleo de activantes o aditivos al ligante, así como tampoco el ligante residual del RA, en su caso.

El polvo mineral de aportación y las adiciones de la mezcla bituminosa templada con emulsión, sólo se abonarán si la unidad de obra correspondiente estuviera explícitamente incluida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y su medición prevista en el Presupuesto del Proyecto. Su abono será por toneladas, obtenidas multiplicando la medición correspondiente de mezclas bituminosas puesta en obra por su dotación media en las mismas.

Donostia - San Sebastián, 1. 01010 VITORIA-GASTEIZ

ANEJO 10 – MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS EN FRÍO

A10.1. DEFINICIÓN

Se define como mezcla bituminosa abierta en frío la combinación de áridos gruesos con una emulsión bituminosa y eventualmente aditivos, que resulta en un contenido alto de huecos y cuyo proceso de fabricación no requiere, salvo situaciones excepcionales, calentar previamente los componentes. La mezcla, que puede ser almacenada, se debe poder extender y compactar a temperatura ambiente.

Las mezclas bituminosas abiertas en frío se utilizan como capas de rodadura e intermedia, en espesores entre 2,5 y 8 cm. En su utilización como capa de rodadura, en ocasiones, se protegen temporalmente para facilitar la compactación con un árido de cobertura. También se pueden utilizar como capa intermedia colocando sobre ellas:

- Una o dos capas de microaglomerado en frío.
- Un tratamiento superficial mediante riego con gravilla.

Su ejecución incluye las operaciones siguientes:

- Estudio previo de los materiales.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Preparación, si es necesario, de la superficie que recibirá la mezcla.
- Fabricación de la mezcla de acuerdo con la fórmula de trabajo.
- Almacenamiento de la mezcla, si procede.
- Transporte de la mezcla al lugar de empleo.
- Extensión y compactación de la mezcla.
- Ejecución de un tratamiento de protección, si procede.

A10.2. MATERIALES

A10.2.1. Consideraciones generales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Reglamento 305/2011, de 9 de marzo de 2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción.

Para los productos con marcado CE, el fabricante asumirá la responsabilidad sobre la conformidad de los mismos con las prestaciones declaradas, de acuerdo con el artículo 11 del mencionado Reglamento. Los productos que tengan el marcado CE deberán ir acompañados, además de dicho marcado, de la Declaración de Prestaciones, y de las instrucciones e información de seguridad del producto. Por su parte, el Contratista deberá verificar que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permitan deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el Proyecto o, en su defecto, en este Pliego, debiendo adoptar, en el caso de que existan indicios de incumplimiento de las

especificaciones declaradas, todas aquellas medidas que considere oportunas para garantizar la idoneidad del producto suministrado a la obra.

Independientemente de lo anterior, se estará además en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, de producción, almacenamiento, gestión y transporte de productos de la construcción, de residuos de construcción y demolición, y de suelos contaminados. No se admite el uso de emulsiones bituminosas que contengan betunes oxidados, alquitranes u otras sustancias derivadas de la destilación de productos carbonosos, hulla u otro.

A10.2.2. Emulsiones bituminosas

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo de emulsión bituminosa dependiendo de la situación de la capa en el firme, el tipo de árido y de la categoría de tráfico pesado, definidas estas últimas en la Norma para el Dimensionamiento de Firmes de la Red de Carreteras del País Vasco. Salvo justificación en contrario, la emulsión bituminosa a emplear se corresponderá con los tipos indicados en la tabla A10.1A.

TABLA A10.1A – TIPO DE EMULSIÓN BITUMINOSA A EMPLEAR

POSICIÓN DE LA CAPA	TRÁFICO			
	T3A [1]	T3B [1]	T4A [1][2]	T4B [2]
Rodadura	C67BPF3 MBA C70BPF3 MBA A67BPFM		C67BPF3 MBA- C67BF3 MBA C70BPF3 MBA - C70F3 MBA A67BPFM MBA – A67BFM	
Intermedia	C67BF3 MBA - C70F3 MBA - A67BFM			

(1): Para las mezclas bituminosas fabricadas con áridos ofíticos o siderúrgicos empleadas en firmes con categoría de tráfico pesado tipo T3 o en capa de rodadura con categoría de tráfico pesado tipo T4, se empleará la emulsión bituminosa tipo C70BPF3 MBA, que podrá ser sustituida por la del tipo C67BPF3 MBA, previa autorización de la Dirección de las Obras.
(2): Para las mezclas bituminosas fabricadas con áridos ofíticos o siderúrgicos empleadas en capa intermedia en firmes con categoría de tráfico pesado tipo T4, se empleará la emulsión bituminosa tipo C70BF3 MBA, que podrá ser sustituida por la del tipo C67BF3 MBA, previa autorización de la Dirección de las Obras.

En cualquier caso, dichas emulsiones cumplirán lo indicado en la norma UNE-EN 13808 y su Anejo Nacional (tabla A10.1B) para las emulsiones catiónicas, o en la norma UNE 51603 para las emulsiones aniónicas (tabla 10.1C).

TABLA A10.1B.1 – ESPECIFICACIONES DE LAS EMULSIONES BITUMINOSAS CATIÓNICAS

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	C67BF3 MBA [1]	C67BPF3 MBA [2]
CLASES PRESTACIONALES PARA LA EMULSIÓN ORIGINAL			
Índice de ruptura (filler Forshammer)	13075-1	70 – 155 (Clase 3)	70 – 155 (Clase 3)
Tiempo de fluencia 4 mm a 40 °C	12846-1	5 – 70 (Clase 5) [1]	5 – 70 (Clase 5) [1]
Adhesividad con el árido de referencia	13614	≥ 90 (Clase 3)	≥ 90 (Clase 3)
Contenido de ligante (por contenido en agua) o ligante residual después de la destilación)	1428 1431 (4)	65 - 69 (Clase 8) ≥ 65 (Clase 10)	65 - 69 (Clase 8) ≥ 65 (Clase 10)
Residuo de tamizado (tamiz 0,5 mm)	1429	≤ 0,1 (Clase 2)	≤ 0,1 (Clase 2)
Tendencia a la sedimentación a siete días	12847	≤ 5 (Clase 2)	≤ 5 (Clase 2)
CLASES PRESTACIONALES PARA EL LIGANTE RESIDUAL OBTENIDO POR DESTILACIÓN (UNE-EN 1431)			
Penetración a 25 °C Penetración a 15 °C	1426	≤ 300 (Clase 7) [2] 90 – 170 (Clase 8)	< 220 (Clase 5) DV (Clase 1)
Punto de reblandecimiento	1427	< 35 (Clase 9) [3]	≥ 39 (Clase 7)
Energía de cohesión por el ensayo del péndulo	13588	----	≥ 0,5 (Clase 6)
Energía de cohesión por el ensayo de ductilidad	13588 - 13703	----	≥ 0,5 a 5 °C (Clase 5)
Recuperación elástica a 25 °C	13398	----	DV (Clase 1)
Penetración a 25 °C Penetración a 15 °C	1426	≤ 300 (Clase 7) [2] 90 – 170 (Clase 8)	< 220 (Clase 5) DV (Clase 1)

(1): Se admite el empleo de emulsiones de tiempo de fluencia Clase 6 (40 – 100 a 40 °C con orificio de 4 mm)
(2): Se admite clase 4 (≤ 150) en penetración y clase 6 (≥ 43) en el punto de reblandecimiento en emulsiones fabricadas con betunes más duros, a emplear con tráfico intenso.
(3): Se admite clase 7 (≤ 330) en penetración a 25 °C y clase 8 (≥ 35) en el punto de reblandecimiento, para emulsiones fabricadas con betunes más duros, a emplear con tráfico intenso.

Tabla A10.1B.2 – Especificaciones de las emulsiones bituminosas catiónicas

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	C70BF3 MBA [1]	C70BPF3 MBA [2]
Clases prestacionales para la emulsión original			
Índice de ruptura (filler Forshammer)	13075-1	70 – 155 (Clase 3)	70 – 155 (Clase 3)
Tiempo de fluencia 4 mm a 40 °C	12846-1	5 – 70 (Clase 5) [1]	5 – 70 (Clase 3) [1]
Adhesividad con el árido de referencia	13614	≥ 90 (Clase 3)	≥ 90 (Clase 3)
Contenido de ligante (por contenido en agua) o ligante residual después de la destilación)	1428 1431 [2]	≥ 69 (Clase 10) ≥ 69 (Clase 10)	≥ 69 (Clase 10) ≥ 69 (Clase 10)
Residuo de tamizado (tamiz 0,5 mm)	1429	≤0,1 (Clase 2)	≤ 0,1 (Clase 2)
Tendencia a la sedimentación a siete días	12847	≤ 5 (Clase 2)	≤ 5 (Clase 2)
Clases prestacionales para el ligante residual obtenido por destilación (UNE-EN 1431)			
Penetración a 25 °C Penetración a 15 °C	1426	≤ 300 (Clase 7) [3] 90 – 170 (Clase 8)	≤220 (Clase 5) DV (Clase 1)
Punto de reblandecimiento	1427	< 35 (Clase 9) [4]	≥ 39 (Clase 7)
Energía de cohesión por el ensayo del péndulo	13588	----	≥ 0,5 (Clase 6)
Energía de cohesión por el ensayo de ductilidad	13588 - 13703	----	≥ 0,5 a 5 °C (Clase 5)
Recuperación elástica a 25 °C	13398	----	DV (Clase 1)

(1): Se admite el empleo de emulsiones de tiempo de fluencia Clase 6 (40 – 100 a 40 °C con orificio de 4 mm)
(2): El contenido de ligante de la emulsión determinado por el método de destilación descrito en la norma UNE EN 1431, debe definirse como (porcentaje en masa de ligante residual + contenido en masa del fluidificante destilado).
(3): Se admite clase 4 (≤ 150) en penetración y clase 6 (≥ 43) en el punto de reblandecimiento en emulsiones fabricadas con betunes más duros, a emplear en zonas con tráfico intenso.
(4): Se admite clase 7 (≤ 330) en penetración a 25 °C y clase 8 (≥ 35) en el punto de reblandecimiento, para emulsiones fabricadas con betunes más duros, a emplear en zonas con tráfico intenso.

Tabla A10.1C – Especificaciones de las emulsiones bituminosas aniónicas

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	A67BFM [1]	A67BPFM [1]
Clases prestacionales para la emulsión original			
Polaridad de las partículas	1430	Negativa	Negativa
Contenido de ligante (% m/m)	1428	65 – 69	65 – 69
Fluidificante por destilación (% m/m)	1431	3 – 10	3 – 10

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	A67BFM (1)	A67BPFM (1)
Clases prestacionales para la emulsión original			
Tiempo de fluencia 4 mm a 40 ºC (s)	12846-1	5 – 70	5 – 70
Tamizado por 0,5 mm (%)	1429	≤ 0,10	≤ 0,10
Sedimentación a los siete días (%)	12847	≤ 5	≤ 5
Ligante residual obtenido por destilación (UNE-EN 1431)			
Penetración a 25 °C	1426	≤ 270 (Clase 7)	≤ 220 (Clase 5)
Punto de reblandecimiento	1427	≥ 35	≥ 39
Recuperación elástica a 25 °C	13398	----	≥ 40

(1): Se emplearán emulsiones bituminosas aniónicas en la fabricación de mezclas bituminosas fabricadas con áridos calizos (básicos) empleadas en capas de rodadura o intermedia de firmes con categoría de tráfico pesado T4. Serán del tipo A67BPFM, cuando concurran especiales condiciones de tráfico pesado, clima o trazado, pudiendo ser sustituida por la del tipo A67BFM en los demás casos, previa autorización de la Dirección de las Obras.

A10.2.3. Áridos

Se adoptan las denominaciones siguientes:

- Árido grueso es la parte del conjunto de fracciones granulométricas retenida en el tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2.
- Árido combinado es el obtenido mezclando las distintas fracciones de los áridos según las proporciones fijadas en la fórmula de trabajo.

Dado que las mezclas bituminosas abiertas en frío están constituidas por áridos gruesos, las condiciones que a continuación se establecen están referidas a dichos áridos.

A10.2.3.1. Condiciones generales

Los áridos a emplear en las mezclas bituminosas abiertas en frío podrán ser naturales o artificiales (siderúrgicos), siempre que cumplan las especificaciones recogidas en este artículo. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, podrá exigir propiedades o especificaciones adicionales cuando se vayan a emplear áridos cuya naturaleza o procedencia así lo requiriese.

También podrá emplearse como árido el material bituminoso recuperado de fresados de mezclas bituminosas (RA), previa separación del material fresado que pasa por el tamiz 2 mm. En este caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, establecerá la proporción de RA a emplear, que dependerá de la capa en que se utilice, sin que en ningún caso supere el 15% en capas de rodadura ni el 30% en capas intermedias.

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas dosificadoras.

