

BASE DE CONCRETO HIDRÁULICO

ARTÍCULO 505 – 13

505.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, el transporte, la colocación y el vibrado de una mezcla de concreto hidráulico como capa de base de un pavimento; el acabado, el curado y las demás actividades necesarias para su correcta construcción, de acuerdo con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos del proyecto o ajustados por el Interventor.

505.2 MATERIALES

505.2.1 Concreto

Estará conformado por una mezcla homogénea de cemento con o sin adiciones, agua, agregados fino y grueso y aditivos, cuando estos últimos se requieran, materiales que deberán cumplir los requisitos básicos que se mencionan a continuación.

505.2.1.1 Cemento

El cemento utilizado será hidráulico, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo indicado en el Artículo 501 de estas especificaciones. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se empleará cemento hidráulico de uso general: Portland tipo I (norma ASTM C-150); tipo IS o IP (norma ASTM C595); o tipo GU (norma ASTM C1157).

El Constructor deberá presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con el cemento, como parte del diseño de la mezcla.

Si por alguna razón el cemento ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no podrá ser utilizado. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

505.2.1.2 Agua

Se considera adecuada el agua que cumpla los requisitos establecidos en el numeral 630.2.3 del Artículo 630.

505.2.1.3 Agregado fino

Se considera como tal, la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Provenirá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, de acuerdo con los documentos del proyecto.

El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más de treinta por ciento (30 %) de la masa del agregado fino.

El agregado fino deberá cumplir con los requisitos de calidad indicados en la Tabla 505 - 1.

Tabla 505 - 1. Requisitos del agregado fino para bases de concreto hidráulico

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo(%)	E-220	10
- Sulfato de sodio		15
- Sulfato de magnesio		
Limpieza (F)		
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	NP
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200), % máximo.	E-214	3
Contenido de materia orgánica (F)		
Color más oscuro permisible	E-212	Igual a muestra patrón
Características químicas (O)		
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{=}$, máximo (%)	E-233	1.2
Absorción		
Absorción de agua, máximo (%)	E-222	4

Si el agregado fino no cumple el requisito indicado en la Tabla 505 - 1 para el contenido de materia orgánica, se podrá aceptar si al ser ensayado en relación con el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero, se obtiene una resistencia relativa a siete (7) días no menor de noventa y cinco por ciento (95 %), calculada de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma ASTM C 87.

505.2.1.4 Agregado grueso

Se considera como tal, la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Dicho agregado deberá proceder fundamentalmente de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla. No se permitirá la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno.

El agregado grueso deberá cumplir, además, los requisitos de calidad señalados en la Tabla 505 - 2.

505.2.1.5 Gradación combinada

La combinación de los agregados grueso y fino, lista para elaborar la mezcla de concreto, deberá satisfacer el requisito granulométrico indicado en la Tabla 505 - 3.

505.2.1.6 Reactividad

Para evaluar la posibilidad de que se presenten expansiones perjudiciales en el concreto debido a la reactividad de los agregados con los álcalis del cemento (reactividad álcali-sílice o álcali-carbonatos), se deberán seguir los lineamientos de las normas ASTM C33 y NTC 174.

Tabla 505 - 2. Requisitos del agregado grueso para bases de concreto hidráulico

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	40 8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	30
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	50 75
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	10 15
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	3
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Geometría de las partículas (F)		
Partículas planas y alargadas (relación 5:1), máximo (%)	E-240	10
Características químicas		
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como SO_4^{2-} , máximo (%)	E-233	1.0
Reactividad álcali – agregado grueso y fino: Concentración SiO_2 y reducción de alcalinidad R Nota: ver numeral 505.2.1.6.3	E-234	$SiO_2 \leq R$ cuando $R \geq 70$ $SiO_2 \leq 35 + 0.5R$ cuando $R < 70$

505.2.1.6.1 Evaluación de pavimentos en servicio comparables

Para calificar la reactividad potencial, deberá prevalecer, en la mayoría de los casos, la evaluación de pavimentos en servicio que sean comparables; los pavimentos deben haber sido construidos empleando los mismos agregados y el mismo cemento, y deben tener en general al menos 10 años de servicio bajo condiciones de exposición

suficientemente parecidas a las de la nueva estructura que se va a construir.

Tabla 505 - 3. Granulometría del agregado combinado para bases de concreto hidráulico

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)					
	50	25	19	4.75	0.425	0.075
	2"	1"	3/4"	No. 4	No. 40	No. 200
% PASA						
UNICA	100	55-85	50-80	30-60	10-30	0-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	-	4 %			3 %	2 %

505.2.1.6.2 Inspección petrográfica

La inspección petrográfica para determinar si los agregados contienen sustancias que potencialmente pueden ser perjudicialmente reactivas y en qué cantidades están presentes, se deberá realizar siguiendo las normas ASTM C 295 y NTC 3773.

