

ARTÍCULO 342 – 07

BASE DE CONCRETO HIDRÁULICO

342.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y 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.

342.2 MATERIALES

342.2.1 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 indican a continuación.

342.2.1.1 Cemento

El cemento utilizado será Portland, de marca aprobada oficialmente. Si los documentos del proyecto no señalan algo diferente, se empleará el denominado Tipo II, de los descritos en la norma ASTM C 150.

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.

342.2.1.2 Adiciones

Si los documentos del proyecto lo contemplan, se podrá utilizar un cemento con adiciones, de conformidad con la especificación ASTM C 595. Las adiciones deberán ser incorporadas en la fábrica del cemento.

Si la adición está constituida por una puzolana, ésta deberá cumplir los requisitos de la clase F de la especificación ASTM C 618.

Si se trata de escoria de alto horno, molida y granulada, deberá cumplir lo exigido en la especificación ASTM C 989 para los grados 100 ó 120. Su proporción dentro de la masa cementante total, se deberá encontrar entre 25% y 55%.

Tanto si se emplea cemento Portland normal como adicionado, el Constructor deberá presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con él, como parte del diseño de la mezcla.

342.2.1.3 Agua

El agua que se emplee para la mezcla y para los riegos de humedecimiento de la superficie sobre la cual se va a colocar el concreto, deberá ser limpia y libre de aceites, ácidos, azúcar, materia orgánica y cualquier otra sustancia perjudicial a la base terminada. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación.

Cuando se empleen otras fuentes o cuando se mezcle agua de dos o más procedencias, el agua deberá ser calificada mediante ensayos. Los requisitos primarios para esta calificación, serán los incluidos en la Tabla 342.1

Tabla 342.1
Requisitos para el agua de mezcla

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	LÍMITES
pH	ASTM D 1293	5.5 – 8.5
Resistencia a compresión, % mínimo en control a 7 días	ASTM C 39	90
Tiempo de fraguado, desviación respecto del tiempo de control (h:min)	ASTM C 403	De 1:00 inicial a 1:30 final

El requisito de resistencia a compresión se refiere al porcentaje mínimo de resistencia a compresión a veintiocho (28) días de una mezcla de concreto con el agua que se desea emplear, respecto de otra elaborada con los mismos agregados y cemento, en las mismas proporciones, pero empleando un agua calificada, pudiéndose emplear agua destilada para este fin.

En relación con el requisito sobre tiempo de fraguado, las medidas se realizarán mediante la resistencia a penetración de morteros extraídos de muestras de concreto, elaboradas como se describe en el párrafo anterior.

Los requisitos que se muestran en la Tabla 342.2 se consideran opcionales y sirven solamente para que el productor de la mezcla mantenga documentada la química y el contenido del agua de mezclado, salvo que los documentos del proyecto o una especificación particular invoquen el cumplimiento de uno o más de ellos.

Tabla 342.2
Límites químicos opcionales para el agua de mezclado

CONTAMINANTE	NORMA DE ENSAYO	LÍMITE MÁXIMO (ppm)
Ión Cloro (Cl ⁻)	ASTM C 114	1000
Sulfatos (SO ₄ ⁻)	ASTM C 114	3000

Álcalis como ($\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{K}_2\text{O}$)	ASTM C 114 ⁽¹⁾	600
Sólidos totales por masa	ASTM C 1603	50000

(1) Se pueden emplear también las normas ASTM D 4191 y ASTM D 4192

342.2.1.4 Agregado fino

Se considera como tal, a la fracción del agregado que pasa el tamiz de 4.75 mm (No.4). Deberá provenir 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 los requisitos de calidad indicados en la Tabla 342.3.

Tabla 342.3
Requisitos del agregado fino para bases de concreto hidráulico

ENSAYO		NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Durabilidad			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de sodio	E – 220	10
	- Sulfato de magnesio		15
Limpieza			
Índice de plasticidad		E – 126	No plástico
Equivalente de arena, % mínimo		E – 133	60
Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo		E – 211	3
Partículas livianas, % máximo		E – 221	0.5
Contenido de materia orgánica			
Color más oscuro permisible		E – 212	Igual a muestra patrón
Características químicas			
Contenido de sulfatos, expresado como SO_4^{2-} , % 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 342.3 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.

342.2.1.5 Agregado grueso

Se considera como tal, la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No.4). Dicho agregado podrá ser natural, proceder de la trituración de roca o de grava o estar conformado por una combinación de materiales natural y triturado; 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 y/o el comportamiento de la base terminada.

El agregado grueso deberá cumplir los requisitos de calidad señalados en la Tabla 342.4.

Siempre que la obtención de la granulometría especificada requiera la mezcla de dos (2) o más agregados gruesos de diferente procedencia, los requisitos indicados en la Tabla 342.4 deberán ser satisfechos por la mezcla de ellos, en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo.

Tabla 342.4
Requisitos del agregado grueso para bases de concreto hidráulico

ENSAYO		NORMA DE ENSAYO	REQUISITO
Dureza			
Desgaste Los Ángeles	- En seco, 500 revoluciones, % máximo.	E – 218 E – 219	40
	- En seco, 100 revoluciones, % máximo.		8
	- Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones, % máximo ⁽¹⁾ .		60
	- Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo.		2
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	Valor en seco, kN mínimo	E-224	50
	Relación húmedo/seco, % mínimo		75
Durabilidad			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de sodio. - Sulfato de magnesio.	E – 220	12
			18
Limpieza			
Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo.		E – 211	0.25
Partículas livianas, % máximo.		E – 221	0.5
Geometría de las partículas			
Partículas planas y alargadas (relación 5:1), % máximo		E – 240	10
Características químicas			
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{=}$, % máximo.		E – 233	1.0

(1) El ensayo de desgaste en la Máquina de los Ángeles después de 48 horas de inmersión se hará con el material en condición saturada y superficialmente seca. Para ello, el material se retirará del recipiente de inmersión, se hará rodar sobre una toalla para secar su superficie y se someterá inmediatamente al ensayo de desgaste.