A10.2.3.2. Inalterabilidad

Los áridos no serán susceptibles de experimentar ningún tipo de meteorización o de alteración física o química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo. Podrá exigirse la realización de un estudio petrográfico de los áridos según la norma UNE-EN 932-3, para determinar los componentes minerales, así como el grado de alteración y meteorización de los mismos.

Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar los suelos o corrientes de agua. Si se considera conveniente, para caracterizar los componentes solubles de los áridos de cualquier tipo, naturales, artificiales o RA, que puedan ser lixiviados y que puedan significar un riesgo potencial para el medio ambiente o para los elementos de construcción situados en sus proximidades, se empleará la norma UNE-EN 1744-3.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, la Dirección de las Obras, podrá fijar ensayos específicos para determinar la inalterabilidad del material.

A10.2.3.3. Limpieza y homogeneidad

Los áridos estarán exentos de arcilla, materia vegetal, margas u otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa; en caso contrario, la Dirección de las Obras podrá exigir su limpieza por lavado, aspiración u otros métodos por él aprobados y una nueva comprobación.

El árido a emplear será preferiblemente de una única procedencia y naturaleza. Si se obtuviesen como combinación de áridos de distinta procedencia o naturaleza, cada uno de ellos deberá cumplir las especificaciones de este apartado 2.3. Si el árido fuese de un único origen pero hubiese indicios de la presencia de partículas diferenciadas o alteradas se realizará el ensayo de homogeneidad conforme a la norma UNE 146147. Una vez separadas manualmente las partículas que presenten un aspecto distinto a las que se den mayoritariamente se obtendrá el coeficiente de homogeneidad, que deberá ser inferior al 5 % para que la muestra se considere homogénea. Si el coeficiente de homogeneidad es igual o superior al 5 %, se realizará sobre la muestra distinta el ensayo de determinación del coeficiente de desgaste Los Ángeles, según la norma UNE-EN 1097-2, considerándose el material no homogéneo y, por tanto, inaceptable, cuando este coeficiente sea superior al límite de este parámetro correspondiente al tipo de capa que se destine.

A10.2.3.4. Requisitos físicos y geométricos del árido grueso

El árido grueso cumplirá los requisitos fijados en la tabla A10.2.

Tabla A10.2 – Requisitos del árido grueso (Tráficos T3 Y T4)

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	TIPO DE CAPA	
		RODADURA[1]	INTERMEDIA
REQUISITOS GEOMÉTRICOS			
Contenido en finos del árido grueso (<0,063 mm)	933-1	f_1	f_1
Forma	933-3	FI_{20}	FI_{25}
REQUISITOS FÍSICOS			
Proporción de partículas parcial y totalmente trituradas y de partículas totalmente redondeadas	933-5	$C_{90/1}$	$C_{90/1}$
Resistencia a la fragmentación[2 y 3]	1097-2	LA_{20}	LA_{30}
Resistencia al desgaste	1097-1	$M_{DE}20$	-
Resistencia al pulimento acelerado	1097- 8	PSV_{50}	-
Densidad de las partículas	1097-6	A declarar	
Absorción de agua	1097-6	A declarar	
REQUISITOS QUÍMICOS			
Composición química[4]	932-3 1744-1	A declarar (cal libre < 0,5%)	A declarar (cal libre < 0,5%)
Estabilidad volumétrica[4]	1744-1	$V_{3,5}$	$V_{3,5}$
REQUISITOS DE DURABILIDAD			
Resistencia a ciclos de hielo-deshielo[5]	1367-1	F_1	
Valor de sulfato de magnesio	1367-2	MS_{18}	
Resistencia al choque térmico	1367-5	A declarar	
Sonnenbrand del basalto	1367-3 1097-2	A declarar	
Afinidad a los ligantes bituminosos	12697-11	A declarar	

[1]Si la mezcla abierta en frío va protegida por microaglomerado en frío o tratamiento mediante riego con gravilla, los requisitos a exigir serán los de las capas intermedias.

[2]La resistencia a la fragmentación de cualquier selección de partículas (siempre que supongan un porcentaje superior al 5% en peso de la fracción total) debe cumplir la categoría especificada.

[3]Se admite una desviación de hasta 5 puntos en los ensayos de fragmentación y desgaste, siempre que se cumpla que LA + MDE sea inferior a 40.

[4]Únicamente se exigirá a los áridos siderúrgicos.

[5]Únicamente se exigirá cuando la absorción de agua (Wcm) sea superior a 0,5 y el árido no sea siderúrgico.

A10.2.3.5. Requisitos del árido de cobertura

El árido de cobertura a emplear será arena de machaqueo. La totalidad del árido deberá pasar por el tamiz 4 mm y no contener más de un 15% de partículas inferiores al tamiz 0,063 mm, de acuerdo con la norma UNE-EN 933-1.

El árido deberá estar exento de todo tipo de suciedad, terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas. El equivalente de arena (SE4) del árido (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8), para la fracción 0/4 del árido deberá ser superior o igual a 40 (SE40).

El material deberá ser «no plástico» (normas UNE 103103 y UNE 103104).

A10.2.4. Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, fijará los aditivos que puedan utilizarse estableciendo las especificaciones que tendrán que cumplir tanto el aditivo como las mezclas bituminosas resultantes. La dosificación y dispersión homogénea del aditivo deberán ser aprobadas por la Dirección de las Obras

A10.3. TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA BITUMINOSA ABIERTA EN FRÍO

La denominación de las mezclas abiertas en frío seguirá el esquema siguiente:

AF D surf/bin Ligante

Donde:

AF	Indicación relativa a que la mezcla bituminosa es Abierta en Frío.
D	Tamaño máximo nominal del árido, expresado como la abertura del tamiz que deja pasar entre un 90% y 100% del total del árido.
surf/bin	Abreviaturas relativas al tipo de capa de empleo de la mezcla, rodadura o, intermedia, respectivamente. En el caso de empleo en capa de regularización se asignará, también, la abreviatura bin.
Ligante	Tipo de emulsión bituminosa empleada.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para cada caso, el tipo y composición de la mezcla bituminosa abierta en frío y el contenido de ligante residual.

El huso granulométrico dentro del que deberá estar comprendida la curva granulométrica del árido combinado será uno de los indicados en la tabla A10.3. El análisis granulométrico se realizará según la UNE-EN 933-1.

Tabla A10.3 - Husos granulométricos del árido de la mezcla bituminosa abierta en frío

TIPO DE MEZCLA	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (% en masa) ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)						
	32	22	16	11	8	4	2
AF 8				100	90-100	10-45	0-5
AF 11			100	90-100	50-75	10-30	0-5
AF 16		100	90-100	60-85	30-55	6-24	0-5
AF 22	100	90-100	55-80	40-65	20-40	5-20	0-5

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el tipo y espesor de mezcla bituminosa en frío que ha de emplearse en cada caso, de acuerdo con lo indicado en la tabla A10.4.

Tabla A10.4 – Tipo de mezcla bituminosa abierta en frío en función del tipo y espesor de la capa

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	POSICIÓN	TIPO DE MEZCLA	ESPESOR (cm)
T3A, T3B, T4A, T4B Y ARCENES	Rodadura	AF 8	2,5 < e ≤ 4
		AF 11	4 < e ≤ 6
	Intermedia	AF 8 (*)	Variable, Máximo 4
		AF 11 (*)	Variable, Máximo 6
		AF 16	5 < e ≤ 6
		AF 20	6 < e ≤ 8

(*) Estas granulometrías más finas se emplearán únicamente en capas de regularización

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, fijará la dosificación mínima del ligante bituminoso residual de la mezcla bituminosa abierta en frío que, en cualquier caso, deberá cumplir lo indicado en la A10.5, según el tipo de mezcla bituminosa abierta en frío, la categoría de tráfico pesado y la posición de la capa.

Tabla A10.5 – Dotación mínima de ligante hidrocarbonado residual (% en masa sobre el total de la mezcla, incluidas las eventuales adiciones)

MATERIAL	POSICIÓN	DOTACIÓN MÍNIMA * (%)
T3A, T3B Y T4A	Rodadura	4,5
	Intermedia	4,0
T4B Y ARCENES	Rodadura	4,0
	Intermedia	3,5

*El porcentaje máximo de ligante estará condicionado a que no se produzca escurrimiento de ligante en la mezcla.

En el caso de que la densidad de los áridos (norma UNE-EN 1097-6), sea diferente de 2,65 g/cm^3, los contenidos mínimo y máximo anteriores se deben corregir multiplicando por el factor $\alpha = 2{,}650/\rho_d$, siendo ρ_d la densidad de las partículas del árido.

A10.4. EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

A10.4.1. Consideraciones generales

No se podrá utilizar en la ejecución de la mezcla bituminosa abierta en frío ningún equipo que no haya sido previamente empleado en el tramo de prueba y aprobado por la Dirección de las Obras.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

A10.4.2. Central de fabricación

La fabricación de las mezclas bituminosas en frío se llevará a cabo en centrales de mezclado, las cuales pueden ser fijas o móviles. Se podrán utilizar centrales de fabricación de mezcla continua o discontinua. Irán provistas de dispositivos adecuados que permitan dosificar, por separado, la emulsión bituminosa y los áridos, con una precisión compatible con las tolerancias fijadas en la fórmula de trabajo.

Si se utilizan centrales específicas para mezclas en frío de funcionamiento continuo podrán ser de dosificación volumétrica, pero en este caso se deberá extremar el cuidado en la elección de los áridos (uniformidad y limpieza), así como en la formación de acopios. El mezclador de la central deberá contar con algún sistema que permita regular el tiempo de mezclado, bien por compuerta o por inclinación del mezclador y la producción se ajustará para conseguir que el nivel de mezcla dentro del mezclador no sobrepase la altura alcanzada por las paletas.

Previamente al comienzo de la obra, se realizará una calibración completa de los sistemas de dosificación de áridos y de emulsión, debiendo repetirse cada vez que haya variaciones en el suministro de materiales.

Se podrán utilizar también las centrales para fabricación de las mezclas bituminosas en caliente. En este caso, la fabricación de la mezcla en frío se realizará eliminando total o parcialmente la actuación del quemador del tambor-secador.

Las tolvas de almacenamiento de los áridos deberán tener paredes resistentes y estancas y bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente. Estarán provistas de una rejilla que permita limitar el tamaño máximo, así como de un rebosadero que evite que un exceso de contenido afecte al huso granulométrico especificado. Se dispondrán con una separación suficiente para evitar contaminaciones entre ellas y deberán estar provistas a su salida de dispositivos ajustables de dosificación.

Su número mínimo dependerá del número de fracciones de árido que exija la fórmula de trabajo adoptada, pero en todo caso no será inferior a dos para los tipos AF 8 y AF 11, y a tres para el tipo AF 16 y AF 22.

La emulsión deberá estar ajustada a las características del árido, de forma que la rotura de la emulsión se produzca lo más rápidamente posible después de salida del mezclador, de manera que se optimice la envuelta de los áridos y se minimice el riesgo de escurrimientos en el acopio de la mezcla o en el transporte.

El sistema de almacenamiento y alimentación de emulsión será el adecuado para permitir una buena circulación de ligante con caudal uniforme, y debe asegurar una correcta dosificación, cuidando especialmente de que en las válvulas no existan fugas, goteos ni obstrucciones.

En el caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá contar con un sistema de dosificación específico, y aprobado por la Dirección de las Obras.

La Dirección de las Obras aprobará el equipo de fabricación, una vez realizadas las pruebas de producción y comprobadas la correcta dosificación y homogeneización de la mezcla.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares señalará la producción horaria mínima de la central, en función de las características y necesidades mínimas de consumo de la obra.

A10.4.3. Elementos de transporte

La mezcla bituminosa se transportará al lugar de empleo en camiones volquete de caja abierta, lisa y estanca, perfectamente limpia que se tratará, para evitar que la mezcla se adhiera a ella. Deberán disponer de lonas o cobertores adecuados que cubran totalmente la caja del camión para proteger la mezcla bituminosa durante su transporte.

La altura y forma de los camiones será tal que, durante el vertido en la extendedora, el camión sólo toque a aquélla a través de los rodillos previstos al efecto.

Los medios de transporte deberán estar adaptados, en todo momento, al ritmo de ejecución de la obra teniendo en cuenta la capacidad de producción de la central y del equipo de extensión, con el fin de reducir las paradas al mínimo.

A10.4.4. Equipo de extensión

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá el tipo y las características del equipo de extensión. Se emplearán extendedoras autopropulsadas que estarán dotadas de los dispositivos necesarios para extender la mezcla con la anchura, el espesor y la configuración definidos en los Planos del Proyecto. Su capacidad y su potencia motriz serán las adecuadas a la producción prevista.

Las extendedoras deberán estar dotadas de un dispositivo automático de nivelación. Se comprobará, en su caso, que los ajustes del enrasador y de la maestra se atienen a las tolerancias mecánicas especificadas por el fabricante, y que dichos ajustes no han sido afectados por el desgaste o por otras causas.