505.2.1.6.3 Reactividad álcali-sílice

Si el agregado califica como potencialmente reactivo con base en los criterios de la Tabla 505 - 2, no debe ser utilizado en la producción de concretos, a no ser que se demuestre que no es nocivo para el concreto con base en evaluaciones complementarias, como las indicadas en el apéndice de la especificación ASTM C33, en especial las que hacen referencia a las normas ASTM C 227 y C 1260.

Si en la mezcla se emplean arenas provenientes de escorias siderúrgicas, se comprobará que no contengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

505.2.1.6.4 Reactividad álcali-carbonatos

Los agregados fino y grueso no deberán presentar reactividad potencial de los carbonatos presentes en ellos con los álcalis del cemento. Aunque los agregados que pueden desarrollar potenciales reacciones perjudiciales álcali-carbonatos son poco frecuentes y rara vez hacen parte de los agregados con los cuales se elabora el concreto, si hay sospecha de su existencia se recurrirá a las normas de ensayo ASTM C 586 o ASTM C1105 para calificar su potencial reactivo.

505.2.1.7 Aditivos

Se podrán usar aditivos de reconocida calidad para modificar las propiedades del concreto, con el fin de que sea el más adecuado para las condiciones particulares de la base por construir. Su empleo se deberá definir por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con las dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin que se perturben las propiedades restantes de la mezcla.

Los aditivos por usar pueden ser los siguientes:

- Incluidores de aire, los cuales deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 260. El agente incluidor de aire deberá ser compatible con cualquier aditivo reductor de agua que se utilice;
- Aditivos químicos, que pueden ser reductores de agua, acelerantes de fraguado y retardantes de fraguado, los cuales deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 494, incluyendo el ensayo de resistencia a la flexión. Los aditivos reductores de agua se deberán incorporar en la mezcla separadamente de los incluidores de aire, de conformidad con las instrucciones del fabricante.

La utilización de acelerantes y retardantes se debe evitar en la medida de lo posible; se podrán utilizar únicamente en casos especiales, previa evaluación por parte del Constructor,

que permita definir las condiciones de empleo de los mismos. El documento con toda la sustentación respectiva, incluyendo los certificados de calidad de los productos propuestos, deberá ser presentado al Interventor para su evaluación y eventual aprobación, sin la cual no se permitirá su uso en el proyecto.

505.2.2 Producto de curado

El curado del concreto en obra para la base de concreto hidráulico se llevará a cabo por medio de un compuesto líquido que forme una película sobre la superficie del concreto. Deberá ser de un color claro para reflejar la luz y deberá permitir la verificación de la homogeneidad del vaciado de la mezcla. El producto deberá cumplir con la especificación ASTM C 309, tipo 2 clase B, o clase A sólo si la base es de parafina.

505.3 EQUIPO

Rige lo que resulte aplicable de lo descrito en el numeral 500.3 del Artículo 500.

505.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

505.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Al respecto, resulta aplicable lo descrito en el numeral 630.4.1 del Artículo 630.

505.4.2 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Constructor suministrará al Interventor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, cemento, agua y eventuales aditivos por utilizar, avaladas por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla.

Una vez el Interventor efectúe las comprobaciones que considere necesarias y dé su aprobación a los materiales cuando resulten satisfactorios, de acuerdo con lo que establece la presente especificación, el Constructor diseñará la mezcla mediante algún método reconocido y definirá una fórmula de trabajo, la cual someterá a aprobación del

Interventor. La fórmula de trabajo deberá satisfacer los requisitos definidos en los documentos del proyecto; si los documentos del proyecto no establecen los requisitos, deberá cumplir los indicados en la Tabla 505 - 4.

Tabla 505 - 4. Criterios de diseño de la mezcla para la base de concreto hidráulico

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Resistencia a la compresión a 28 días (MPa)	E-410	5.0 a 8.5
Resistencia a la compresión a 7 días, mínimo (MPa)	E-410	3.5
Contenido de aire, máximo (%)	E-406	3.5
Asentamiento (mm):		
- Formaleta fija	E-404	25 a 50
- Formaleta deslizante		13 a 38

El requisito sobre resistencia máxima a los veintiocho (28) días se podrá obviar, si se diseñan y construyen juntas en la capa de base de concreto hidráulico

La fórmula señalará:

- El tipo y la marca de cemento;
- Las proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles y la gradación media a que da lugar dicha mezcla, por los tamices correspondientes a la granulometría aceptada, así como la franja de tolerancia dentro de la cual es válida la fórmula propuesta;
- Módulo de finura del agregado fino;
- Las dosificaciones de cemento, agua libre y eventuales aditivos, por metro cúbico (m³) de concreto fresco;
- La consistencia del concreto;
- El contenido de aire (si se ha especificado);

Para cada dosificación ensayada, se controlarán la consistencia (INV E-404), las resistencias a compresión (INV E-410) a siete (7) y a veintiocho (28) días y el contenido de aire incluido (INV E-406).

Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasadas diferentes de concreto, confeccionando series de cuatro (4) probetas por amasada. De cada serie se ensayarán dos (2) probetas a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, obteniéndose los valores promedio de cada grupo de resultados.

Se considerará como fórmula de trabajo, una mezcla cuyo valor promedio obtenido a siete (7) días supere la resistencia de diseño con un margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión que introduce la ejecución de la obra, la resistencia característica real de la mezcla también sobrepase la especificada. Al efecto, el Constructor deberá tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la resistencia especificada dependerá de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

El Constructor deberá remitir al Interventor el diseño completo de la mezcla, mostrando las proporciones de los ingredientes y los resultados de la resistencia a compresión del concreto a siete (7) y veintiocho (28) días, así como el módulo de elasticidad (norma de ensayo INV E-424) y la densidad del concreto endurecido (norma de ensayo ASTM C 642). El diseño deberá incluir una copia de todos los formularios de ensayo, incluyendo las fechas de las pruebas, una lista completa de los materiales, indicando tipo, fuente y características especificadas, tipo y resultados de las pruebas físicas y químicas sobre el cemento, el agua y los eventuales aditivos. También, deberá incluir el módulo de finura de la arena y el contenido de aire incluido en la mezcla. El diseño no podrá tener una edad superior a noventa (90) días y la producción industrial de la mezcla no podrá comenzar hasta que el Interventor apruebe por escrito el informe de diseño.

Durante la etapa de producción se deberá reajustar la fórmula de trabajo cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- El tipo, la clase o la categoría del cemento y/o su marca;
- El tipo, la absorción y/o el tamaño máximo del agregado grueso;
- El tipo de agregado fino o su módulo de finura en más de dos décimas (0.2);

- La naturaleza o la proporción de los aditivos;
- El método de puesta en obra;
- La procedencia del agua;
- Las tolerancias granulométricas indicadas en la Tabla 505 - 6.

505.4.3 Tramo de prueba

Rige lo descrito en el numeral 500.4.3 del Artículo 500.

505.4.4 Preparación de la superficie existente

Rige lo descrito en el numeral 500.4.4 del Artículo 500.

505.4.5 Elaboración de la mezcla

Rige lo descrito en el numeral 500.4.5 del Artículo 500.

505.4.6 Transporte del concreto al sitio de las obras

Rige lo descrito en el numeral 500.4.6 del Artículo 500.

505.4.7 Colocación de formaletas

Rige lo que resulte aplicable de lo descrito en el numeral 500.4.7 del Artículo 500.

505.4.8 Colocación de elementos de guía y acondicionamiento de los caminos de rodadura para pavimentadoras de formaletas deslizantes

Rige lo descrito en el numeral 500.4.8 del Artículo 500.

505.4.9 Colocación del concreto

Rige lo que resulte aplicable de lo descrito en el numeral 500.4.11 del Artículo 500.

505.4.10 Ejecución de juntas

Los documentos del proyecto o el criterio del numeral 505.4.2 podrán hacer necesaria la construcción de juntas en la base de concreto.

Se cuidará que las juntas longitudinales de la base no coincidan en ubicación con las previstas para las losas de la capa de rodadura. El desplazamiento deberá ser, cuando menos, de ciento cincuenta milímetros (150 mm).

En las juntas longitudinales resultantes de colocar una franja de concreto contra otra ya construida, se aplicará al canto de ésta un producto que evite la adhesión del concreto nuevo con el antiguo.

Se tendrá especial cuidado de que el concreto nuevo que se coloque a lo largo de la junta sea homogéneo y quede perfectamente compactado, especialmente cuando la junta sea del tipo machihembrado. Si se observan desperfectos en el borde construido, ellos se deberán corregir antes de aplicar el producto antiadherente.

Las juntas transversales de construcción se dispondrán al fin de la jornada de trabajo o cuando se presente una interrupción que haga temer el comienzo del fraguado.

Las juntas transversales de contracción se ubicarán en posición coincidente con las previstas para las losas del pavimento. Su ejecución se hará en fresco.

505.4.11 Acabado superficial

Después de extendido y compactado, el concreto será sometido a un proceso de acabado superficial para lograr una superficie plana y ajustada a las cotas del proyecto, dentro de las tolerancias permitidas.

El acabado de bases construidas entre formaletas fijas se podrá realizar por medio de herramientas manuales, como el flotador o enrasador. También, se podrán utilizar equipos de terminado que se deslicen sobre las formaletas fijas. La disposición y el movimiento del elemento enrasador serán los adecuados para eliminar las irregularidades superficiales y obtener el perfil, sin superar las tolerancias establecidas.

El acabado de bases construidas con pavimentadoras de formaletas deslizantes deberá ser efectuado por la misma máquina pavimentadora, la cual deberá disponer de los elementos necesarios para ello.