342.2.1.6 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 342.5.

Tabla 342.5
Granulometría para bases de concreto hidráulico

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	
9.5 mm	2 “	100
25.0 mm	1”	55 - 85
19.0 mm	¾”	50 - 80
4.75 mm	No. 4	30 - 60
425 μm	No. 40	10 - 30
75 μm	No. 200	0 - 15

342.2.1.7 Reactividad

Los agregados, tanto gruesos como finos, no deberán presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. Se considera que el agregado es potencialmente reactivo, si al determinar su concentración de SiO₂ y la reducción de alcalinidad R, mediante la norma INV E-234, se obtienen los siguientes resultados:

$$\begin{array}{lll} \text{SiO}_2 > R & & \text{cuando } R \geq 70 \\ \text{SiO}_2 > 35 + 0.5 R & & \text{cuando } R < 70 \end{array}$$

Si el agregado califica como potencialmente reactivo con base en los criterios anteriores, 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 C 33, en especial las que hacen referencia a las normas ASTM C 227 y C 342.

342.2.1.8 Aditivos

Se podrán usar aditivos de reconocida calidad, para modificar las propiedades del concreto, con el fin de que sea 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 el uso de los aditivos en el proyecto.

342.2.2 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.

342.3 EQUIPO

El Constructor deberá poner al servicio de los trabajos contratados todo el equipo necesario para manejar los materiales y ejecutar todas las partes de la base de concreto hidráulico conforme se establece en el presente Artículo.

Todo el equipo deberá ser situado en el sitio de los trabajos con anticipación suficiente al inicio de las operaciones de pavimentación, con el fin de que el Interventor lo pueda revisar con todo detalle y aprobar oportunamente su utilización.

En todos los casos, el equipo se deberá ajustar a lo dispuesto en la legislación vigente en las materias ambiental, de seguridad, de salud y de transporte.

342.3.1 Equipo para la elaboración de agregados

Para la elaboración de los agregados pétreos se requieren equipos para su explotación, cargue, transporte y proceso. La unidad de proceso consistirá en una unidad clasificadora y una planta de trituración provista de trituradoras primaria, secundaria y terciaria siempre que esta última se

requiera, así como un equipo de lavado. La planta deberá estar provista de los filtros y demás accesorios necesarios para controlar la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

342.3.2 Central de fabricación de la mezcla

La planta central para la fabricación de la mezcla de concreto deberá presentar las características indicadas en el numeral 500.3.2 del Artículo 500.

342.3.3 Elementos de transporte

Rige lo que se menciona en el numeral 500.3.3 del Artículo 500.

342.3.4 Equipos de puesta en obra del concreto

La mezcla de concreto se extenderá y se compactará por los medios apropiados para garantizar la homogeneidad de la mezcla colocada, evitando la segregación, la aparición de vacíos y logrando alcanzar el espesor y la densidad adecuados y el contenido de aire especificado. La colocación se puede realizar mediante extendido entre formaletas fijas o con un equipo de formaletas deslizantes.

342.3.4.1 Elementos necesarios para la puesta en obra del concreto empleando formaletas fijas

Cuando se emplee el método de construcción con formaletas fijas, el equipo mínimo necesario para la ejecución de las obras será el indicado en el numeral 500.3.4.1 del Artículo 500.

342.3.4.2 Pavimentadora de formaletas deslizantes para la puesta en obra del concreto

La máquina pavimentadora de formaletas deslizantes deberá cumplir los requisitos indicados en el numeral 500.3.4.2 del Artículo 500.

342.3.4.3 Equipos para la extensión manual del concreto

En áreas localizadas de pequeñas dimensiones, inaccesibles al equipo convencional, el Interventor podrá autorizar la extensión y compactación del concreto por medios manuales. En este caso, para distribuir el concreto se emplearán palas y para enrasarlo se usará una regla vibratoria ligera.

342.3.5 Elementos para el acabado superficial

Se requiere una herramienta manual de acabado superficial con una superficie metálica, lisa y rígida, provista de un mango largo articulado, que al ser rotado accione un mecanismo de elevación, que le permita el deslizamiento planeando sobre la superficie del concreto. Su longitud deberá ser del orden de tres metros (3 m) y su ancho de ciento cincuenta milímetros (150 mm); para áreas pequeñas, la longitud se puede reducir a un metro y medio (1.5m) y su ancho a cien milímetros (100 mm). La herramienta tener sus bordes ligeramente curvos y chaflanados, evitando que se hunda en el concreto fresco, dejando surcos. Su sección transversal debe tener forma de canal.

También, se requieren llanas para terminaciones puntuales y para corregir imperfecciones localizadas de la superficie de la base recién colocada.