Las anchuras mínima y máxima de extensión se fijarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por la Dirección de las Obras. Si al equipo de extensión pudieran acoplarse piezas para aumentar su anchura, éstas deberán quedar perfectamente alineadas con las existentes en la extendedora.

En lugares inaccesibles para la extendedora y en bacheos en pequeñas áreas, el extendido se podrá realizar de forma manual.

A10.4.5. Equipo de compactación

Se podrán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios y, en su caso, compactadores de neumáticos tras la aplicación del árido de cobertura. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá la composición mínima del equipo de compactación.

Todos los compactadores deberán ser autopropulsados, tener inversores del sentido de la marcha de acción suave y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos, en caso necesario.

Los compactadores de llantas metálicas no presentarán surcos ni irregularidades en ellas; su peso estará comprendido entre 8 y 10 toneladas. Los compactadores vibratorios tendrán dispositivos automáticos para eliminar la vibración al invertir el sentido de su marcha. Los de neumáticos, cuyo peso estará comprendido entre 10 y 22 toneladas, tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las ruedas delanteras con las traseras.

Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos tipos de compactadores serán aprobadas por la Dirección de las Obras, y serán las necesarias para conseguir una compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, sin producir roturas del árido ni arrollamientos de la mezcla bituminosa.

En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación normales, se emplearán otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se pretenda realizar y siempre deberán ser autorizados por la Dirección de las Obras.

A10.5. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

A10.5.1. Estudio de la mezcla bituminosa abierta en frío y obtención de la fórmula de trabajo

La producción de la mezcla bituminosa no se podrá iniciar en tanto que la Dirección de las Obras haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en el laboratorio y verificada en la central de fabricación y en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

- La identificación y proporción de cada fracción de árido en la alimentación (en masa).
- La granulometría de los áridos combinados, por los tamices establecidos en el huso granulométrico del apartado 3 de este Pliego.
- El tipo y características de la emulsión bituminosa.
- La dosificación de la emulsión bituminosa referida a la masa del total de los áridos, y la de los aditivos al ligante referida a la masa de la emulsión bituminosa.
- En su caso, el tipo y la dotación de las adiciones, referida a la masa total del árido combinado.

En el estudio previo de la fórmula de trabajo se ajustará el tipo y formulación de la emulsión a las características de los áridos, de forma que la rotura de la emulsión se produzca lo más rápidamente posible después de salida del mezclador para optimizar la envuelta de los áridos y minimizar el riesgo de escurrimientos en el acopio de la mezcla o en el transporte.

La dosificación de la emulsión bituminosa en la fórmula de trabajo se fijará teniendo en cuenta los materiales disponibles, la experiencia obtenida en casos análogos y verificando que la mezcla obtenida en la central de fabricación cumple los criterios establecidos en este Pliego.

El Contratista deberá entregar a la Dirección de las Obras para su aceptación, las características de las mezclas respecto de las siguientes propiedades:

- Contenido de huecos y densidad aparente asociada a ese valor.
- Tiempo de rotura y la calidad de la envuelta de la emulsión bituminosa frente a los áridos.
- Adhesividad frente al agua.
- Pérdida de partículas.
- Escurrimiento de ligante.

Se valorarán el tiempo de rotura y la envuelta de la emulsión bituminosa frente a los áridos combinados, mediante los ensayos recogidos en la NLT-145. El tiempo de rotura no superará los 90 segundos y la envuelta deberá ser satisfactoria.

La adhesividad frente al agua, determinada según la norma NLT-196, será tal que la proporción de superficie de árido cubierto sea superior al 80 %.

Deberá comprobarse que con la dosificación fijada no se produce un escurrimiento de ligante de la mezcla superior al uno por ciento, realizando el ensayo mediante la norma UNE-EN 12697-18 (método de la cesta), a temperatura ambiente. En caso contrario, se deberá ajustar la velocidad de rotura de la mezcla bituminosa, o bien la granulometría de los áridos combinados, en cuyo caso se repetirá el proceso de dosificación.

Las probetas para los ensayos de huecos, densidad aparente y pérdida de partículas se compactarán mediante el sistema de impactos siguiendo la norma UNE-EN 12697-30, aplicando cincuenta golpes por cara. El procedimiento operativo para el curado de las probetas deberá seguir los siguientes pasos:

- Las probetas compactadas se dejarán deslizar hasta enrasarlas con una de las aberturas del molde y se apoyarán sobre una superficie rígida y perforada, por ejemplo, una rejilla metálica con perforaciones de 3 – 4 mm.
- Se introducirán las probetas y su soporte en una estufa de convención forzada para su curado. El período de curado será de 48 horas a 45±2 °C.
- Al finalizar este período se observará si se ha producido escurrimiento de ligante sobre la superficie de apoyo. Si hubiese escurrimiento se deberá modificar el tipo de emulsión o la granulometría y repetir el proceso de dosificación. Si no se ha producido escurrimiento, se sacarán de la estufa dejándolas enfriar un mínimo de 2 horas, hasta temperatura ambiente, para desmoldarlas posteriormente.
- Una vez desmoldadas cada una de las probetas se envolverá lateralmente con una tira sujetadora de plástico, tipo mosquitera de 2 mm de luz de malla, que se fijará a la probeta con dos gomas elásticas.
- A continuación, se volverán a colocar de nuevo las probetas sobre la bandeja, apoyadas sobre su base, y se introducirá el conjunto en la estufa con ventilación forzada para el curado de las mismas a 45±2 °C durante 120 horas. El tiempo empleado en desmoldar las probetas, ponerles la malla sujetadora y meterlas en la estufa no deberá exceder de las 4 horas.

Se determinará la densidad aparente por dimensiones, según la norma UNE-EN 12697-6 y el contenido de huecos, según la norma UNE-EN 12697-8. Para el cálculo del contenido de huecos se determinará previamente la densidad máxima, según la norma UNE-EN 12697-5, siguiendo el procedimiento volumétrico en agua (método A), sobre muestra disgregada, curada a 7 días a 45 °C. El contenido de huecos será superior al 18%.

La pérdida de partículas, determinada a 25 °C según la norma UNE-EN 12697-17, pero a 200 vueltas, no deberá rebasar el 25%.

Si la marcha de las obras lo aconseja, la Dirección de las Obras podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo, que deberá justificarse debidamente mediante un nuevo estudio y los ensayos oportunos. Se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo si varía la procedencia de alguno de los componentes, o si durante la producción se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en este artículo.

A10.5.2. Preparación de la superficie existente

Se comprobarán la regularidad superficial y el estado de la superficie sobre la que se vaya a extender la mezcla bituminosa. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, la Dirección de las Obras, indicará las medidas necesarias para obtener una regularidad superficial aceptable y, en su caso, para reparar las zonas dañadas.

Si la superficie existente estuviese constituida por un material no tratado, se aplicará sobre ella un riego de imprimación (artículo 530 del PG-3); en el caso de una superficie tratada con un ligante o conglomerante, se aplicará un riego de adherencia (artículo 531 del PG-3). Los riegos se realizarán con arreglo a las prescripciones de los artículos correspondientes del PG-3 y del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, con la salvedad de que no se podrán emplear emulsiones bituminosas termoadherentes en el riego de adherencia.

Se comprobará que haya transcurrido el plazo de rotura o de curado de estos riegos, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie; asimismo, si hubiera transcurrido mucho tiempo desde su aplicación, se comprobará que su capacidad de unión con la mezcla no hubiera disminuido en forma apreciable; en caso contrario, la Dirección de las Obras podrá ordenar una nueva aplicación.

A10.5.3. Aprovisionamiento

A10.5.3.1. Aprovisionamiento de la emulsión

El volumen mínimo de almacenamiento de cada tipo de emulsión a emplear será el correspondiente a un día de producción.

Se cumplirá lo indicado en la Norma UNE-EN 13808, según lo indicado en el apartado 2.2 de este artículo, y las del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

A10.5.3.2. Aprovisionamiento de áridos

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. Cada fracción será suficientemente homogénea y se podrá acopiar y manejar sin peligro de segregación. El número mínimo de fracciones será el necesario para cumplir las tolerancias exigidas a la granulometría de la mezcla en la Tabla A10.8 de este artículo.

En el momento de iniciar la fabricación de la mezcla bituminosa, las fracciones del árido estarán acopiadas en cantidad suficiente para permitir a la central un trabajo sin interrupciones. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, la Dirección de las Obras fijará el volumen mínimo de acopios exigibles en función de las características de la obra y del volumen de material tratado que se vaya a fabricar.

En obras pequeñas, con un volumen total inferior a 500 m^3, estará acopiada la totalidad de los áridos antes de empezar la fabricación de la mezcla bituminosa. En obras de mayor tamaño, el volumen mínimo a exigir en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares se determinará en

función de las características de la obra, con el margen de seguridad necesario, no siendo nunca inferior al correspondiente al 30% del total.

Cada fracción de árido se acopiará separada de las demás para evitar contaminaciones entre ellas. Si los acopios se dispusiesen sobre el terreno natural, no se utilizarán sus quince centímetros inferiores. Los acopios se construirán por capas sensiblemente horizontales de espesor no superior a 1,5 m, y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro de los áridos, se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un árido.

A10.5.4. Fabricación de la mezcla bituminosa

La carga de las tolvas de áridos se realizará de forma que su contenido esté siempre comprendido entre el cincuenta y el cien por ciento de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones de los áridos.

Las salidas de las tolvas y los dosificadores de áridos se regularán de forma que se obtenga la granulometría de la fórmula de trabajo con el caudal necesario para la producción prevista.

Si la central es de tipo continuo, se introducirán en el mezclador los áridos y, a continuación, la proporción de emulsión establecida.

Si la instalación es de tipo discontinuo, después de haber introducido en el mezclador los áridos, se agregará la cantidad de emulsión precisa para cada amasada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

Una vez realizadas las pruebas de producción y comprobada la correcta dosificación y homogeneización de la mezcla, la Dirección de las Obras aprobará el equipo de fabricación.

En el caso de utilizar instalaciones móviles, la Dirección de las Obras comprobará que el equipo reúne las condiciones necesarias para realizar una mezcla con la composición y homogeneidad requeridas.

A10.5.5. Acopio

La mezcla abierta en frío fabricada en central se podrá almacenar en silos o en pilas convenientemente dispuestos y, en su caso, protegidos de la intemperie. El tiempo de almacenamiento del material preparado vendrá fijado por la pérdida de trabajabilidad, deducida por la aglomeración irreversible de la mezcla bituminosa, que impida su manipulación y posterior puesta en obra.

La pala cargadora deberá dejar, al menos, 5 cm en la base del acopio para evitar la contaminación con el terreno del apoyo.

A10.5.6. Transporte

En el transporte de la mezcla bituminosa se tomarán las debidas precauciones para reducir al mínimo la segregación. Cualesquiera que sean las condiciones climáticas se cubrirá la mezcla bituminosa con lonas o cobertores adecuados que cubran totalmente la caja del camión.

A10.5.7. Extensión de la mezcla bituminosa

A menos que la Dirección de las Obras permita otro procedimiento, la extensión comenzará por el borde inferior, y se realizará por franjas longitudinales. La anchura de estas franjas se fijará de manera que se consiga la mayor continuidad de la extensión teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características del equipo de extensión y la producción de la central.

La extensión se realizará con extendedoras autopropulsadas y con anchura de extendido variable y regulable. La superficie de la capa extendida debe resultar lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, y con un espesor tal que, una vez compactada, se obtengan las rasantes y sección transversal indicadas en los planos del Proyecto, con las tolerancias establecidas en el epígrafe 7.1 de este artículo.

La mezcla bituminosa se extenderá siempre en una sola tongada. La extensión se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la extendedora a la producción de la central de fabricación, de modo que sea constante y que no se detenga.

La operación de extensión se detendrá si se observa que se produce segregación o contaminación o falta de uniformidad en la textura superficial, y se procederá a efectuar las correcciones necesarias para impedirlo.

A10.5.8. Compactación de la mezcla bituminosa

La compactación se realizará según el plan aprobado por la Dirección de las Obras, de acuerdo con los resultados del tramo de prueba.

La compactación se efectuará longitudinalmente, de manera continua y sistemática, comenzando por los bordes, progresando hacia el centro y solapándose en cada recorrido una anchura no inferior a un tercio de la anchura del compactador.

Si la extensión del material se realiza por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya, al menos, 15 cm de la anterior, evitando así la junta longitudinal. En todo caso, se evitará que los camiones circulen sobre la zona sin compactar.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano al equipo de extensión, y los cambios de dirección y de sentido se realizarán sobre material ya compactado y con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

Para evitar que las ruedas de los compactadores de neumáticos se adhieran a la mezcla bituminosa el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, podrán establecer la necesidad de ejecutar un tratamiento de protección de la superficie.