Una vez terminada esta operación y mientras el concreto se encuentre en estado plástico, se comprobará el acabado superficial con una regla de

tres metros colocada paralela o perpendicularmente al eje de la calzada, en cualquier sector de ella que no esté afectado por cambios de pendiente, verificando que las irregularidades no excedan de diez milímetros (10 mm). En el caso de que se presenten diferencias mayores, ellas se deberán eliminar, ya sea agregando concreto fresco que se vibrará y terminará del mismo modo que el resto de la base, o bien eliminando los excesos con los bordes de la llana. Se prohibirá el riego de agua o la extensión de mortero sobre la superficie para facilitar el acabado y corregir irregularidades de la base.

La superficie terminada de la base de concreto hidráulico deberá quedar libre de áreas porosas y de resaltos de mortero y otras proyecciones, y no requerirá ninguna operación especial de texturizado.

505.4.12 Protección del concreto fresco

Rige lo descrito en el numeral 500.4.16 del Artículo 500.

505.4.13 Curado del concreto

Rige lo descrito en el numeral 500.4.17 del Artículo 500.

505.4.14 Remoción de formaletas

Cuando la base se construya entre formaletas fijas, el desformaletado se efectuará luego de transcurridas dieciséis (16) horas a partir de la colocación del concreto. En cualquier caso, el Interventor podrá aumentar o reducir el tiempo, en función de la consistencia alcanzada por el concreto.

505.4.15 Apertura al tránsito

No se deberá permitir la circulación de ningún tipo de tránsito sobre la base de concreto hidráulico, mientras ésta no haya alcanzado una resistencia a la compresión mínima de 5 MPa (50 kg/cm²).

505.4.16 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión de la mezcla para la construcción de la base de concreto hidráulico, mientras no hayan sido realizadas la nivelación y la comprobación del grado de compactación de la capa precedente.

Los trabajos de construcción de la base de concreto hidráulico se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, si el Constructor garantiza el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel.

El vaciado del concreto se deberá interrumpir siempre que llueva con una intensidad tal que pudiera producir, a juicio del Interventor, el lavado del concreto o la pérdida del acabado de la base.

En zonas calurosas, se deberán extremar las precauciones, con el fin de evitar fisuraciones o desecación superficial. Donde la temperatura ambiente exceda de treinta grados Celsius (30° C), se deberá contemplar el empleo de aditivos retardadores de fraguado y/o el empleo de agua fría en la elaboración de la mezcla. La temperatura de la mezcla no podrá exceder de treinta y ocho grados Celsius (38° C) en el instante de su colocación.

La temperatura de la masa de concreto, durante la operación de vaciado, tampoco podrá ser inferior a cinco grados Celsius (5° C) y se prohibirá la puesta en obra sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a cero grados Celsius (0° C) o cuando la temperatura ambiente sea inferior a cuatro grados Celsius (4° C).

505.4.17 Manejo ambiental

Todas las labores requeridas para la construcción de la base de concreto hidráulico se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

Sea que los agregados los explote el Constructor o le sean suministrados por terceros, el Interventor verificará que se encuentran vigentes todas las licencias para su explotación.

Así mismo, se controlará que todos los procesos de preparación de agregados, elaboración, transporte y colocación de la mezcla y el acabado de la base, se realicen cumpliendo cabalmente las normas ambientales vigentes.

Al término de los trabajos de construcción de la base de concreto hidráulico, el Constructor deberá limpiar la superficie y retirar todo

material sobrante o desperdicio y transportarlo y depositarlo apropiadamente en un lugar autorizado por las autoridades ambientales que tengan la jurisdicción respectiva.

Siempre que se deban demoler y reponer tramos de base de concreto hidráulico, los productos de la demolición quedarán de propiedad del Constructor, quien deberá disponer de ellos de manera que no causen afectaciones ambientales ni se genere obligación de ninguna índole al Instituto Nacional de Vías.

505.4.18 Conservación

La base de concreto hidráulico deberá ser mantenida en perfectas condiciones por el Constructor, hasta el instante de colocación de la capa superior, sin que ello implique costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías.

505.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

505.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción;
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación;
- Verificar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado en cuanto a la elaboración y el manejo de los agregados, así como en cuanto a la manufactura, transporte, colocación, compactación, ejecución de juntas, acabado y curado de las mezclas de concreto;
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla;
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y de la mezcla de concreto, durante el período de ejecución de las obras;

- Verificar permanentemente el asentamiento y el contenido de aire de la mezcla, si éste se ha especificado;
- Tomar cotidianamente muestras de la mezcla que se elabore, para determinar su resistencia;
- Tomar núcleos para determinar el espesor de la base, su densidad y su resistencia a la compresión;
- Realizar medidas para levantar perfiles y comprobar la regularidad de la superficie de la base terminada.

Los orificios que dejen los núcleos para determinar el espesor de la base y otros controles a que haya lugar, serán rellenados por el Constructor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías, con una mezcla de iguales características que la empleada en la construcción de la base, la cual deberá ser correctamente compactada, enrasada y curada.