342.3.6 Equipo para el curado del concreto

La aplicación de las membranas de curado se deberá realizar por medio de un equipo pulverizador que asegure un reparto uniforme y continuo del producto en todo lo ancho de la losa y en sus costados descubiertos. El equipo deberá estar provisto de dispositivos que proporcionen una adecuada protección del producto pulverizado contra el viento, así como de otro dispositivo dentro del tanque de almacenamiento del producto, cuya función es mantenerlo en agitación durante su aplicación. En áreas reducidas o inaccesibles a dispositivos mecánicos, el Interventor podrá autorizar el empleo de aspersores manuales.

342.3.7 Elementos para la ejecución de juntas en fresco

Siempre que la base requiera juntas en fresco, ellas se ejecutarán mediante un equipo con cuchillas vibrantes o se podrán emplear dispositivos para la inserción de tiras continuas de plástico, con un espesor mínimo de treinta y cinco centésimas de milímetro (0.35 mm).

342.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

342.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y los equipos empleados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados pétreos, requieren aprobación previa del Interventor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Constructor suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de esta especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento deberán garantizar el suministro de un producto de calidad uniforme. Si el Constructor no cumple con estos requerimientos, el Interventor exigirá los cambios que considere necesarios.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras, deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el Constructor remodelará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas.

342.4.2 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. Dicha fórmula deberá satisfacer los criterios indicados en la Tabla 342.6. 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.

Tabla 342.6
Criterios de diseño de la mezcla para la base de concreto hidráulico

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO INV	LÍMITES
Asentamiento, mm	E-404	25 - 75
Contenido de aire, %	E-406	≤ 4
Resistencia a la compresión a 7 días, MPa	E-410	≥ 3.5
Resistencia a la compresión a 28 días, MPa	E-410	5.0 – 8.5

La fórmula de trabajo deberá señalar:

- Proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles, así como la granulometría de los agregados combinados, por los tamices de 50 mm, 25.0 mm, 19.0 mm, 4.75 mm, 450 μm y 75 μm (2", 1", 3/4" y Nos. 4, 40 y 200)
- Módulo de finura del agregado fino
- Las dosificaciones de cemento, agua libre y eventuales aditivos, por metro cúbico (m^3) de concreto fresco
- La consistencia del concreto
- El contenido de aire

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 especificada en la Tabla 342.6 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. Simultáneamente, la mezcla deberá presentar a veintiocho (28) días una resistencia dentro del rango señalado en la Tabla 342.6, salvo que, por el motivo indicado con anterioridad, sólo se exija un límite inferior.

Será obligatoria la realización de ensayos de módulo de elasticidad estáticos a los veintiocho (28) días, para la mezcla diseñada. Este módulo podrá ser medido sobre cilindros fabricados para ensayar a compresión. Los documentos del proyecto podrán establecer requisitos mínimos para el módulo de elasticidad del concreto, caso en el cual la mezcla deberá ser diseñada para cumplir también con dicho requisito.

Aunque no es obligatoria, resulta recomendable la elaboración de probetas prismáticas de sección cuadrada, para someterlas a flexión mediante cargas en los tercios (norma de ensayo INV E-414), simultáneamente con la elaboración y ensayo de los cilindros a compresión, con el fin de disponer de una correlación entre las dos (2) resistencias.

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 y la densidad del concreto endurecido, determinada según la 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:

- La marca del cemento
- El tipo de agregado grueso.
- El tipo de agregado fino o su módulo de finura en más de dos décimas (0.2)
- La naturaleza o proporción de los aditivos.
- El método de puesta en obra.
- La procedencia del agua.

- Las tolerancias indicadas en el presente numeral.

342.4.3 Tramo de prueba

Aceptados por el Interventor la fórmula de trabajo y el informe con el diseño de la mezcla, se procederá a la realización de un tramo de prueba con el mismo equipo, velocidad de puesta en obra y espesor de capa que se vayan a utilizar en la obra. La construcción de este tramo de prueba, de mínimo cien metros (100 m) de longitud, en dos (2) carriles, será obligatoria en proyectos diseñados para vías con tránsito de diseño NT3. Su obligatoriedad para niveles de tránsito menores deberá ser establecida taxativamente en los documentos contractuales del respectivo proyecto.

El tramo servirá para verificar las condiciones de elaboración de la mezcla y para comprobar que la colocación es adecuada y que los medios de vibración disponibles son capaces de compactar adecuadamente el concreto en todo el espesor del pavimento; que se pueden cumplir las limitaciones sobre uniformidad y lisura establecidas por la presente especificación; que el proceso de curado y protección del concreto fresco es adecuado y que las juntas se podrán realizar correctamente.

En caso de que los resultados del primer tramo no sean satisfactorios, éste se demolerá por cuenta del Constructor y se construirá otro u otros, introduciendo variaciones en los equipos, métodos de ejecución o, incluso, en la dosificación, hasta obtener una base con las condiciones exigidas. Logrado esto, se podrá proceder a la construcción de la base contratada.

Del tramo satisfactorio se extraerán ocho (8) núcleos cilíndricos de ciento cincuenta (150 mm) de diámetro para determinar la resistencia a compresión. Estos testigos se tomarán conforme lo indica la norma INV E – 418. Cuatro (4) de ellos se tomarán a los cinco (5) días de la puesta en obra y los otros cuatro (4) a los veintiséis (26) días de la puesta en obra, en sitios distantes entre sí no menos de siete metros (7 m) en sentido longitudinal y a no menos de quinientos milímetros (500 mm) de cualquier junta o borde.

Los testigos se sumergirán en agua durante cuarenta y ocho (48) horas y se someterán en seguida al ensayo de compresión (INV E-410). Los valores de resistencia obtenidos se corregirán por esbeltez, siempre que corresponda.