Dicho tratamiento consistirá en la aplicación y apisonado de un árido de cobertura sobre la mezcla ya compactada.

El árido de cobertura cumplirá las especificaciones dadas en el epígrafe 2.3.5 de este artículo e irá con la dotación aprobada por la Dirección de las Obras. En cualquier caso, la dosificación del árido será no inferior a 2 l/ m^2, ni superior a 5 l/ m^2, y en su aplicación se emplearán camiones provistos de dispositivos que aseguren una extensión uniforme y ajustada a la dotación prevista. Ocasionalmente, previa aprobación de la Dirección de las Obras podrá extenderse el árido de forma manual mediante palas y cepillos.

Tras su extensión se procederá al apisonado con un compactador de neumáticos y, previamente a la apertura al tráfico, y, en cualquier caso, antes de proceder a la protección definitiva de la mezcla bituminosa abierta en frío, si la hubiera, se barrerá para eliminar el árido sobrante.

A10.5.9. Ejecución de juntas de trabajo

Se dispondrán juntas de trabajo transversales al final de cada jornada.

Las juntas de trabajo se realizarán de forma que su borde quede perfectamente vertical, recortando parte de la capa terminada. Antes de reanudar la extensión de la mezcla bituminosa se aplicará en la junta una capa uniforme y delgada de emulsión bituminosa. La compactación de las juntas transversales se hará con rodillo metálico y se podrá aplicar una ligera vibración en el sentido perpendicular al eje.

Si se trabaja por fracciones de la anchura total, se dispondrán juntas longitudinales si transcurre más de una jornada entre la extensión de dos franjas contiguas, evitando que se sitúen en las zonas de rodada.

En el caso de construir por tongadas o capas superpuestas sus juntas transversales estarán separadas al menos 5 m y las longitudinales, al menos 15 cm.

A10.6. TRAMO DE PRUEBA

Antes de iniciarse la puesta en obra de cada tipo de mezcla bituminosa abierta en frío será preceptiva la realización de un tramo de prueba, para comprobar la fórmula de trabajo y la forma de actuación de los equipos de extensión y de compactación.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, fijará la longitud del tramo de prueba, que no será inferior a 100 m. La Dirección de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la unidad de obra definitiva.

Durante la ejecución del tramo de prueba se analizarán los siguientes aspectos:

- El funcionamiento del equipo de fabricación de la mezcla.
- La composición y el método de actuación del equipo de extensión y de compactación.
- El comportamiento del material en la compactación.

Se tomarán muestras de la mezcla bituminosa y se ensayarán para determinar su conformidad con las condiciones especificadas.

A la vista de los resultados obtenidos, la Dirección de las Obras definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo. En el primer caso se podrá iniciar la fabricación de la mezcla bituminosa. En el segundo, deberá proponer el Contratista las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en la central de fabricación o en los sistemas de extensión y compactación, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, definirá su forma específica de actuación. En el segundo, el Contratista deberá proponer nuevos equipos o incorporar otros suplementarios o sustitutorios.

No se podrá proceder a la producción sin que la Dirección de Obra haya autorizado el inicio en las condiciones aceptadas después del tramo de prueba.

A10.7. ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

A10.7.1. Rasante, espesor y anchura

La superficie acabada no deberá diferir de la teórica en más de 10 mm en capas de rodadura, ni de 15 mm en la capa intermedia.

El espesor de la capa no deberá ser inferior en ningún punto al previsto para ella en la sección tipo de los Planos de Proyecto, o en su defecto al que resulte de la aplicación de la dotación media de mezcla que figure en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

En perfiles transversales cada veinte metros, se comprobará la anchura de la capa extendida, que en ningún caso deberá ser inferior a la definida en los Planos.

A10.7.2. Regularidad superficial

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o la Dirección de las Obras podrán exigir en la capa terminada el cumplimiento de unos requisitos para el Índice de Regularidad Internacional (IRI), según la norma NLT-330. En ese caso, el IRI se obtendrá según lo indicado en 9.4 y deberá cumplir los valores de la tabla A10.6.

Tabla A10.6 - Índice de regularidad internacional (IRI) (dm/hm)

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	IRI
50	< 2,0
80	< 2,5
100	< 3,0

A10.7.3. Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento

La superficie de la capa deberá presentar una textura homogénea, uniforme y exenta de segregaciones.

Únicamente a efectos de recepción de las capas de rodadura, el Pliego de Prescripciones Técnicas o la Dirección de las Obras podrán exigir el cumplimiento de unos valores mínimos de la macrotextura superficial, obtenida mediante el método volumétrico o por el texturómetro láser como medio rápido de control, contrastados ambos en el tramo de prueba correspondiente, según la norma UNE-EN 13036-1 y de la resistencia al deslizamiento de la superficie de un pavimento, obtenida a través de la medición del coeficiente de rozamiento transversal (CRTS): SCRIM, según la norma UNE 41201 IN, que no deberán ser inferiores a los valores indicados en la tabla A10.7.

No obstante, se podrán utilizar equipos de ensayo para la medida de la resistencia al deslizamiento alternativos al de medida transversal, como el equipo con el ratio de deslizamiento longitudinal fijo (CRLG): GripTester, incluido en la norma UNE 15901-7 IN, siempre que se demuestre una adecuada correlación entre sus resultados; sin embargo, no podrán utilizarse otros aparatos que no sean de alto rendimiento, tipo el péndulo portátil, salvo en situaciones muy específicas. Para realizar el ensayo de macrotextura la superficie debe estar libre de árido de protección. La macrotextura superficial se medirá inmediatamente antes de la puesta en obra de la capa de rodadura.

La medida de la resistencia al deslizamiento deberá realizarse una vez transcurridos dos meses de la puesta en servicio de la capa de rodadura, sin que hayan transcurrido más de tres meses y si ésta no se ha realizado en período seco, se realizará una segunda auscultación, transcurrido un período de tiempo no superior a diez meses desde la primera medida y en período seco, ambas dentro del plazo de garantía de la obra. Se adopta como período seco, aquél en el que la precipitación acumulada en los quince días anteriores a la realización de la medida no sea superior a 50 mm y transcurra entre los meses de junio y octubre, ambos inclusive. Se adoptará como valor de la resistencia al deslizamiento representativa del lote la que resulte más baja de las dos medidas.

Se tomarán como valores de la macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento las medias en 100 m de los valores cada 10 m. En caso de incumplimiento de estas dos características se estará a lo dispuesto en el apartado 10.4.

Tabla A10.7 –Valores mínimos de macrotextura superficial (MTD) y resistencia al deslizamiento transversal (CRTS)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	NORMA UNE	TIPO DE MEZCLA	
		AF 8	AF 11
Macrotextura superficial (mm)	EN 13036-1[(1)]	1,0	1,5
Resistencia al deslizamiento (%)	41201 IN[(2)]	50	

[(1)]Medida inmediatamente antes del enarenado
[(2)]Medida una vez transcurridos 2 meses de la puesta en servicio de la capa

A10.8. LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

Salvo autorización expresa de la Dirección de las Obras, no se permitirá la puesta en obra de mezclas bituminosas abiertas en frío:

- Cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a 8 °C.
- Con viento intenso, después de una helada, o si se producen precipitaciones atmosféricas, la Dirección de las Obras podrá aumentar dicho límite.

No se podrá abrir a la circulación la capa ejecutada mientras no esté terminada su compactación y, en su caso, el tratamiento de protección. Durante las primeras horas se procurará que el tráfico circule a baja velocidad y sin realizar maniobras bruscas sobre la mezcla. Si se hubiera extendido un exceso de recebo y quedará árido suelto sobre la superficie se procederá a la realización de un barrido general de la capa.

A10.9. CONTROL DE CALIDAD

A10.9.1. Control de procedencia de los materiales

En el caso de productos que deban tener el marcado CE, según el Reglamento 305/2011, para el control de procedencia de los materiales, se llevará a cabo la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplen las especificaciones establecidas en este Pliego. Independientemente de la aceptación de la veracidad de las propiedades referidas en el marcado CE, si se detectara alguna anomalía durante el transporte, almacenamiento o manipulación de los productos, la Dirección de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones y ensayos sobre los materiales suministrados a la obra, al objeto de asegurar las propiedades y la calidad establecidas en el presente artículo.

En el caso de productos que no tengan la obligación de disponer de marcado CE por no estar incluidos en normas armonizadas, o corresponder con alguna de las excepciones establecidas en el artículo 5 del Reglamento 305/2011, se deberá llevar a cabo obligatoriamente los ensayos de identificación y caracterización para el control de procedencia que se indican en los epígrafes siguientes.

A10.9.1.1. Control de procedencia de la emulsión bituminosa

Cada cisterna de emulsión bituminosa que llegue a obra irá acompañada de un albarán y, en el caso de las emulsiones catiónicas, de la información relativa al etiquetado y marcado CE de la norma UNE-EN 13808. El albarán contendrá específicamente los siguientes datos:

- Nombre y dirección de la empresa suministradora.
- Fecha de fabricación y de suministro.
- Identificación del vehículo que lo transporta.
- Cantidad que se suministra.
- Denominación comercial, si la hubiese, y tipo de emulsión bituminosa suministrada, de acuerdo con la denominación especificada en este artículo.

- Nombre y dirección del comprador y del destino.
- Referencia del pedido.

El etiquetado y marcado CE de las emulsiones catiónicas deberá incluir la información definida en el anejo ZA.3 de la norma UNE-EN 13808.

En el caso de las emulsiones aniónicas, el suministrador, además del albarán, deberá acompañar un certificado de análisis conforme a las características de la norma UNE 51603, que incluya como mínimo los siguientes datos:

- Contenido de ligante (norma UNE-EN 1428).
- Contenido de fluidificante (norma UNE-EN 1431).
- Viscosidad (tiempo de fluencia, norma UNE-EN12846-1).
- Características del ligante residual por destilación (norma UNE-EN 1431):
- Penetración a 25 °C (norma UNE-EN 1426).
- En el caso de las emulsiones modificadas, energía de cohesión por fuerza ductilidad (norma UNE-EN 13589 y UNE-EN 13703).

A10.9.1.2. Control de procedencia de los áridos

Los áridos deberán disponer del marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+, salvo en el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra (artículo 5.b del Reglamento 305/2011).

Cuando los áridos dispongan de marcado CE, el control de procedencia se podrá llevar a cabo mediante la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones establecidas en este Pliego, sin perjuicio de las facultades que corresponden a la Dirección de las Obras.

En el caso de los áridos fabricados por el propio contratista para su incorporación en la correspondiente obra y sin marcado CE, de cada procedencia y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán 4 muestras (norma UNE-EN 932-1) y para cada una de ellas se determinará:

- La granulometría de cada fracción (norma UNE-EN 933-1).
- El coeficiente Los Ángeles (LA) del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2).
- Índice de lajas (FI) del árido grueso (norma UNE-EN 933-3).
- Proporción de caras de fractura del árido grueso (norma UNE-EN 933-5).
- La resistencia al desgaste Micro-Deval, para capas de rodadura, según norma UNE-EN 1097-1.
- La densidad relativa de las partículas y la absorción (norma UNE-EN 1097-6).
- El contenido de finos (norma UNE-EN 933-1).
- El coeficiente de pulido acelerado para capas de rodadura (norma UNE-EN 1097-8).

La Dirección de las Obras comprobará, además:

- La retirada de la eventual montera en la extracción de los áridos.
- La exclusión de vetas no utilizables.

- La adecuación de los sistemas de trituración y de clasificación.

Estos ensayos se repetirán durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, no pudiéndose utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación de la Dirección de las Obras.

A10.9.2. Control de calidad de los materiales.

A10.9.2.1. Control de calidad de la emulsión bituminosa

Se estará a lo indicado en el epígrafe 2.2. En particular, las emulsiones bituminosas catiónicas cumplirán lo indicado en la norma UNE-EN 13808 y su anejo nacional, y las emulsiones aniónicas lo indicado en la norma UNE 51603.

En cualquier caso, la Dirección de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá fijar algún otro criterio adicional para el control de recepción de las cisternas.

A10.9.2.2. Control de calidad de los áridos

Se examinará la descarga en el acopio desechando los materiales que a simple vista presenten materias extrañas o tamaños superiores al máximo aceptado en la fórmula de trabajo. Se acopiarán aparte aquéllos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lajas, plasticidad, etc., hasta la decisión de su aceptación o rechazo. Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores y de los accesos.

Para los áridos que tengan marcado CE, la comprobación de las siguientes propiedades podrá llevarse a cabo mediante la verificación de los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE. No obstante, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o la Dirección de las Obras, podrá disponer la realización de las comprobaciones o ensayos adicionales que considere oportunos.