505.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

505.5.2.1 Calidad del cemento

De cada partida de cemento que llegue a la central de fabricación, sea que esta última sea de propiedad del Constructor o de un proveedor, se realizarán los ensayos descritos en el Artículo 501 y sus resultados deberán ser remitidos al Interventor. Si ellos no son satisfactorios, se rechazarán el cemento y el concreto que se haya elaborado con él.

Además, cada vez que lo considere necesario, el Interventor efectuará u ordenará la ejecución de los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

505.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna incertidumbre sobre su calidad, ordenará o ejecutará los ensayos relacionados en las Tablas 630 - 5 y 630 - 6 del Artículo 630; sólo la aceptará, si se cumplen los límites establecidos en ellas.

505.5.2.3 Calidad de los agregados

De cada fuente de agregados por utilizar en la producción concreto y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y se ejecutarán los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en los numerales 505.2.1.3 y 505.2.1.4. También, se deberá evaluar su reactividad, según las indicaciones del numeral 505.2.1.6.

Los resultados de todas estas pruebas deberán satisfacer las exigencias de los numerales anteriormente citados. Los agregados que no las cumplan, no podrán ser utilizados en la elaboración de la mezcla de concreto.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto (tal como distinta coloración), segregación; partículas alargadas o aplanadas o plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, sea que el Constructor elabore la mezcla o tenga un proveedor que se la suministra, se verificará la calidad de los agregados, mediante la realización de los ensayos que se relacionan en la Tabla 505 - 5, con la frecuencia indicada en ella.

Los resultados de los ensayos deberán satisfacer todos los requisitos establecidos en el presente Artículo; en caso contrario, la mezcla elaborada con los agregados defectuosos será rechazada y tramos vaciados con el concreto cuestionado deberán ser demolidos y contruidos nuevamente, a expensas del Constructor, y a plena satisfacción del Interventor.

La curva granulométrica de cada ensayo individual se deberá ajustar a la franja de tolerancia. La franja de tolerancia se construirá a partir de la granulometría de diseño de la mezcla

(fórmula de trabajo), con los límites fijados en la Tabla 505 - 3.

Tabla 505 - 5. Ensayos de verificación sobre los agregados para bases de concreto hidráulico

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Módulo de finura	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Seco y húmedo	E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos	E-220	1 por mes
Limpieza (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Índice de plasticidad	E-125,126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznable	E-211	1 por semana
Partículas livianas.	E-221	1 por semana
Material que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200)	E-214	1 por semana
Geometría de las partículas (F)		
Partículas fracturadas mecánicamente	E-227	1 por jornada
Partículas planas y alargadas	E-240	1 por semana

En el caso de que los valores obtenidos excedan la franja de tolerancia definida para la fórmula de trabajo, pero no se salgan de las franjas normativas, el proveedor o el Constructor deberán preparar en laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa. Ella se someterá a todas las pruebas de valoración descritas en el presente Artículo. En el caso que no cumpla todos los requerimientos, el Constructor demolerá, a su costa, las losas cuestionadas y las repondrá, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

505.5.2.4 Calidad de los productos químicos para curado

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que garanticen la calidad y la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del Interventor.

505.5.2.5 Calidad de la mezcla

De cada elemento de transporte a la obra, se controlará el aspecto del concreto y su temperatura. Cualquier concreto segregado o cuya envuelta no sea homogénea será rechazado por el Interventor, sin tener que recurrir a prueba alguna de laboratorio o de campo para tomar tal determinación.

505.5.2.5.1 Consistencia

Se controlará la consistencia de cada carga transportada, para lo cual se extraerá una muestra en el momento de la colocación del concreto, para someterla al ensayo de asentamiento (INV E-404). El resultado obtenido se deberá ajustar al establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 505 - 6. Si el asentamiento se encuentra por fuera de los límites de tolerancia o por fuera del rango aceptado en el numeral 505.4.2, se tomará una segunda muestra del mismo camión y se repetirá el ensayo. Si este último se encuentra dentro de los límites y tolerancias especificados, se aceptará el viaje. En caso contrario, se rechazará.

Tabla 505 - 6. Tolerancias en el asentamiento y en el contenido de aire respecto de los definidos en la fórmula de trabajo

CARACTERÍSTICA	CONSTRUCCIÓN	TOLERANCIA
Asentamiento	Formaletas fijas	25 a 50
	Formaletas deslizantes	13 a 38
Contenido de aire, cuando esté especificado	Formaletas fijas	+ 1.8 %
	Formaletas deslizantes	+ 1.8 %

505.5.2.5.2 Contenido de aire

Si en el diseño de la mezcla se ha especificado un contenido de aire, se deberá controlar (norma de ensayo INV E-406) en cada uno de los tres (3) primeros camiones que lleguen a la obra en la jornada de trabajo y en los tres (3) primeros después de cada interrupción, programada o no, durante el curso de dicha jornada. Los resultados se deberán ajustar al valor establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 505 - 6. Si el resultado de la muestra de algún camión se encuentra por fuera de los límites de tolerancia, se tomará una segunda muestra del mismo camión y se repetirá el ensayo. Si este último se encuentra dentro de la tolerancia especificada, se aceptará el viaje. En caso contrario, se rechazará. Si se rechaza el concreto de los tres (3) camiones consecutivos por este motivo, se suspenderán la producción de la mezcla y la construcción de la base, hasta que se detecten y corrijan las causas de la anomalía.