La extracción de los testigos servirá, también, para observar la homogeneidad del concreto colocado como verificación de los procesos de colocación y vibrado. La eventual presencia de hormigueros hará obligatoria la demolición de los tramos afectados y el replanteamiento completo de los procesos de colocación y vibrado del concreto.

Con los valores de resistencia de estos testigos se determinarán los valores estimados de la resistencia característica a compresión, de acuerdo con el procedimiento indicado en el numeral 342.5.2.5.3. La resistencia se considerará satisfactoria, si el valor estimado de resistencia característica a siete (7) días iguala o supera la resistencia característica del concreto a compresión a la misma edad, correspondiente al valor mínimo admisible indicado en la Tabla 342.6, y si el valor estimado de resistencia característica a veintiocho (28) días se encuentra dentro del rango establecido en la misma Tabla o supera el mínimo exigido, en caso de que en los documentos del proyecto se haya eliminado el requisito sobre el límite superior. Si el valor estimado de resistencia característica a veintiocho (28)

días es inferior a la mínima especificada, el tramo se demolerá por cuenta del Constructor y se construirá uno nuevo, también a su cargo. En los demás casos en que se presente incumplimiento, el Interventor decidirá si lo acepta u ordena su demolición, valorando la magnitud del incumplimiento y la posible incidencia de éste en el comportamiento del pavimento.

A todos los testigos extraídos se les determinará la densidad, según la norma de ensayo ASTM C642.

Todos los orificios resultantes de la extracción de testigos del tramo de prueba aprobado, para determinar la resistencia y la densidad de la base terminada, deberán ser rellenados, vibrados y curados por el Constructor, a la mayor brevedad posible y sin costo para el Instituto Nacional de Vías, con un concreto de igual o mayor resistencia que el extraído.

342.4.4 Preparación de la superficie existente

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación de la unidad de obra correspondiente, se corregirán de acuerdo con lo establecido en ella, a plena satisfacción del Interventor.

Cuando la superficie existente presente deficiencias en las cotas en relación con las previstas en los planos o autorizadas por el Interventor, la deficiencia deberá completarse con material de base de concreto hidráulico. El volumen de concreto colocado para suplir dicha deficiencia no será objeto de pago, si la capa de apoyo fue construida en desarrollo del mismo contrato.

Antes de verter el concreto, se humedecerá la superficie de apoyo, sin que se alcance la saturación, para prevenir pérdidas rápidas en la humedad de la mezcla. En todos los casos, se prohibirá circular sobre la superficie preparada, salvo las personas y los equipos indispensables para la ejecución del pavimento.

Los requisitos indicados en este numeral rigen, también, para el tramo de prueba al cual hace referencia el numeral precedente.

342.4.5 Elaboración de la mezcla

342.4.5.1 Manejo y almacenamiento de los agregados pétreos

Sobre el particular, resulta aplicable lo que se describe en el numeral 500.4.5.1 del Artículo 500.

342.4.5.2 Suministro y almacenamiento del cemento

Rige lo indicado en el numeral 500.4.5.2 del Artículo 500.

342.4.5.3 Almacenamiento de aditivos

Se aplicará lo descrito en el numeral 500.4.5.3 del Artículo 500.

342.4.5.4 Mezcla de los componentes

En adición a lo descrito en el numeral 500.4.5.4 del Artículo 500, la mezcla se podrá elaborar, total o parcialmente, en camiones mezcladores, si los documentos del proyecto o el Pliego de Condiciones así lo permiten.

342.4.6 Transporte del concreto al sitio de las obras

Se aplicará lo descrito en el numeral 500.4.6 del Artículo 500.

342.4.7 Colocación de formaletas

Cuando la base de concreto hidráulico se construya entre formaletas fijas, regirá lo que se indica en el numeral 500.4.7 del Artículo 500, en relación con la colocación de ellas.

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

Resulta aplicable lo que se describe en el numeral 500.4.8 del Artículo 500, para los pavimentos de concreto hidráulico.

342.4.9 Colocación del concreto

Antes de vaciar el concreto, la superficie de apoyo se deberá encontrar preparada, de acuerdo con lo descrito en el numeral 342.4.4 del presente Artículo.

La máxima caída libre de la mezcla desde el vehículo de transporte en el momento de la descarga, será de un metro y medio (1.5 m), procurándose que ello ocurra lo más cerca posible del lugar definitivo de colocación, para reducir al mínimo las posteriores manipulaciones. El concreto se deberá colocar, vibrar y acabar antes de que transcurra una (1) hora desde el momento de su mezclado. Sin embargo, el Interventor podrá autorizar un aumento de este plazo, si ocurren condiciones favorables de humedad y temperatura, si se emplean camiones mezcladores o camiones provistos de agitadores o si se adoptan precauciones para retardar el fraguado del concreto.

Cuando la puesta en obra se realice entre formaletas fijas, el concreto se distribuirá uniformemente en todo el ancho libre entre formaletas y, una vez extendido, se compactará por vibración y se enrasará con elementos adecuados, de modo de tener una superficie uniforme, lisa y libre de irregularidades, marcas y porosidades. Para este fin se emplearán reglas o rodillos vibratorios y, adicionalmente, vibradores de aguja, teniendo especial cuidado en la compactación de los bordes de la base.

Los elementos vibratorios de las máquinas no se apoyarán sobre las formaletas ni sobre pavimentos terminados y en el caso de la pavimentadora de formaletas deslizantes, deberán dejar de funcionar en el instante en que ella se detenga.