En los materiales que no tengan marcado CE se deberán hacer obligatoriamente los siguientes ensayos por cada fracción de árido que se produzca o reciba:

- Al menos dos veces al día:
  - Análisis granulométrico de cada fracción, según la norma UNE-EN 933-1
- Al menos una vez a la semana, o cuando se cambie de procedencia:
  - Índice de lajas, según la norma UNE-EN 933-3
  - Proporción de caras de fractura de las partículas del árido grueso, según la norma UNE-EN 933-5
  - Contenido en finos del árido grueso, según la norma UNE-EN 933-1
- Al menos una vez al mes, o cuando se cambie de procedencia:
  - Coeficiente Los Ángeles, según la norma UNE-EN 1097-2.
  - La resistencia al desgaste Micro-Deval, para capas de rodadura, según norma UNE-EN 1097-1.
  - Densidad relativa y absorción, según la norma UNE-EN 1097-6.

- Coeficiente de pulimento acelerado, para capas de rodadura, según la UNE-EN 1097-8.

A10.9.3. Control de ejecución

A10.9.3.1. Fabricación

Se tomará diariamente, según la norma UNE-EN 933-1, al menos 2 muestras, una por la mañana y otra por la tarde, de la mezcla de áridos, antes de su entrada en el mezclador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico del árido combinado, según la norma UNE-EN 933-1.

En las instalaciones de fabricación con mezclador de funcionamiento continuo se calibrará al menos una vez a la semana el flujo de la cinta suministradora de áridos, deteniéndola cargada, recogiendo y pesando el material existente en una longitud elegida.

Al menos semanalmente se verificará, la precisión de las básculas de dosificación, si las hubiere.

Se tomarán muestras en la descarga del mezclador, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

- Control del aspecto de la mezcla en cada elemento de transporte. Se rechazarán todas las mezclas segregadas y aquéllas con envuelta defectuosa.
- Al menos 2 veces al día (mañana y tarde) y al menos 1 vez por lote, sobre la muestra fabricada se determinará el porcentaje de ligante bituminoso residual, según la UNE-EN 12697-1 y la granulometría de los áridos extraídos, según la norma UNE-EN 12697-2.
- Al menos 1 vez a la semana se tomarán muestras para realizar el ensayo cántabro, según lo indicado en el epígrafe 5.1 de este Artículo.

Si se emplean plantas móviles, las muestras para los anteriores ensayos se tomarán a la salida del elemento de extensión.

Las tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo serán las indicadas en la tabla A10.8.

Tabla A10.8 – Tolerancias admisibles respecto de la fórmula de trabajo (% sobre la masa total)

CARACTERÍSTICA		T3A, T3B y T4B	T4B Y ARCENES
Cernido tamices (UNE-EN 933-2)	> 4 mm	± 4	± 6
	4 mm	± 2	± 3
	2 mm	± 1	±1,5
Ligante residual		±0,3	

A10.9.3.2. Puesta en obra

Extensión

Se medirá la temperatura ambiente para tener en cuenta las limitaciones que se fijan en el apartado 8 de este artículo.

Antes de verter la mezcla desde el elemento de transporte, se comprobará su aspecto.

Se verificará frecuentemente el espesor extendido, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por la Dirección de las Obras.

Compactación

Se comprobará la composición y forma de actuación del equipo de compactación, verificando:

- Que el número y el tipo de compactadores son los aprobados.
- El funcionamiento de los dispositivos de humectación, limpieza y protección.
- El lastre y la masa total de los compactadores y, en su caso, la presión de inflado de las ruedas de los compactadores de neumáticos.
- La frecuencia y la amplitud de los compactadores vibratorios.
- El número de pasadas de cada compactador.

A10.9.4. Control de recepción de la unidad terminada

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres criterios siguientes:

- Quinientos metros de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados de calzada.
- La fracción construida diariamente.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto. Se comprobará que la superficie extendida y compactada presenta un aspecto uniforme, así como una ausencia de segregaciones, en perfiles transversales cada 20 m. Se verificará también la anchura de la capa para el cumplimiento de lo establecido en el epígrafe 7.1.

El espesor de la capa se comprobará mediante la extracción de testigos en emplazamientos aleatorios, en número no inferior a 3 por lote.

Si así lo define el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o lo requiera la Dirección de las Obras se realizarán ensayos de regularidad superficial de los lotes, y, en capas de rodadura, los de textura o resistencia al deslizamiento.

La regularidad superficial de la capa ejecutada se comprobará en toda la longitud de la obra, mediante el Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330), que deberá cumplir lo

especificado en el epígrafe 7.2. En capas de rodadura la comprobación de la regularidad superficial tendrá lugar antes de la recepción definitiva de las obras.

La medida de la macrotextura superficial se realizará según la norma UNE-EN 13036-1, antes de la puesta en servicio de la capa, en cinco puntos del lote aleatoriamente elegidos de forma que haya al menos uno por hectómetro.

La determinación de la resistencia al deslizamiento se realizará según la norma UNE 41201 IN, tomando como valor de la resistencia al deslizamiento (CRT) representativo del lote el que resulte más bajo de los siguientes obtenidos durante el período de garantía de la obra: uno medido a los dos meses de la puesta en servicio de la capa, sin que hayan pasado más de tres meses, y si éste no se ha realizado en período seco, se realizará otra auscultación, transcurrido un período de tiempo no superior a diez meses desde la primera medida y en período seco. Se adopta como período seco, aquél en el que la precipitación acumulada en los quince días anteriores a la realización de la medida, no sea superior a 50 mm y transcurra entre los meses de julio y septiembre, ambos inclusive.

A10.10. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo de la unidad terminada se aplicarán sobre los lotes definidos en el epígrafe 9.4, según lo indicado a continuación.

A10.10.1. Espesor

El espesor medio obtenido no deberá ser inferior al especificado en el apartado 7.1. Asimismo, no más de tres individuos de la muestra ensayada podrán presentar resultados individuales que bajen del especificado en más de un 10%.

Si el espesor medio obtenido en una capa intermedia o de rodadura fuera inferior al especificado en el apartado 7.1, se procederá de la siguiente manera:

- Si el espesor medio obtenido en una capa intermedia o de rodadura fuera inferior al 90% del especificado en el apartado 7.1, se rechazará la capa debiendo el Contratista levantar la capa mediante fresado y reponerla por su cuenta.
- Si el espesor medio obtenido en una capa intermedia o de rodadura fuera superior al 90% de lo especificado en el apartado 7.1, y no existieran problemas de encharcamiento, se aceptará la capa con una penalización económica del 10%.

A10.10.2. Rasante

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas. Si se rebasaran dichas tolerancias, se procederá de la siguiente manera:

Para capas intermedias:

- ❖ Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto, la Dirección de las Obras podrá aceptar la rasante siempre que se compense la merma producida con el espesor adicional necesario de la capa superior, en toda la anchura de la sección tipo, por cuenta del Contratista, de acuerdo con lo especificado en el epígrafe anterior.
- ❖ Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, se corregirá mediante fresado por cuenta del Contratista, siempre que no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los Planos del proyecto.

A10.10.3. Regularidad superficial

Si se hubiese especificado o requerido el cumplimiento de una especificación sobre la regularidad superficial, si las irregularidades de la superficie acabada superan los límites establecidos en la Tabla A10.6, la Dirección de las Obras rechazará el lote o especificará los medios y métodos de reparación. El Contratista deberá optar entre realizar estas correcciones a su cargo, o demoler el lote y retirarlo a vertedero.

A10.10.4. Macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento

Si se hubiese especificado o requerido el cumplimiento de una especificación, en capas de rodadura, el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial no deberá resultar inferior al valor previsto en la Tabla A10.7. Si fuese inferior se procederá de la siguiente manera:

- ❖ Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta inferior al 90% del valor previsto en la tabla A10.7, se demolerá el lote y se repondrá la capa por cuenta del Contratista.
- ❖ Si el resultado medio del ensayo de la medida de la macrotextura superficial resulta superior al 90% del valor previsto en la tabla A10.7, se aplicará una penalización económica del 10%.

Adicionalmente, no más de un individuo de la muestra ensayada podrá presentar un resultado inferior a dicho valor en más del 25%. De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos partes iguales y se realizarán ensayos, según el epígrafe 7.3.

En capas de rodadura, el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento no deberá ser inferior al valor previsto en la tabla A10.7.

Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al valor previsto en la tabla A10.8, se procederá de la siguiente manera:

- ❖ Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta inferior al 90% del valor previsto en la tabla A10.7, se demolerá el lote, se retirará a vertedero y se repondrá la capa por cuenta del Contratista.
- ❖ Si el resultado medio del ensayo de determinación de la resistencia al deslizamiento resulta superior al 90% del valor previsto en la tabla A10.7, se aplicará una penalización económica del 10%.

Adicionalmente, no más de un individuo de la muestra ensayada podrá presentar un resultado individual inferior a dicho valor en más de 5 unidades. De no cumplirse esta condición se medirá de nuevo para contrastar el cumplimiento de este epígrafe.

A10.11. MEDICIÓN Y ABONO

La preparación de la superficie existente no es objeto ni está incluida en esta unidad de obra. Únicamente si la capa de asiento no fuera construida bajo el mismo contrato, se deberá abonar la comprobación y, en su caso, reparación de la superficie existente, por metros cuadrados realmente ejecutados.

El riego de adherencia se abonará según lo prescrito en el artículo 531 del PG-3.

La fabricación y puesta en obra de las mezclas bituminosas en frío se abonará por toneladas realmente puestas en obra, determinadas mediante pesada de los camiones en báscula. Este abono incluye los áridos, y entre ellos el RA, y todas las operaciones de acopio, preparación, fabricación, puesta en obra y terminación. No serán de abono los sobreanchos laterales, ni las consecuencias de la aplicación de la compensación de la merma de espesores de capas subyacentes, que excedan las tolerancias establecidas para esas capas.

Salvo en capas de regularización de firmes no construidos bajo el mismo Contrato, no serán de abono los excesos de espesor que superen el 10% del previsto en las secciones tipo de los Planos del Proyecto.

La emulsión bituminosa empleada en la fabricación de la mezcla bituminosa en frío se abonará por toneladas, obtenidas multiplicando la medición abonable de fabricación y puesta en obra a la dosificación media diaria deducida de los ensayos de control de cada lote.

Los activantes u otros aditivos, si los hubiere, sólo se abonarán separadamente si lo establece explícitamente el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y su precio unitario figura en el Cuadro de Precios del Proyecto. Su abono será por toneladas, obtenidas aplicando a la medición de emulsión la dosificación aprobada.

Las adiciones, si las hubiere, se abonarán por toneladas, obtenidas aplicando a la medición de árido la dosificación aprobada.

La protección de la superficie, en su caso, se abonará por metros cuadrados realmente ejecutados medidos sobre el terreno.

ANEJO 11 – MATERIAL BITUMINOSO RECUPERADO DE FRESADOS (RA)

A11.1. DEFINICIÓN

Material bituminoso recuperado de fresados (RA), es aquel que se obtiene mediante tratamiento y clasificación de mezclas bituminosas que se han disgregado por fresado o demolición, está preparado para ser reutilizado como componente de otras unidades de obra, y cumple las especificaciones de este artículo. Está compuesto por áridos de buena calidad cubiertos de betún asfáltico.

Los RA se pueden utilizar como materiales para rellenos, explanadas mejoradas, zahorras o mezclas bituminosas, como componente único o en combinación con otros materiales, siempre que el material resultante cumpla las especificaciones de los artículos 330, 510 o 542 del Pliego General de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y Puentes PG-3, según corresponda, y las complementarias de esta Norma.

Se distinguen los siguientes tipos de RA:

- *Material bituminoso recuperado de fresados para capas de rodadura (RA rodadura)*, que proceden exclusivamente de capas de rodadura bituminosa, sin que contengan más de un 5% de mezclas bituminosas de otras capas.
- *Material bituminoso recuperado de fresados para capas inferiores (RA inferiores),* en los que se encuentran indistintamente mezclas bituminosas de cualquier capa del firme y que se van a utilizar en capas inferiores, explanadas mejoradas o materiales de relleno.

En mezclas bituminosas para capas de rodadura solo podrán utilizarse RA procedentes de capas de rodadura de calidad demostrada y aceptada por la Dirección de las Obras.

El cumplimiento del presente artículo exige que las mezclas bituminosas recuperadas de fresados que se vayan a reutilizar se sometan al menos a un tratamiento de cribado, clasificación y acopio.

A11.2. REQUISITOS DEL RA

A11.2.1 Consideraciones generales

Previamente a la aceptación de los RA se deberá aportar documento acreditativo de su origen y de que la valorización está hecha por un gestor autorizado por el órgano ambiental del País Vasco, además de la certificación que acredite, a los solos efectos ambientales, la idoneidad de sus características para el uso propuesto.

Se admitirán como RA los rechazos o sobrantes de centrales de fabricación de mezclas bituminosas en caliente.