505.5.2.5.3 Resistencia

Se deberá determinar la resistencia a compresión del concreto (norma de ensayo INV E-410) a siete (7) y veintiocho (28) días.

Se considerará como "lote", que se aceptará o rechazará en bloque, la menor cantidad de base construida con el mismo tipo de mezcla que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- La obra ejecutada en una jornada de trabajo;
- Trescientos cincuenta metros cúbicos (350 m³) de concreto colocado.

De cada lote definido para inspección se moldearán aleatoriamente y de amasadas diferentes, un mínimo de tres (3) muestras. Para proyectos con baja producción diaria de concreto para un tipo

dado de mezcla (menos de 100 m³ por día), se podrá combinar la producción del día con la producción del siguiente o siguientes días del mismo tipo de mezcla hasta completar los 100 m³ de concreto colocado y tratar esa producción como un lote.

Por cada muestra se elaborarán las siguientes probetas:

- Cuatro (4) cilindros, para ensayos de compresión (INV E-410), de los cuales se fallarán dos (2) a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, luego de ser sometidos al curado normalizado.

El promedio de la resistencia de las dos (2) probetas de la misma mezcla y de la misma edad se considera como un ensayo. Los valores de resistencia a siete (7) días se emplearán únicamente para controlar la regularidad de la calidad de la producción del concreto y para dar el tramo al tránsito, mientras que los obtenidos a veintiocho (28) días se emplearán en la comprobación de la resistencia del concreto para su aceptación.

Para algunos proyectos o para algunas partes de un proyecto, se puede requerir que la resistencia especificada para el concreto se obtenga a una edad más temprana, que deberá estar definida en los documentos del proyecto o acordada en obra con el Interventor; en estos casos, se variarán las edades de los ensayos de manera consecuente y los criterios de aceptación se aplicarán a la nueva edad establecida.

Todos los ensayos de resistencia se reportarán con la precisión indicada en las normas de ensayo respectivas, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

505.5.2.5.3.1 Cálculo del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL)

El cálculo del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL) se hará según el numeral 107.3.2 del Artículo 107, con base en el promedio de los resultados de resistencia de cada lote, su desviación estándar y su índice de calidad inferior IQI. Las variables de cálculo serán las siguientes:

- Como resultados individuales (V_i) se usarán las resistencias individuales del concreto a compresión ($f_{c,i}$) a la edad de 28 días;
- Como valor medio de la muestra (V_m) se usará la resistencia promedio del concreto a compresión, a una edad de veintiocho (28) días, de la muestra que representa al lote bajo evaluación ($f_{c,m}$);
- Como valor mínimo o límite inferior de la especificación (V_{\min}) se usará el valor mínimo de resistencia del concreto a compresión ($f_{c,\min}$);
- Número de ensayos que integran la muestra que representa al lote (n);
- El porcentaje estimado de valores dentro del límite superior de la especificación (PDLS) será 100, puesto que no se define un límite superior para el parámetro evaluado (V_{\max}); es decir, para la resistencia del concreto a compresión.

Los documentos del proyecto deberán definir el valor mínimo de resistencia del concreto a compresión ($f_{c,\min}$), valor que puede ser nombrado también como

“resistencia característica a la compresión”. Si los documentos técnicos del proyecto no lo definen expresamente, se calculará el valor mínimo $f_{c,mín}$ como el noventa y tres por ciento (93 %) del valor de resistencia a la compresión señalada en los documentos del proyecto.

505.5.2.5.3.2 Criterio de aceptación de la resistencia a la flexión del concreto

Para la aceptación o rechazo del lote de base de concreto hidráulico, se definen 3 niveles de calidad en función del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL):

- **Nivel de aceptación a satisfacción:** si el valor de PDL del lote es igual o superior a 90 %, el lote de base de concreto se acepta y se paga al precio unitario del contrato.
- **Nivel de aceptación con sanción:** si el valor de PDL del lote está entre 50 % y 89 %, el lote de base de concreto se podrá aceptar con sanción, consistente en la aplicación de una reducción al precio unitario del contrato para el pago del lote por medio de un factor de ajuste de precio. El factor de ajuste de precio por resistencia FAR (menor que la unidad), que se aplicará al precio unitario del contrato para el pago del lote, se definirá para cada lote mediante la Tabla 505 - 7.
- **Nivel de rechazo:** si el valor de PDL del lote es inferior 50 %, se demolerá el lote de base de concreto objeto de la controversia, a expensas del Constructor, quien la reemplazará a su

costa, con otra de calidad satisfactoria; el producto de la demolición será de su propiedad.