Cuando la puesta en obra del concreto se realice con pavimentadoras de formaletas deslizantes, la descarga y la extensión previa del concreto en todo el ancho de pavimentación se realizarán de modo suficientemente uniforme para no desequilibrar el avance de la pavimentadora; esta precaución se deberá extremar al pavimentar en pendientes.

Se cuidará que delante de la maestra enrasadora se mantenga, en todo momento y en toda la anchura de extensión, un volumen suficiente de concreto fresco en forma de cordón, de unos diez centímetros (10 cm) de altura como máximo. Delante de los fratasos de acabado se mantendrá un cordón continuo de mortero fresco, de la menor altura posible.

Cuando el concreto se coloque contra una franja de base existente, la parte del equipo de colocación que repose sobre ésta deberá estar equipada con cojines de protección en sus orugas o con llantas de caucho, que circulen a suficiente distancia del borde del pavimento, para evitar la rotura o el agrietamiento de ésta.

Se dispondrán pasarelas móviles, con objeto de facilitar la circulación del personal y evitar daños al concreto fresco. Los tajos de vaciado deberán tener todos sus accesos bien señalizados y acondicionados para proteger la base recién construida.

En los casos en que el Interventor autorice la extensión y compactación del concreto por medios manuales, se mantendrá siempre un volumen suficiente de mezcla delante de la regla vibratoria y se continuará compactando hasta que se haya conseguido la forma prevista, y el mortero refluya ligeramente a la superficie.

En el caso de suspender la colocación del concreto por más de media (1/2) hora, se protegerá el frente de la base colocada con telas de fique húmedas. Si el lapso de interrupción supera el plazo máximo admitido entre la mezcla y la terminación de la puesta en obra, se deberá disponer una junta transversal de construcción.

En vías de dos carriles, el concreto se colocará en el ancho total o por carriles de ancho constante, separados por juntas longitudinales de construcción. En los casos en que se haya de colocar un ancho inferior al de un carril, se compactará y enrasará mecánicamente, con la ayuda de los métodos manuales mínimos que resulten necesarios.

Salvo que se instale un equipo de iluminación que resulte idóneo, a juicio del Interventor, la colocación del concreto se suspenderá con suficiente anticipación para que las operaciones de acabado se puedan concluir con luz natural.

El Constructor deberá ajustar los métodos y los equipos de colocación y compactación siempre que se observen segregación o vacíos en el concreto colocado y compactado.

Si el Interventor considera que la compactación es deficiente, se requerirá la ejecución de ensayos de verificación de densidad. Estos ensayos de verificación consistirán en la toma de núcleos del concreto terminado después de, al menos, cuarenta y ocho (48) horas de curado. La densidad se determinará en la condición saturada y seca superficialmente, según la norma de ensayo ASTM C642. Los ensayos se tomarán por lo menos uno (1) cada trescientos cincuenta metros cúbicos (350 m³) de concreto.

La densidad promedio de los núcleos no podrá ser menor de noventa y siete por ciento (97%) y ningún núcleo tendrá una densidad menor de noventa y seis por ciento (96%), con respecto a la densidad del concreto elaborado con la fórmula de trabajo. Si estas condiciones no se cumplen, se considerará que la vibración es inadecuada y se deberá mejorar, de manera que los requisitos anteriormente establecidos se logren en las posteriores verificaciones.

342.4.10 Ejecución de juntas

Cuando rija la limitación indicada en la Tabla 342.6 sobre el límite superior de la resistencia a compresión a veintiocho (28) días, 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, tal como se indicó en el numeral 342.4.9.

Si se tiene prevista la ejecución de juntas transversales de contracción por utilizar un concreto con una resistencia a veintiocho (28) días superior al límite máximo del rango indicado en la Tabla 342.6, las juntas de la base se ubicarán en posición coincidente con las previstas para las losas del pavimento. Su ejecución se hará en fresco.

342.4.11 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 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.

342.4.12 Protección del concreto fresco

Durante el tiempo de fraguado, el concreto deberá ser protegido contra el lavado por lluvia, contra la insolación directa, el viento y la humedad ambiente baja. El Constructor tendrá la responsabilidad de medir las temperaturas del concreto y del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento en el sitio de extensión del concreto. Cuando la combinación de estos factores dé lugar a una velocidad de evaporación superior a 0.50 kg/m^2 por hora, deberá tomar precauciones para limitar las pérdidas de humedad o, de lo contrario, deberá suspender las operaciones de construcción de la base de concreto hidráulico mientras la rata de evaporación exceda el valor citado.

En épocas lluviosas, el Interventor podrá exigir al Constructor la colocación de un toldo sobre las máquinas de puesta en obra o un tren de tejadillos bajos, de color claro, cerrados y móviles, que cubran una longitud de construcción igual, al menos, a cincuenta metros (50 m). Alternativamente, podrá autorizar la colocación de materiales impermeables sobre el concreto fresco, hasta que adquiera la resistencia suficiente para que el acabado superficial no sea afectado por la lluvia.

La superficie de la base no podrá ser pisada durante un período que, en general no será inferior a tres (3) días a partir de la colocación del concreto. El tránsito automotor podrá circular cuando se alcance la resistencia indicada en el numeral 342.4.15.

342.4.13 Curado del concreto

El curado de la base de concreto hidráulico se deberá realizar inmediatamente después del acabado final, empleando el producto especificado, cuando el concreto empiece a perder su brillo superficial.