Todas las mezclas bituminosas son potencialmente reutilizables, salvo que:

- Presenten problemas de calidad en cuanto a sus componentes o envuelta, y estos sean técnicamente incompatibles con la reutilización que se pretenda.
- Se encuentren contaminados por materias extrañas.
- Contengan sustancias procedentes de la destilación de productos carbonosos, asbestos-amianto u otros productos que estén considerados como peligrosos o que no cumplan la legislación ambiental y de seguridad y salud vigente.

Los RA no serán susceptibles a ningún tipo de meteorización o de alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo.

En aplicaciones no ligadas tampoco podrán dar origen, con el agua, a lixiviados que contaminen el medio o puedan causar daños a estructuras o a otras capas del firme.

Se estará en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, de producción, almacenamiento, gestión y transporte de productos de la construcción, de residuos de construcción y demolición, y de suelos contaminados.

A11.2.2 Características

Los RA se caracterizarán según la UNE-EN 13108-8 y deberán cumplir las especificaciones de las tablas A11.1, A11.2, A11.3 o A11.4 según la aplicación a la que se destinen.

Aquellas características señaladas para “declarar” deberán ser facilitadas por la Empresa Contratista a efectos de control de calidad de la mezcla bituminosa recuperada y de diseño y control de calidad de la unidad de obra final.

Si inicialmente se desconoce la aplicación prevista para el material bituminoso recuperado de fresados la empresa contratista deberá indicar en la declaración de características para que unidades de obra se puede considerar.

Las características declaradas se deben referir al material bituminoso recuperado en su acopio final preparado para su uso.

TABLA A11.1 – REQUISITOS PARA APLICACIONES NO LIGADAS

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	APLICACIÓN	
		ZAHORRA	SUELOS
MEZCLA BITUMINOSA RECUPERADA DE FRESADO [1] (RA rodadura o RA inferiores)			
Tamaño máximo partículas [2] (entre paréntesis la ZA en la que se reutiliza)	933-1	≤32 mm (ZA 0/20) ≤40 mm (ZA 0/32)	≤100 mm
Granulometría media	933-1	A declarar/NR [3]	

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	APLICACIÓN	
		ZAHORRA	SUELOS
Porcentaje máximo de finos	933-1	5%	
Densidad aparente, g/cm^3	1097-6	A declarar/NR [3]	
Contenido de materias extrañas	12697-42	F_1	F_5
ÁRIDOS (TRAS LA RETIRADA DEL BETÚN)			
Identificación de los áridos [4]	-	A declarar/NR [3]	
Otras propiedades de los áridos [5]	-	A declarar/NR [3]	

NOTAS

[1] RA, sin extracción del betún.

[2] Menor tamiz por el que pasa el 100% de las partículas.

[3] A declarar/NR implica que se debe dar el valor pero no hay prescripción.

[4] Se debe definir su naturaleza: ofita, caliza, siderúrgico o mixto.

[4] Los áridos gruesos no presentarán signos de meteorización y cumplirán las especificaciones del artículo 510 del PG-3 o del artículo 330 del PG-3, según corresponda, y los criterios adicionales de esta Norma y sus propiedades se evaluarán directamente con los ensayos establecidos en estos pliegos. La Dirección de las Obras puede eximir de la realización de estos ensayos, por suponer que se realizaron para la construcción de la carretera de la que proceden y que eran conformes con las prescripciones para mezclas bituminosas y por tanto para estas unidades de obra.

TABLA A11.2 – REQUISITOS PARA MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE, SEMICALIENTE, TEMPLADAS O EN FRÍO, EN TASAS IGUALES O INFERIORES AL 15%

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	APLICACIÓN	
		CAPA DE RODADURA	CAPA INTERMEDIA O BASE
MEZCLA BITUMINOSA RECUPERADA [1] (RA rodadura o RA inferiores si se utiliza en capas intermedias o de base y RA rodadura si se utiliza en capa de rodadura)			
Tamaño máximo partículas, mm [2] (entre paréntesis la mezcla bituminosa en la que se reutiliza)	933-1	≤22 mm (AC 16)	≤45 mm (AC 32) ≤32 mm (AC 22) ≤22 mm (AC 16)
Porcentaje máximo de finos	933-1	5%	
Contenido de materias extrañas, %	12697-42	F_1	
ÁRIDOS (TRAS LA RETIRADA DEL BETÚN)			
Identificación de los áridos [4]	-	A declarar/NR [3]	
Tamaño máximo de partículas, mm [5]	12697-2	A declarar/NR [3]	
Granulometría media [5]	12697-2	A declarar/NR [3]	
Densidad aparente, g/cm^3	1097-6	A declarar/NR [3]	
Otras propiedades de los áridos [6]	-	A declarar/NR [3]	

NOTAS

[1] RA, sin extracción de betún.

[2] Menor tamiz por el que pasa el 100% de las partículas. Tamices según tabla 542.8 del PG-3.

[3]A declarar/NR quiere decir que se debe dar el valor, pero no hay prescripción.

[4]Se debe definir su naturaleza: ofita, caliza, siderúrgico o mixto.

[5]No aplica a mezclas en frío

[6]Los áridos gruesos no presentarán signos de meteorización y cumplirán las especificaciones de los Anejos 9 o 10, según corresponda, de la Norma de Dimensionamiento de Firmes de la Red de Carreteras del País Vasco y sus propiedades se evaluarán directamente con los ensayos establecidos en estos pliegos. La Dirección de las Obras puede eximir de la realización de estos ensayos, por suponer que se realizaron para la construcción de la carretera de la que proceden y que eran conformes con las prescripciones para mezclas bituminosas y por tanto para estas unidades de obra

TABLA A11.3 – REQUISITOS PARA MEZCLAS BITUMINOSAS TEMPLADAS EN TASAS SUPERIORES AL 15%

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	APLICACIÓN	
		CAPA RODADURA	CAPA INTERMEDIA O BASE
MEZCLA BITUMINOSA RECUPERADA [1] (RA rodadura o RA inferiores si se utiliza en capas intermedias o de base y RA rodadura si se utiliza en capa de rodadura)			
Tamaño máximo partículas, mm [2] (entre paréntesis la mezcla bituminosa en la que se reutiliza)	933-1	≤16 mm (AF o ACBE 11) ≤11 mm (AF o ACBE 8)	≤32 mm (AF o ACBE 22) ≤22 mm (AF o ACBE 16) ≤16 mm (AF o ACBE 11) ≤11 mm (AF o ACBE 8)
Granulometría media	933-1	A declarar/NR [3]	
Porcentaje máximo de finos	933-1	5%	
Contenido de materias extrañas, %	12697-42	F_1	
ÁRIDOS (TRAS LA RETIRADA DEL BETÚN)			
Identificación de los áridos [4]	-	A declarar/NR [3]	
Tamaño máximo de partículas, mm	12697-2	A declarar/NR [3]	
Granulometría media	12697-2	A declarar/NR [3]	
Densidad aparente, g/cm^3	1097-6	A declarar/NR [3]	
Otras propiedades de los áridos [5]	-	A declarar/NR [3]	

NOTAS

[1] RA, sin extracción de betún.

[2] Menor tamiz por el que pasa el 100% de las partículas. Tamices según tabla 542.8 del PG-3.

[3]A declarar/NR quiere decir que se debe dar el valor, pero no hay prescripción.

[4]Se debe definir su naturaleza: ofita, caliza, siderúrgico o mixto.

[5]Los áridos gruesos no presentarán signos de meteorización y cumplirán las especificaciones de los Anejos 9 o 10, según corresponda, de la Norma de Dimensionamiento de Firmes de la Red de Carreteras del País Vasco y sus propiedades se evaluarán directamente con los ensayos establecidos en estos pliegos. La Dirección de las Obras puede eximir de la realización de estos ensayos, por suponer que se realizaron para la construcción de la carretera de la que proceden y que eran conformes con las prescripciones para mezclas bituminosas y por tanto para estas unidades de obra

TABLA 11.4 – REQUISITOS PARA MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE O SEMICALIENTE CON TASAS SUPERIORES AL 15%

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO UNE-EN	APLICACIÓN	
		CAPA INTERMEDIA O DE BASE	
MEZCLA BITUMINOSA RECUPERADA [1] (RA rodadura o RA inferiores para capas intermedias o de base)			
Tamaño máximo partículas, mm [2] (entre paréntesis la mezcla bituminosa en la que se reutiliza)	933-1	≤45 mm (AC 32) ≤32 mm (AC 22) ≤22 mm (AC 16)	
Contenido de ligante, %	12697-1	A declarar/NR [3]	
Porcentaje máximo de finos	933-1	5%	
Contenido de materias extrañas, %	12697-42	F_1	
ÁRIDOS (TRAS LA RETIRADA DEL BETÚN)			
Identificación de los áridos [4]	-	A declarar/NR [3]	
Tamaño máximo de partículas, mm	12697-2	A declarar/NR [3]	
Granulometría media	12697-2	A declarar/NR [3]	
Densidad aparente, g/cm^3	1097-6	A declarar/NR [3]	
Otras propiedades de los áridos [5]	-		A declarar/NR [2]
LIGANTE RECUPERADO (UNE-EN 12697-3 o 12697-4)			
Penetración del ligante recuperado	1426		A declarar/NR [2]
Punto de reblandecimiento del ligante recuperado	1427		A declarar/NR [2]

NOTAS

[1] RA, sin extracción de betún.

[2] Menor tamiz por el que pasa el 100% de las partículas. Tamices según tabla 542.8 del PG-3.

[3] A declarar/NR quiere decir que se debe dar el valor, pero no hay prescripción.

[4] Se debe definir su naturaleza: ofita, caliza, siderúrgico o mixto.

[5] Los áridos gruesos no presentarán signos de meteorización y cumplirán las especificaciones de los Anejos 9 o 10, según corresponda, de la Norma de Dimensionamiento de Firmes de la Red de Carreteras del País Vasco y sus propiedades se evaluarán directamente con los ensayos establecidos en estos pliegos. La Dirección de las Obras puede eximir de la realización de estos ensayos, por suponer que se realizaron para la construcción de la carretera de la que proceden y que eran conformes con las prescripciones para mezclas bituminosas y por tanto para estas unidades de obra

A11.3. IDENTIFICACIÓN DEL RA

La denominación de los RA seguirá el esquema siguiente:

U	RA	d/D mm	Tipo

donde:

U	Tamaño máximo de las partículas de RA, considerado como Es el menor tamiz, expresado en mm, por el que pasa el 100% de las partículas del material bituminoso recuperados de fresados.
RA	Material bituminoso recuperado de fresados.
d/D mm	Tamaño máximo y mínimo del árido que compone el RA. “D” es el tamaño de tamiz, en mm, que sea el mayor entre el más pequeño de los tamices por el que pasa el 100%, dividido por 1,4 y el más pequeño de los tamices por el que pasa el 85%. “d” es el tamiz inferior, admitiendo que haya algunas partículas inferiores que pasen por ese tamiz. En los RA “d” es generalmente 0, salvo que se haya dividido el material en dos fracciones para facilitar la dosificación del material final.
Tipo	El RA puede ser para capas de rodadura o para capas inferiores. Se asigna la clasificación de RA para capas inferiores a los que procedan de varias capas o de una capa que no sea la de rodadura. Se puede asignar también esta designación a materiales que procediendo de rodaduras se pretenda destinar a la fabricación de capas no ligadas o capas bituminosas distintas a la de rodadura.

Así, “20 RA 0/12 mm para capas de rodadura” es un RA cuyas partículas pasan todas por el tamiz de 20 mm y en la que el árido de la mezcla bituminosa tiene un tamaño máximo de 12 mm y que procede y se destina a capa de rodadura bituminosa.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para cada unidad de obra, el tipo de RA permitido.

A11.4. TRATAMIENTO Y ACOPIO

La mezcla bituminosa retirada por fresado o demolición podrá emplearse, tras su caracterización y tratamiento, en la misma obra de la que procede o acopiarse para su tratamiento y posterior utilización en otro lugar. Podrá proceder directamente del fresado de una o varias obras o ser aportada por la empresa contratista de otros orígenes.

Deberá llevarse un registro de la procedencia del material recuperado, identificando y acopiando por separado los materiales según sean para capas inferiores o de rodadura.

En la descarga del RA en la central de fabricación se desecharán los materiales que a simple vista presenten elementos contaminantes.

Se acopiarán de forma independiente los materiales para los que sea necesario realizar un estudio diferenciado de su aprovechamiento. Todos los materiales procedentes de mezclas bituminosas son susceptibles de ser reutilizados, con las excepciones señaladas en A11.2, pero cuando tengan una proporción superior al 20% en masa total de microaglomerados en frío o mezclas bituminosas abiertas en frío deberán acopiarse de forma independiente y ser objeto de un estudio diferenciado para su aprovechamiento.

Previamente a su acopio final antes de su empleo se procederá al tratamiento del material fresado original, realizándose las operaciones que sean necesarias para su cribado, homogeneización y adecuada clasificación.