- Eventualmente el Instituto Nacional de Vías puede, por conveniencia para el proyecto, permitir que no se demuela un lote de base rechazada (PDL < 50 %); en este caso, la base rechazada podrá permanecer en el sitio pero será pagada al cincuenta por ciento (50 %) del precio del contrato (FAR = 0.500).

Tabla 505 - 7. Factor de ajuste del precio unitario por resistencia (FAR)

PDL, %	FAR FACTOR DE AJUSTE DE PRECIO UNITARIO	PDL, %	FAR FACTOR DE AJUSTE DE PRECIO UNITARIO	PDL, %	FAR FACTOR DE AJUSTE DE PRECIO UNITARIO
90 a 100	1.000	73	0.915	56	0.795
89	0.995	72	0.910	55	0.788
88	0.990	71	0.905	54	0.780
87	0.985	70	0.900	53	0.773
86	0.980	69	0.893	52	0.765
85	0.975	68	0.885	51	0.758
84	0.970	67	0.878	50	0.750
83	0.965	66	0.870	Rechazo	
82	0.960	65	0.863		
81	0.955	64	0.855		
80	0.950	63	0.848		
79	0.945	62	0.840		
78	0.940	61	0.833		
77	0.935	60	0.825		
76	0.930	59	0.818		
75	0.925	58	0.810		
74	0.920	57	0.803		

505.5.2.6 Calidad del producto terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas en los planos del proyecto o modificadas con autorización del Interventor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa construida no podrá ser menor que la indicada en los planos o la determinada por el Interventor.

La cota de cualquier punto de la base curada no deberá variar en más de cinco milímetros (5 mm) de la proyectada. De igual manera, no deberán existir depresiones mayores a diez milímetros (10 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente. Las áreas donde las depresiones excedan el valor admisible, serán delimitadas por el Interventor y corregidas por el Constructor, a sus expensas, mediante algún procedimiento satisfactorio para aquel, que garantice que no se producirán ni pérdidas de resistencia ni de espesor en el conjunto de la capa.

Además, se deberán efectuar las siguientes verificaciones:

505.5.2.6.1 Espesor de la base

Durante la construcción de la base se deberán nivelar el eje y los bordes de la base cada veinte metros (20 m) a lo largo del eje, tanto sobre la superficie de soporte de la base, como en la superficie de la base de concreto hidráulico, después de su ejecución y curado; estas verificaciones de nivel se deberán realizar exactamente en los mismos puntos. Estas mediciones de niveles se usarán como guía para delimitar zonas cuyo espesor, evaluado como se indica en los párrafos siguientes de este numeral, resulte deficiente, o para determinar la tomar núcleos adicionales, los resultados de la nivelación muestren que existen posibles deficiencias de espesor.

Así mismo, una vez retiradas las formaletas, se realizarán las verificaciones de espesores en los costados de las losas.

La verificación de espesor para aceptación o rechazo se realizará por lotes; se usarán los mismos lotes establecidos para la verificación de la resistencia, numeral 505.5.2.5.3. Cada lote se subdividirá en, al

menos, tres sub-lotes de máximo trescientos cincuenta metros cuadrados (350 m^2) cada uno, debiendo extraerse de cada sub-lote dos (2) testigos cilíndricos o núcleos mediante equipos provistos de brocas rotativas (norma de ensayo INV E-418). Los testigos se extraerán luego de transcurridos quince (15) días desde la colocación del concreto; los espesores de los núcleos se medirán según la norma de ensayo INV E-419.

Los agujeros dejados por los núcleos en la base se deberán rellenar a más tardar al día siguiente del corte, con un concreto apropiado de la misma calidad del concreto de la base o superior, que no se contraiga; antes de su colocación, se deberá aplicar una resina en las paredes del agujero, del tipo V, según la especificación ASTM C-811.

Si el espesor promedio de los dos (2) testigos correspondientes a un sub-lote resulta inferior al espesor teórico de diseño (e_d) en más de diez milímetros (10 mm), el Constructor deberá demoler, retirar y disponer escombros y reconstruir la base a sus expensas, de modo de cumplir todas las exigencias de la presente especificación. Igual procedimiento se seguirá cuando el espesor de un (1) testigo resulte inferior en más de quince milímetros (15 mm) con respecto al teórico del diseño. El material producto de la demolición será de propiedad del Constructor.

Se considerará como espesor promedio del lote (e_m), el promedio de las alturas de los testigos extraídos de él, redondeado al milímetro (mm). Cuando corresponda la demolición de un sector por los motivos expuestos en el párrafo anterior, las alturas de sus testigos no se considerarán en el cálculo del espesor promedio del lote.