El curado se deberá realizar en todas las superficies libres, incluyendo los bordes de la base, por un período no inferior a siete (7) días y, de ser posible, se deberá prolongar hasta diez (10) días. Sin embargo, el Interventor podrá modificar dicho plazo, de acuerdo con los resultados obtenidos sobre muestras del concreto empleado en la construcción del pavimento.

El producto de curado se deberá aplicar en dos (2) capas, la primera de ellas una vez terminado el acabado final y la segunda, con función antiadherente, dentro de las cuarenta y ocho (48) horas previas a la extensión del concreto de la capa superior. En ningún caso, el producto se aplicará en momentos de lluvia.

Su aplicación se llevará a cabo asegurando su aspersión como un rocío fino, de forma continua y uniforme, en la cantidad autorizada por el Interventor, la cual no podrá ser inferior a doscientos cincuenta gramos por metro cuadrado (250 g/m²). El equipo aspersor deberá estar en capacidad de mantener el producto en suspensión y tendrá un dispositivo que permita controlar la cantidad aplicada de la membrana.

Si por algún motivo la membrana sufre deterioro durante el período de curado, las áreas afectadas deberán ser reparadas inmediatamente.

Cuando el concreto se haya colocado entre formaletas fijas, al retiro de éstas se deberán proteger los lados expuestos de la base con un tratamiento de curado igual al aplicado sobre la superficie.

342.4.14 Remoción de formaletas

Cuando la base se construya entre formaletas fijas, el desformaleteado 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.

342.4.15 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 de, cuando menos, cinco megapascuales (5 MPa).

342.4.16 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión de la mezcla para la construcción de la base de concreto hidráulico, mientras no haya sido realizada la nivelación y 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 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).

342.4.17 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 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, según lo establece el numeral 342.5.2.6, 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.

342.4.18 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.

342.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

342.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo empleado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.

- Observar 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 que constituyen la base.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla.
- Establecer una correlación entre la resistencia a flexotracción y la resistencia a compresión para el concreto con el cual se construye la base.
- 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.
- 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 compresión.
- Realizar medidas para levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie de la base terminada.

Los orificios que dejen los núcleos tomados por el Interventor 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 similares características que la empleada en la construcción de la base, mezcla que deberá ser correctamente compactada, enrasada y curada.

342.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

342.5.2.1 Calidad del cemento

De cada partida de cemento que llegue a la central de fabricación, sea que ésta sea de propiedad del Constructor o de un proveedor, se realizarán los ensayos descritos en la norma ASTM C 150 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.

342.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna incertidumbre sobre su calidad, ordenará o ejecutará los ensayos relacionados en la Tabla 342.1 de este Artículo y sólo la aceptará si se cumplen los límites establecidos allí.

342.5.2.3 Calidad de los agregados

De cada procedencia de los agregados empleados en la construcción de la base de concreto hidráulico y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- El desgaste del agregado grueso en la máquina de Los Ángeles, según la norma INV E-218.
- La resistencia del agregado grueso por el 10% de finos, según la norma INV E-224.
- Las pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio o de magnesio, de acuerdo con la norma INV E-220, para los agregados grueso y fino.
- La plasticidad de la fracción fina de los agregados, según las normas INV E-125 y E-126.
- El equivalente de arena del agregado fino, aplicando la norma INV E-133.
- El contenido de materia orgánica del agregado fino, mediante el ensayo colorimétrico, según norma de ensayo INV E-212.
- La concentración de SiO_2 y la reducción de alcalinidad de los agregados fino y grueso, de acuerdo con la norma INV E-234.

Además, cuando no existan antecedentes sobre los agregados por emplear, se efectuarán las pruebas de detección de terrones de arcilla y partículas deleznable y livianas, mencionadas en los numerales 342.2.1.4 y 342.2.1.5.

Los resultados de todas estas pruebas deberán satisfacer las exigencias de las Tablas 342.3 y 342.4 del presente Artículo. 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. Así mismo, 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, el Interventor deberá verificar la calidad de los agregados, mediante la realización de los ensayos que se relacionan en la Tabla 342.7, 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 la base construida con el concreto cuestionado deberá ser demolida y construida nuevamente, a costa del Constructor, y a plena satisfacción del Interventor.

Tabla 342.7

Ensayos de verificación sobre los agregados para bases de concreto hidráulico

ENSAYO		NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición			
Granulometría		E - 213	1 por jornada
Módulo de finura		E - 213	1 por jornada
Dureza			
Desgaste Los Ángeles	- En seco, 500 revoluciones. - En seco, 100 revoluciones. - Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones.	E – 218	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	- Seco y húmedo	E-224	1 por mes
Durabilidad			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos		E – 220	1 por mes
Limpieza			
Índice de plasticidad		E-125 y 126	1 por semana
Equivalente de arena		E – 133	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznales.		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			
Partículas fracturadas mecánicamente		E – 227	1 por jornada
Partículas planas y alargadas		E -240	1 por semana
Gravedad específica			
Gravedad específica y absorción.		E-222 y 223	1 por mes

La curva granulométrica de cada ensayo individual se deberá ajustar a la franja de tolerancia. Esta franja se construirá a partir de la granulometría de diseño de la mezcla (fórmula de trabajo), con los límites fijados en la Tabla 342.8.

Tabla 342.8
Tolerancias granulométricas respecto de la fórmula de trabajo

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
4.75 mm (No. 4) y mayores	± 4
450 µm (No. 40)	± 3
75 µm (No. 200)	± 2

En el caso que los valores obtenidos excedan la franja de tolerancia definida para la fórmula de trabajo, pero no se salgan de los límites de la franja establecida en la Tabla 342.5, el proveedor o el Constructor deberán preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y las dosificaciones del diseño. 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, el lote cuestionado y lo repondrá, todo ello sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

342.5.2.4 Calidad de los productos químicos para curado

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes ó 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.