Si el material fresado original contiene partículas de tamaño superior al admitido para la aplicación pretendida se someterá a un tratamiento previo de cribado para eliminar las partículas más gruesas. Las partículas de mayor tamaño del requerido pueden someterse a una trituración ligera para su posterior aprovechamiento. Para ello se usarán instalaciones de machaqueo que proporcionen un producto granular uniforme. El machaqueo se realizará de manera que se minimice la rotura del árido y la producción de finos.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, fijará el volumen mínimo de acopios de RA antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no será inferior al correspondiente a un mes de trabajo en centrales fijas, con la producción prevista, ni a dos meses con centrales móviles.

Una vez tratado, el RA se dispondrá en acopios homogéneos listos para su empleo. Los materiales del mismo tipo podrán emplearse en la fabricación de la unidad de obra con una misma fórmula de trabajo.

Los acopios de RA listos para su empleo serán considerados como lotes aislados, evitando que se mezclen y contaminen entre ellos. El volumen de cada uno de estos acopios será el suficiente para garantizar, al menos, el trabajo de una semana o la producción requerida si ésta es menor, con objeto de no cambiar la fórmula de trabajo y poder controlar e identificar adecuadamente el material fabricado.

Los acopios listos para su empleo deberán estar formados por tongadas horizontales de espesor no superior a 1,5 m, colocados sobre una zona pavimentada y bien drenada. Si no están cubiertos deberán tener forma cónica. Deberá vigilarse su altura para evitar que el RA se aglomere, especialmente con temperaturas elevadas y si no están cubiertos, limitándose en estos casos su altura a 3 m cuando se prevean temperaturas superiores a los 30 °C.

Los acopios listos para su empleo deberán estar cubiertos si las condiciones meteorológicas son desfavorables y el tiempo de almacenamiento se reducirá al mínimo posible para evitar que el contenido de humedad aumente en exceso.

A11.5. CONTROL DE CALIDAD

A11.5.1. Control de procedencia del RA

Antes de iniciar la producción, se reconocerá cada acopio, determinando su aptitud según el resultado de los ensayos y las inspecciones realizadas. El reconocimiento se realizará mediante la toma de muestras en el acopio final listo para su uso. Si a lo largo de la obra varía su composición o propiedades dicho material se dispondrá en acopios separados, correctamente identificados y con la trazabilidad que permita identificar su procedencia.

Para cualquier volumen de producción previsto, se ensayará un mínimo de cinco muestras de cada acopio. Además, si el volumen de acopio excede los doscientos cincuenta metros cúbicos se añadirá una muestra más por cada:

- Una cada 500 t si se va a utilizar en capas bituminosas de rodadura o inferiores.
- Una cada 2000 t si se va a utilizar en capas granulares del firme, explanadas o rellenos.

- Cuando se reutilice en capas no ligadas

De cada una de estas muestras de RA se determinará:

- Tamaño máximo de partículas (UNE-EN 933-1)
- Granulometría (UNE-EN 933-1).
  - % que pasa por el tamiz 0,063 mm.
- Contenido de materias extrañas (UNE-EN 12697-2).
- Densidad aparente de los áridos recuperados (UNE-EN 1097-6).
- Granulometría y tamaño máximo de los áridos recuperados (UNE-EN 12697-2).
- Se identificará el tipo de árido.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o la Dirección de las Obras podrán exigir la realización de cualquier ensayo de los incluidos en la Tabla A11.1, en los requisitos de los áridos de los artículos 510 o 330 del PG-3, según corresponda o en su caso en esta Norma. En este caso, el número de ensayos será el indicado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o por la Dirección de las Obras.

- Cuando se reutilice en mezclas bituminosas en caliente, semicaliente, templadas o en frío en tasas iguales o inferiores al 15%

De cada una de estas muestras se determinará:

- Tamaño máximo de partículas (UNE-EN 933-1)
- Granulometría de la mezcla bituminosa recuperada (UNE-EN 933-1).
- Contenido de materias extrañas (UNE-EN 12697-2).
- Densidad aparente de los áridos.
- Granulometría de los áridos recuperados (UNE-EN 12697-2):
- Se identificará el tipo de árido.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o la Dirección de las Obras podrán exigir la realización de cualquier ensayo de los incluidos en la Tabla A11.2 o en los requisitos de los áridos del artículo 542 del PG-3 o de esta Norma. En este caso, el número de ensayos será el indicado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o por la Dirección de las Obras.

- Cuando se reutilice en mezclas bituminosas rempladas en tasas superiores al 15%

De cada una de estas muestras de RA se determinará:

- Tamaño máximo de partículas (UNE-EN 933-1)
- Contenido de materias extrañas (UNE-EN 12697-2).
- Granulometría de las partículas de RA (UNE-EN 933-1):

- % que pasa por el tamiz 0,063 mm.
- % retenido entre el 0,063 mm y el 4 mm.
- % retenido por el tamiz 4 mm.

❖ Densidad aparente de los áridos recuperados (UNE-EN1097-6).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o la Dirección de las Obras podrán exigir la realización de cualquier ensayo de los incluidos en la Tabla A11.3 o en los requisitos de los áridos del artículo 542 del PG-3 o de esta Norma. En este caso, el número de ensayos será el indicado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o por la Dirección de las Obras.

- **Cuando se reutilice en mezclas bituminosas en caliente o semicaliente en tasas superiores al 15%**

De cada una de estas muestras de RA se determinará:

❖ Tamaño máximo de partículas (UNE-EN 933-1).
❖ Contenido de ligante soluble (UNE-EN 12697-1).
❖ Contenido de materias extrañas (UNE-EN 12697-2).
❖ Densidad aparente de los áridos recuperados (UNE-EN1097-6).
❖ Granulometría de los áridos recuperados (UNE-EN 12697-2):
  - % que pasa por el tamiz 0,063 mm.
  - % retenido entre el 0,063 mm y el 2 mm.
  - % retenido por el tamiz 2 mm.
❖ El punto de reblandecimiento del betún recuperado (UNE-EN 1427).
❖ Se identificará el tipo de árido.
❖ Además, en 2 de las 5 muestras se determinará también la penetración del ligante recuperado (UNE-EN 1426).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o la Dirección de las Obras podrán exigir la realización de cualquier ensayo de los incluidos en las Tabla A11.4 o en los requisitos de los áridos del artículo 542 del PG-3 o de esta Norma. En este caso, el número de ensayos será el indicado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o por la Dirección de las Obras.

A11.5.2. Control de ejecución

Se examinará la descarga al acopio o en el tajo, desechando o acopiando aparte los materiales que, a simple vista, presenten elementos extraños o tamaños superiores al máximo aceptado en la fórmula de trabajo.

En su caso, se vigilará la altura de los acopios, el estado de sus separadores y de sus accesos.

Se vigilará especialmente que en el momento en que se vaya a utilizar el material del acopio no haya aglomeraciones superficiales del material que incumplan el tamaño máximo de árido especificado y que el material acopiado fluye fácilmente en la tolva.

Se controlarán los nuevos acopios según se vayan formando, de acuerdo con el control de procedencia.

La toma de muestras se hará a la salida de las tolvas de la instalación de fabricación.

Adicionalmente, se deberán ensayar los siguientes mínimos diarios.

- **Cuando se reutilice en capas no ligadas**

Por cada 2.000 t de material producido, o cada día si se fabricase menos material, sobre un mínimo de 2 muestras, una por la mañana y otra por la tarde:

- ❖ Tamaño máximo de partículas de RA (UNE-EN 933-1).
- ❖ Granulometría de las partículas de RA (UNE-EN 12697-2).
- ❖ Humedad (UNE-EN 1097-5).

Adicionalmente el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto la Dirección de las Obras podrán especificar alguna de las características incluidas en la tabla A11.1, en el artículo 510 del PG-3 o en esta Norma.

- **Cuando se reutilice en mezclas bituminosas en caliente, semicaliente, templadas o en frío en tasas inferiores o iguales al 15%**

Por cada 2.000 t de material producido, o cada día si se fabricase menos material, sobre un mínimo de 2 muestras, una por la mañana y otra por la tarde:

- ❖ Tamaño máximo de las partículas de (UNE-EN 933-1).
- ❖ Granulometría de los áridos recuperados (UNE-EN 12697-2) y, para mezclas en frío y, en su caso, templadas, granulometría de las partículas de RA (UNE-EN 933-1).
- ❖ Humedad (UNE-EN 1097-5).

Al menos 1 vez al mes, o cuando se cambie de procedencia:

- ❖ Punto de reblandecimiento, método anillo y bola, del ligante recuperado (UNE-EN 1427).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto la Dirección de las Obras podrán especificar alguna de las características incluidas en la tabla A11.2, en el artículo 542 del PG-3 o en esta Norma.

- **Cuando se reutilice en mezclas bituminosas templadas en tasas superiores al 15%**

Por cada 2.000 t de material producido, o cada día si se fabricase menos material, sobre un mínimo de 2 muestras, una por la mañana y otra por la tarde:

- ❖ Tamaño máximo de las partículas (UNE-EN 933-1).
- ❖ Granulometría de los áridos recuperados (UNE-EN 12697-2) o, en su caso, granulometría de las partículas de RA (UNE-EN 933-1).
- ❖ Humedad (UNE-EN 1097-5).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto la Dirección de las Obras podrán especificar alguna de las características incluidas en la tabla A11.3, en el artículo 542 del PG-3 o en esta Norma.

- **Cuando se reutilice en mezclas bituminosas en caliente en tasas superiores al 15%**

Por cada 2.000 t de material producido, o cada día si se fabricase menos material, sobre un mínimo de 2 muestras, una por la mañana y otra por la tarde:

- Tamaño máximo de las partículas (UNE-EN 933-1).
- Contenido de ligante soluble (UNE-EN 12697-1).
- Granulometría de los áridos recuperados (UNE-EN 12697-2).
- Humedad (UNE-EN 1097-5).

Al menos 1 vez al mes, o cuando se cambie de procedencia:

- Punto de reblandecimiento, método anillo y bola, del ligante recuperado (UNE-EN 1427).

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en su defecto la Dirección de las Obras podrán especificar alguna de las características incluidas en la tabla A11.4, en el artículo 542 del PG-3 o en esta Norma.

A11.6. MEDICIÓN Y ABONO

La medición y abono del RA se realizará de acuerdo con lo indicado en la unidad de obra de la que forma parte.

ANEJO 12 – MEZCLAS BITUMINOSAS FABRICADAS CON MATERIAL BITUMINOSO RECUPERADO DE FRESADOS (RA) EN CENTRAL EN CALIENTE O SEMICALIENTE

A12.1. DEFINICIÓN

Se define como mezcla bituminosa fabricada con fresados en central, en caliente o semicaliente, aquella que se obtiene como combinación de áridos, material bituminoso recuperado de fresados (RA), polvo mineral, betún asfáltico y eventualmente aditivos, y que cumple con las características requeridas a las mezclas bituminosas en el artículo 542 del PG-3 y las complementarias de este artículo.

El presente artículo es de aplicación para las mezclas bituminosas con porcentajes de RA superiores al 15% e inferiores o iguales al 30%, referidos a la masa de la mezcla total. Las mezclas bituminosas con porcentajes de RA del 15% o inferiores se regirán por el artículo 542 del PG-3 y el Anejo 11 de esta Norma.

Las mezclas bituminosas con RA en porcentaje superior al 15% se podrán utilizar en capa intermedia o de base.

La fabricación de una mezcla bituminosa elaborada con RA, en caliente o semicaliente, en central incluye las siguientes operaciones previas a las especificadas en el mencionado artículo:

- Tratamiento del RA (cribado, eventual trituración, eliminación de elementos contaminantes y clasificación por procedencia, tamaño, aplicación, etc.).
- Acopio y caracterización del RA.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo, con la adaptación de todos los materiales de aportación (áridos, ligante, polvo mineral y, eventualmente aditivos) a las características del árido y ligante procedente del RA.
- Fabricación de la mezcla bituminosa.

El tratamiento, acopio y caracterización del RA se hará según lo especificado en el Anejo 11 de esta Norma.

Todos los aspectos relativos a la puesta en obra y control de calidad de estos materiales que no se incluyen en este artículo se llevarán a cabo de conformidad a lo indicado en el artículo 542 del PG- 3.

A12.2. MATERIALES

A12.2.1 Consideraciones generales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Reglamento 305/2011 de 9 de marzo de 2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se

establecen las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción. Para los productos con marcado CE, el fabricante asumirá la responsabilidad sobre la conformidad de estos con las prestaciones declaradas, de acuerdo con el artículo 11 del mencionado Reglamento. Los productos que tengan el marcado CE deberán ir acompañados, además de dicho marcado, de la Declaración de Prestaciones y de las instrucciones e información de seguridad del producto. Por su parte, la empresa Contratista deberá verificar que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE son conformes con las especificaciones contempladas en el Proyecto o, en su defecto, en este Artículo, debiendo adoptar, en el caso de que existan indicios de incumplimiento de las especificaciones declaradas, todas aquellas medidas que considere oportunas para garantizar la idoneidad del producto suministrado a la obra.