Si el espesor promedio del lote es inferior al teórico de diseño en más de dos milímetros (2 mm) y hasta siete milímetros (7 mm), la base, en cuanto hace a

su espesor, se aceptará con descuento por deficiencia de espesor. El descuento se aplicará al lote de la cual se extrajeron los testigos, previa deducción de los sectores donde haya correspondido la demolición y la reconstrucción. El descuento (D), en tanto por uno, por aplicar en el pago por metro cúbico de base de concreto en el lote así afectado (Z), se calculará con la expresión:

$$D = \left(1 - \frac{(e_m + 2)^2}{e_d^2}\right) \quad [505.1]$$

Donde: e_d : Espesor de diseño, mm;

e_m : Espesor promedio del lote, mm.

El factor de ajuste de precio por espesor FAE (menor o igual que la unidad), que se aplicará al precio unitario del contrato para el pago de los lotes correspondientes al lote analizado, será el resultado de restar el descuento D de la unidad.

$$FAE = 1 - D \quad [505.2]$$

Cuando el espesor promedio del lote (e_m) sea inferior al teórico de diseño (e_d) en más de siete milímetros (7 mm), el Constructor deberá demoler, retirar y disponer escombros y reconstruir la base, a sus expensas, de modo de cumplir todas las exigencias de la presente especificación. La base reconstruida se someterá a las mismas valoraciones de calidad especificadas en este Artículo para cualquier tramo de base, para efectos de su aprobación o rechazo.

Si un lote califica para ser demolido, de acuerdo con el párrafo anterior, pero los resultados de alturas de núcleos y mediciones topográficas sugieren que la deficiencia no es generalizada en el lote sino que está concentrada en algún sub-lote, la zona restante podrá ser analizada nuevamente, tratándola como

un lote; en este caso, podrá ser necesario tomar núcleos adicionales para cumplir con el mínimo de 3 sub-lotes dentro de este lote.

Todos los núcleos extraídos para la medida del espesor serán sometidos, sucesivamente, a ensayos de densidad, módulo de elasticidad y resistencia a la compresión..

505.5.2.6.2 Densidad del concreto

A los testigos extraídos de la base terminada se les determinará su densidad, según la norma de ensayo ASTM C 642. Los resultados deberán ser reportados, pero no se emplearán como criterio para aceptación o rechazo de la base construido.

505.6 MEDIDA

La unidad de medida de la base de concreto hidráulico será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico ($0.1 m^3$), de concreto suministrado, colocado, compactado y terminado, debidamente aceptado por el Interventor, de acuerdo con lo exigido en este Artículo. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y el espesor mostrados en los documentos del proyecto o ajustados según los cambios ordenados por el Interventor; en aquellos lotes aceptados cuyo espesor promedio resulte inferior al de diseño, el volumen se determinará usando el espesor promedio del lote en lugar del espesor mostrado en los documentos del proyecto. No se medirá, con fines de pago, ningún volumen por fuera de estos límites

505.7 PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, multiplicado por el factor de ajuste total FAT según se indica a continuación, por toda obra ejecutada de acuerdo con este Artículo y aceptada por el Interventor.

El factor de ajuste total FAT, que se calculará para cada lote individual y que tiene un valor máximo de la unidad (1), será el resultado de multiplicar el factor de ajuste por resistencia FAR, numeral 505.5.2.5.3.2, por el factor de ajuste por espesor FAE, numeral 505.5.2.6.1, determinados para ese lote.

$$\text{FAT} = \text{FAR} \times \text{FAE}$$

[505.3]

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de licencias ambientales, permisos y derechos de explotación o alquiler de las fuentes de materiales y el descapote y la preparación de las zonas por explotar. Deberá cubrir, también, todos los costos de explotación de las fuentes de materiales; la selección, trituración, eventual lavado y clasificación de los materiales pétreos; el suministro, el almacenamiento, los desperdicios, cargues, transportes, descargues y la mezcla de todos los materiales constitutivos de la mezcla de concreto cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, incluidos los aditivos; la obtención, el transporte, el suministro y la aplicación del agua requerida para el humedecimiento de la superficie de apoyo de la base; el costo de la definición de la fórmula de trabajo; el suministro, la colocación y el retiro de las formaletas fijas cuando ellas se utilicen; el suministro y la aplicación de los materiales de curado; el transporte del concreto al sitio de los trabajos, su colocación y vibrado; la ejecución de juntas en fresco o por aserrado; el acabado superficial y el curado requerido; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes de materiales; la adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación; el tramo de prueba; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito público durante la realización de las obras y durante el período de curado; la limpieza final del sitio de los trabajos al término satisfactorio de éstos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, además, todos los costos correspondientes a administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

La preparación de la superficie existente, salvo el humedecimiento, se considera incluida en el ítem referente a la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto. Si dicho ítem no está incluido en el contrato, el Constructor deberá incluir el costo de la preparación de la superficie existente dentro del precio unitario de la base de concreto hidráulico.

505.8 ÍTEM DE PAGO

505.1 Base de concreto hidráulico

Metro cúbico (m³)