342.5.2.5 Calidad de la mezcla

De cada elemento de transporte a la obra, el Interventor controlará el aspecto del concreto y su temperatura. Cualquier concreto segregado, cuya envuelta no sea homogénea o cuya temperatura exceda el límite establecido en el numeral 342.4.16, será rechazado por el Interventor, sin tener que recurrir a prueba alguna de laboratorio o de campo para tomar tal determinación.

342.5.2.5.1 Consistencia

El Interventor controlará la consistencia de cada carga transportada, para lo cual 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 342.9. Si el asentamiento se encuentra por fuera de los límites de tolerancia o por fuera del rango aceptado en la Tabla 342.6, 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 342.9

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 mm a – 38 mm
	Formaletas deslizantes	+ 13 mm a – 38 mm
Aire	Formaletas fijas	+ 1.8 %
	Formaletas deslizantes	+ 1.8 %

342.5.2.5.2 Contenido de aire

El Interventor controlará el contenido de aire en la mezcla transportada (INV E-406) por cada uno de los tres (3) primeros camiones que lleguen a la obra en la jornada de trabajo y los tres (3) primeros después de cada interrupción, programada o no, durante el curso de la jornada. Los resultados se deberán ajustar al valor establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 342.9. Si el resultado de la muestra de algún camión se encuentra por fuera de los límites de tolerancia o excede el valor máximo aceptado en la Tabla 342.6, se tomará una segunda muestra del mismo camión y se repetirá el ensayo. Si este último se encuentra dentro de los límites y las tolerancias especificados, 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.

342.5.2.5.3 Resistencia de control

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, probetas para un mínimo de cinco (5) ensayos, constituido cada ensayo por dos (2) especímenes cilíndricos de una misma amasada y cuyas dimensiones, preparación y curado deberán estar de acuerdo con la norma de ensayo INV E – 402.

Los especímenes deberán ser curados en obra durante cuarenta y ocho (48) horas antes de moverlos, y serán ensayados a la compresión a los siete (7) días de curado, conforme a la norma de ensayo INV E – 410. De los resultados obtenidos por cada par de especímenes, se tomará el de mayor valor como representativo de la resistencia del ensayo, salvo que la diferencia entre las dos (2) resistencias exceda del diez por ciento (10%) del valor menor, caso en el cual se tomará este último como representativo. Los valores de todos los ensayos de la muestra que representa al lote se promediarán.

La conformidad o no conformidad de la mezcla, se establecerá como se indica a continuación:

- Se determinará el valor estimado de la resistencia característica del concreto del lote sometido a evaluación, a partir de la expresión:
-

$$f_{c, est} = f_{c,7} - (k \times s)$$

Donde:

$f_{c, est}$ = Valor estimado de la resistencia característica a la compresión, del concreto del lote al que representa la muestra.

$f_{c,7}$ = Valor promedio de los ensayos de resistencia a compresión, a una edad de siete (7) días, de los ensayos que integran la muestra que representa al lote.

$$f_{c,7} = \frac{\sum f_i}{n}$$

f_i = Resultado de un ensayo de resistencia a los siete (7) días.

n = Número de muestras que componen el lote.

k = Factor que establece el límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de 90%, se encuentra la resistencia del concreto que integra el lote. Este factor depende del número de ensayos (n) que integran la muestra y su valor se indica en la Tabla 342.10

Tabla 342.10
Valores del factor k

n	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
k	0.685	0.602	0.544	0.500	0.465	0.437	0.413	0.393	0.376	0.360	0.347

s = Desviación estándar de los resultados de los ensayos que integran la muestra.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_i - f_{c,7})^2}{n - 1}}$$

El lote recibirá aceptación provisional, en relación con la resistencia de control, si:

$$f_{c, est} \geq f_{c, D}$$

Donde:

$f_{c, D}$ = Resistencia característica a compresión del concreto a siete (7) días, correspondiente al valor mínimo indicado en la Tabla 342.6.

Si no se satisface el criterio de resistencia para aceptación provisional, se rechazará el lote al cual representa la mezcla controlada.

342.5.2.6 Calidad del producto terminado

La capa de base 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 cinco milímetros (5 mm), controladas con regla de tres metros (3 m). Las áreas donde las depresiones excedan el valor admisible, serán delimitadas por el Interventor y corregidas por el Constructor, a su costa, 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, el Interventor deberá efectuar las siguientes verificaciones:

342.5.2.6.1 Espesor de la base

El espesor de la base de concreto hidráulico se verificará mediante la norma de ensayo INV E-419, sobre los núcleos extraídos de la capa para la verificación de la resistencia definitiva.

El lote que se verifica se aceptará, en relación con el espesor, si el valor promedio de los núcleos respectivos (e_m) es igual o mayor que el espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño ($0.9 e_d$), admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite. Si algún núcleo presenta un espesor mayor que el de diseño en más de diez por ciento (10%), para los cálculos del espesor promedio al cual se refiere este inciso se supondrá que su espesor es solamente diez por ciento mayor que el de diseño ($e_i = 1.10 e_d$).