Independientemente de lo anterior, se cumplirá lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, de producción, almacenamiento, gestión y transporte de productos de la construcción, de residuos de construcción y demolición, y de suelos contaminados.

Cuando para la fabricación de mezclas bituminosas en caliente se utilicen materiales bituminosos recuperados que contengan en su composición original adiciones modificadoras de la reología del ligante bituminoso o del comportamiento resistente de la mezcla bituminosa (fibras, geocompuestos, productos elastoméricos u otros), se hará un estudio especial ante una eventual emisión de contaminantes a la atmósfera durante el proceso de fabricación de la nueva mezcla.

A12.2.2 Ligante hidrocarbonado de aportación

El betún especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares será uno de los prescritos en el artículo 542 del PG-3, y estará de acuerdo con los artículos 211 ó 212 de ese Pliego, según corresponda.

El ligante de aportación será seleccionado en función de la proporción y las características del ligante envejecido del material bituminoso recuperado, de forma que al combinarse con éste se obtenga un ligante con las características exigidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, en función de la capa de firme a la que se destine la mezcla bituminosa, de la zona térmica estival en que se encuentre y de la categoría de tráfico de proyecto. El ligante de aportación será igual al especificado para la mezcla bituminosa o un grado más blando.

Se realizará un estudio tanto del ligante envejecido procedente del material bituminoso recuperado como del ligante final, resultante de la combinación del betún del RA y el nuevo de aportación. En este estudio se determinarán, al menos, la penetración con aguja (norma UNE-EN 1426) y los valores del punto de reblandecimiento (método del anillo y bola, norma UNE-EN 1427) de forma que se asegure que el ligante combinado presenta unas características similares a los betunes especificados en el artículo 542 del PG-3.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, podrá establecer el empleo de aditivos, tales como activantes o rejuvenecedores, que mejoren las características del ligante envejecido y del betún asfáltico resultante.

A12.2.3 Áridos de aportación

Los áridos de aportación a emplear en las mezclas bituminosas fabricadas con RA en central deberán cumplir las correspondientes especificaciones recogidas en el artículo 542 del PG-3.

A12.2.4 RA

Los RA cumplirán las especificaciones establecidas para esta aplicación en el Anejo 11 de esta Norma.

A12.2.5 Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto la Dirección de las Obras, establecerán las especificaciones que tendrán que cumplir los aditivos empleados. Los métodos de incorporación, dosificación y dispersión homogénea del aditivo deberán ser aprobados por la Dirección de las Obras.

A12.3. TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

La designación y características de la mezcla bituminosa serán fijadas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares entre las especificadas en el artículo 542 del PG-3, con las complementarias indicadas a continuación en este apartado.

La denominación del tipo de mezcla bituminosa fabricada con RA en central se compondrá añadiendo a la denominación del tipo de mezcla correspondiente del artículo 542 del PG-3 la letra "R" y dos dígitos que indiquen la proporción de material bituminoso recuperado empleado en la mezcla (por ejemplo: AC 22 base 50/70 G R25). Cuando la mezcla bituminosa se fabrique en semicaliente, se añadirá esta palabra al final de la designación de la mezcla. Las mezclas bituminosas con porcentajes de RA inferiores o iguales al 15% se denominarán de acuerdo con el artículo 542 y no deberán incluir la letra R.

La dotación de ligante de aportación será como mínimo del 70 % de la del ligante hidrocarbonado de la mezcla final, incluyendo en la misma los eventuales ligantes rejuvenecedores.

A12.4. EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

El equipo necesario para la ejecución de las obras cumplirá con las especificaciones establecidas en el artículo 542 del PG-3, teniendo en cuenta además las prescripciones adicionales indicadas en este apartado. Las mezclas bituminosas con tasas de RA iguales o inferiores al 15% pueden fabricarse en instalaciones convencionales

A12.4.1 Centrales de fabricación de la mezcla bituminosa con RA

La central de fabricación (de funcionamiento continuo o discontinuo) dispondrá de, al menos, 2 tolvas adicionales para el RA y será capaz de incorporarlo durante el proceso de mezcla sin afección negativa a los materiales constituyentes, en especial, al ligante del RA.

En las centrales con mezclador discontinuo, cuando el RA se incorpore al mezclador a temperatura ambiente, lo hará mediante tolvas específicas para este material, un sistema de pesaje continuo y un sistema de cinta o elevador de cangilones que lo incorpore directamente al mezclador. Este sistema se podrá complementar con la incorporación de la parte más gruesa del RA junto a los áridos en caliente. También se podrán utilizar instalaciones en las que el secador cuente con un anillo de reciclado para incorporación del RA detrás de la llama del quemador de manera que no exista riesgo de contacto con la llama.

La instalación contará con un sistema de extracción de vapor de agua con la capacidad suficiente como para que no haya un exceso de vapor en la instalación. Los gases producidos en el calentamiento de la mezcla deberán ser recogidos durante el proceso de fabricación, evitando en todo momento su emisión directa a la atmósfera sin un tratamiento previo. Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental y de seguridad y salud.

Se podrán utilizar otros sistemas de incorporación siempre que se demuestre su eficacia, las mezclas bituminosas finales sean homogéneas, cumplan las especificaciones y sean aprobados por la Dirección de Obras.

En centrales de fabricación continua con tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación del RA será ponderal y deberá poder tener en cuenta su humedad, para ajustar la dosificación en función de ella. La central dispondrá de un sistema que permita la incorporación del RA por detrás del quemador, en un anillo intermedio al tambor, de forma que no exista riesgo de contacto con la llama.

En todo caso, se presentará a la Dirección de Obras un documento específico sobre la gestión del RA y los procedimientos de incorporación durante el proceso de fabricación de la mezcla bituminosa, que deberá ser aprobado por esta.

A12.5. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Se cumplirán las prescripciones establecidas en el artículo 542 del PG-3 teniendo en cuenta, además, las prescripciones complementarias indicadas a continuación.

A12.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La fabricación y puesta en obra de la mezcla bituminosa con RA no se iniciará hasta que se haya aprobado por la Dirección de las Obras la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en laboratorio y verificada en la central de fabricación, de acuerdo con lo indicado en el artículo 542 del PG-3.

La fórmula de trabajo fijará, además de las características establecidas en el mencionado artículo, las siguientes especificaciones:

- Proporción en masa de las fracciones del RA, referida a la masa total de mezcla bituminosa fabricada.
- Granulometría tras lavado (en blanco) del árido contenido en cada una de las fracciones del RA según los tamices de la Norma UNE-EN 933-2 que correspondan al tipo de mezcla bituminosa que se fabrique y contenido de ligante hidrocarbonado del RA, referido a la masa total del mismo.
- La identificación y proporción de cada fracción del árido de aportación (incluido el polvo mineral de aportación) en la alimentación y, en su caso, después de su clasificación en caliente, referidas a la masa total.
- Granulometría de los áridos de la mezcla bituminosa fabricada según los tamices de la Norma UNE-EN 933-2 que correspondan al tipo de mezcla bituminosa.
- Tipo, características y dosificación del ligante hidrocarbonado de aportación, referido a la masa total de la mezcla bituminosa fabricada.
- Dotación del ligante combinado, referido a la masa total de la mezcla bituminosa fabricada.
- Tipo y dotación de aditivos, referida a la masa total del ligante y, en su caso, el tipo y la dotación de las adiciones, referida a la masa total del árido combinado.
- Densidad mínima que se debe alcanzar.

Además, se indicarán:

- Los tiempos requeridos para la mezcla de los áridos de aportación y el RA, y del conjunto con el ligante de aportación.
- La temperatura máxima y mínima y la humedad máxima del RA antes de su entrada al mezclador.
- La temperatura máxima de calentamiento del árido de aportación.
- En el caso de que se empleen aditivos o adiciones, se indicarán las prescripciones sobre su incorporación.

A12.5.2 Fabricación de la mezcla

Para posibilitar la transferencia de calor de los áridos de aportación al RA y que se produzca el reblandecimiento del ligante presente en el mismo, se deberá garantizar que se produce una envuelta en seco (amasada en blanco) de duración suficiente en el mezclador, previa a la inyección del ligante de aportación, de manera que los áridos aportados aparezcan suficientemente manchados por el betún del fresado. Dicho tiempo de mezclado en seco deberá ser aprobado por la Dirección de las Obras.

El tiempo del ciclo de la mezcla (incluido el realizado en seco), será el necesario para eliminar la humedad del RA, obtener una distribución homogénea del mismo con los áridos de aportación, y garantizar la integración conjunta de todos los materiales y ligantes incorporados, así como la completa disgregación de los nódulos del RA. El tiempo de ciclo de la mezcla, que deberá ser

sensiblemente superior al necesario para fabricar una mezcla bituminosa convencional sin RA, será aprobado por la Dirección de las Obras.

La humedad máxima del RA será del 4% para tasas de reutilización del 15% al 20% y del 3% para tasas del 20% al 30%.

Las temperaturas máximas y mínimas de fabricación serán las indicadas en la tabla A12.1.

TABLA A12.1 – TEMPERATURAS MÁXIMA Y MÍNIMA DE LA MEZCLA BITUMINOSA (en °C)

TIPO DE LIGANTE FINAL EN LA MEZCLA BITUMINOSA	TEMPERATURA MÍNIMA[1] Y MÁXIMA[1]
35/50	155 a 195
50/70	140 a 180
70/100	140 a 180
PMB 45/80-60 (ó 65 ó 70[2])	150 a 190

[1] La temperatura mínima se refiere a la de vertido en la extendedora; la temperatura máxima es la de fabricación en la central.
[2] Se tendrán también en cuenta las recomendaciones del fabricante del betún.

A12.6. CONTROL DE CALIDAD

Se cumplirán las prescripciones establecidas en el artículo 542 del PG-3, teniendo en cuenta además las prescripciones complementarias que se dan a continuación.

A12.6.1 Control de procedencia de los materiales

En el caso de productos que dispongan del marcado CE, de acuerdo con el Reglamento 305/2011, para el control de procedencia de los materiales, se llevará a cabo la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplan las especificaciones establecidas en este artículo. Independientemente de la aceptación de la veracidad de las propiedades referidas en el marcado CE, si se detectara alguna anomalía durante el transporte, almacenamiento o manipulación de los productos, la Dirección de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento, la realización de comprobaciones y ensayos sobre los materiales suministrados a la obra, al objeto de asegurar las propiedades y la calidad establecidas en este artículo.

En el caso de productos que no tengan la obligación de disponer de marcado CE por no estar incluidos en normas armonizadas, o corresponder con alguna de las excepciones establecidas en el artículo 5 del Reglamento, se deberán llevar a cabo obligatoriamente los ensayos para el control de procedencia que se indican en los epígrafes del apartado 542.9 del PG-3, con las prescripciones complementarias indicadas en este artículo.

A12.6.2 Control de procedencia del RA

Se realizará conforme a lo dispuesto en el Anejo 11 de esta Norma.

A12.6.3 Control de calidad de los acopios del RA

Se realizará conforme a lo dispuesto en el Anejo 11 de esta Norma.

A12.6.4 Control de fabricación

En centrales discontinuas y continuas, antes de comenzar la fabricación en régimen normal de producción, se determinará el tiempo de mezclado en seco realizando amasadas con la dosificación prevista del RA y áridos de aportación, sin adición de ligantes ni polvo mineral, y a la temperatura prescrita, estableciendo así el tiempo necesario de amasado para que el RA eleve su temperatura, los áridos de aportación aparezcan suficientemente manchados de betún y se homogenice el conjunto.

A12.7. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Se cumplirán las prescripciones establecidas en el artículo 542 del PG-3.

A12.8. MEDICIÓN Y ABONO

La fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas fabricadas con RA en central se abonará por toneladas, obtenidas multiplicando las dimensiones señaladas para cada capa en los Planos del Proyecto por los espesores y densidades medios deducidos de los ensayos de control de cada lote. En dicho abono se considerará incluido el de los áridos, incluso los procedentes del RA, y el del polvo mineral. No serán de abono los sobreanchos laterales, ni los aumentos de espesor por corrección de mermas en capas subyacentes.

El polvo mineral de aportación y las eventuales adiciones a la mezcla bituminosa, sólo se abonarán aparte si así lo previera explícitamente el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y el Cuadro de Precios del Proyecto, y su medición estuviera prevista en el Presupuesto del Proyecto. Su abono se hará por toneladas, obtenidas multiplicando la medición correspondiente de mezclas bituminosas puesta en obra por su dotación media en las mismas.

Se abonará aparte el ligante bituminoso aportado, con la inclusión del eventual producto rejuvenecedor, medido por toneladas. No será objeto de abono independiente el betún contenido en el RA, que se considerará incluido en el precio de la mezcla.