Si el requisito del espesor promedio se cumple, pero más de un valor de espesor individual resulta inferior al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño, se delimitarán las áreas donde los espesores no resultaron satisfactorios mediante la toma de núcleos adicionales, a separaciones no mayores de cinco metros (≤ 5 m). Delimitadas dichas zonas, se demolerá la base en la longitud definida y en todo el ancho del lote y se reemplazará con una mezcla adecuada, en espesor conforme con el diseño, todo ello a costa del Constructor, y a satisfacción plena del Interventor.

Si el espesor promedio resulta inferior al espesor de diseño, pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño, el Interventor podrá admitir el espesor construido, siempre que el Constructor se comprometa a compensar la merma con un espesor adicional de la capa superior, numéricamente igual al valor de la deficiencia, sin que ello implique ningún reconocimiento monetario para el Instituto Nacional de Vías. Si el Constructor no suscribe este

compromiso, se rechazará el lote, el cual deberá ser demolido y reconstruido por el Constructor, a su costa, y a plena satisfacción del Interventor.

Si el espesor promedio resulta inferior al espesor de diseño y, además, existen valores individuales inferiores al noventa por ciento del espesor de diseño ($E_i \leq 0.9 E_d$), se rechazará el lote, el cual deberá ser demolido y reconstruido por el Constructor, a su costa, y a plena satisfacción del Interventor.

342.5.2.6.2 Resistencia de la base de concreto hidráulico terminada

Independientemente de que se hayan superado los requisitos indicados en el numeral 342.5.2.5.3 en relación con la resistencia de la mezcla de concreto, se deberá verificar la resistencia efectiva del concreto en la capa de base construida.

Al efecto, se extraerán de cada lote, en sitios escogidos al azar, al menos cinco (5) núcleos cilíndricos para determinar la resistencia a compresión. Estos elementos se tomarán conforme lo indica la norma INV E-418. Los núcleos deberán tener un diámetro de ciento cincuenta milímetros (150 mm). La capa de base de la cual se extraen los elementos deberá tener una edad de, cuando menos, veintiséis (26) días.

Los elementos se sumergirán en agua durante cuarenta y ocho (48) horas y a continuación se someterán a falla por compresión.

Con los valores de resistencia obtenidos con estos especímenes, corregidos por esbeltez cuando corresponda, se estimará una resistencia característica definitiva ($f_{c, \text{est definitiva}}$), de acuerdo con el procedimiento indicado en el numeral 342.5.2.5.3.

El lote será aceptado de manera definitiva, en relación con la resistencia del concreto, si la resistencia característica definitiva iguala o supera la resistencia característica a compresión del concreto a veintiocho (28) días, correspondiente al valor promedio utilizado para el diseño estructural del pavimento (o la resistencia a compresión equivalente a la resistencia promedio a flexión a 28 días empleada en el diseño estructural del pavimento):

$$f_{c, \text{est definitiva}} \geq f_{c, D}$$

Si esta condición de resistencia definitiva no se cumple, se rechazará el lote, el cual deberá ser demolido y reconstruido por el Constructor, a sus expensas. Alternativamente, el lote podrá ser aceptado por el Interventor, si el Constructor realiza un rediseño del pavimento para el lote, con base en el espesor promedio de la base y la resistencia característica definitiva del concreto, y suscribe un compromiso para construir, a sus enteras expensas, el espesor adicional de capa de rodadura, respecto del contratado, que sea necesario según los cálculos estructurales, para compensar las deficiencias que presente la capa de base de concreto hidráulico. Para efectos del rediseño del pavimento, se empleará el mismo método utilizado en el diseño original. El rediseño deberá contar con la aprobación del Interventor, como requisito ineludible para que el Instituto Nacional de Vías apruebe esta alternativa.

Todas las obras de reconstrucción que se deban acometer, serán sometidas a los mismos controles descritos en este Artículo para la base original.

La obligación de ejecutar cualquier corrección, no podrá ser utilizada por el Constructor como excusa para incumplir el plazo de ejecución de las obras.

342.5.2.6.3 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 construida.

342.5.2.6.4 Correcciones por variaciones en el diseño ordenadas por el Instituto Nacional de Vías u otras causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de base de concreto hidráulico por modificaciones en el diseño estructural ordenadas unilateralmente por el Instituto Nacional de Vías o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

342.6 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 volumen se determinará multiplicando la longitud real medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y espesor mostrados en los documentos del proyecto o ajustados según los cambios ordenados por el Interventor. No se medirá, con fines de pago, ningún volumen por fuera de estos límites.

Cuando el cómputo de la fracción centesimal de la obra aceptada resulte igual o superior a cinco centésimas de metro cúbico ($\geq 0.05 m^3$), la aproximación al décimo se realizará por exceso y cuando sea menor a cinco centésimas de metro cúbico ($< 0.05 m^3$), la aproximación se realizará por defecto.

342.7 PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con este Artículo y aceptada a satisfacción por el Interventor.

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, almacenamiento, desperdicios, cargues, transportes, descargues y mezcla de todos los materiales constitutivos de la mezcla cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, incluidos los aditivos; la obtención, transporte, suministro y 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, colocación y retiro de formaletas fijas; el suministro, almacenamiento, desperdicios, cargues, transportes, descargues y colocación de los elementos para el curado; el transporte del concreto al sitio de los trabajos, su colocación y vibrado, la ejecución de juntas en fresco, 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, imprevistos y la utilidad del Constructor.

La preparación de la superficie existente, salvo el humedecimiento previo a la colocación del concreto, 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.

ÍTEM DE PAGO

342.1 Base de concreto hidráulico

Metro cúbico (m³)