

Manual para la construcción de losas de concreto para pavimento rígido

PARA PAVIMENTACIÓN BAJO LA MODALIDAD DE FORMALETA DESLIZANTE

PREPARADO POR: JOSE FRANCISCO ALVARADO ALVARADO

Planeación y logística de fabricación y construcción

El presente documento incluye todas aquellas actividades que involucra el tipo de trabajo de pavimentación bajo la modalidad de pavimentación con molde deslizante, desde las actividades de preparación de la superficie de base estabilizada con cemento, pasando por el proceso de producción de la mezcla, el transporte, colocación y curado de esta, el acabado y texturizado de la superficie del nuevo pavimento, para finalizar con la descripción de las actividades de la ejecución del corte y sello de juntas. Además, se apega a las exigencias indicadas en el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010).

Para aplicar en el campo una correcta inspección del proceso constructivo se adjunta como el Anexo 1 la lista de verificación para pavimento de concreto hidráulico y como el Anexo 2 la hoja de control de concreto.

Las normas que se mencionan en el presente manual consisten básicamente en lo indicado en la **Tabla 1. Tabla 1. Resumen de las normas AASHTO mencionadas en el CR-2010**

Norma	Descripción de la norma
AASHTO M-85 Especificaciones estándar para el cemento Portland.	Esta norma hace referencia a la composición química del cemento Portland y a sus propiedades físicas, los resultados de dichas pruebas deben caer dentro de los límites definidos en la norma, también especifica qué métodos de ensayo aplicar para obtener cada dato.

AASHTO T-27
Método de prueba estándar para el análisis de granulometría de los agregados finos y gruesos y T-11 Método de prueba estándar para los materiales más finos que la malla n° 200 de agregados minerales mediante lavado.

La primera explica cómo debe ser llevada a cabo la prueba para obtener la granulometría de los agregados, indica los pasos a seguir y de qué manera realizarlos además del equipo necesario para la prueba, también describe los límites en porcentaje de la cantidad de material que puede quedar retenido en cada malla. La segunda especifica cómo se obtiene la cantidad de material de la muestra que pasa por la malla 200, la prueba se realiza generalmente por medio del lavado con agua.

AASHTO T-176
Método de prueba estándar para el valor de equivalente de arena de suelos y agregados finos.

El uso de esta norma es para asignar un valor a la cantidad, finesa y carácter de material arcilloso presente en la muestra.

AASHTO T-112
Método de prueba estándar para el contenido de partículas friables en agregados.

Describe como realizar la prueba que nos dejará saber la cantidad de terrones de arcilla y de partículas friables que hay presentes en la muestra de agregado, además del equipo a utilizar y la preparación de la muestra.

AASHTO T-96
Método de prueba estándar para la resistencia a la degradación del agregado grueso por abrasión en la máquina de los Ángeles.

Describe la forma en que debe ser realizada la prueba en la máquina Los Ángeles para la resistencia a la abrasión del agregado, indica 4 tipos de prueba, dependiendo de la granulometría de la muestra.

AASHTO T-104
Método de prueba estándar para la sanidad de agregados utilizando sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

La norma describe de qué manera llevar a cabo la prueba para la sanidad de los finos, el equipo necesario y la preparación de la muestra. Además, presenta un ejemplo de cómo recolectar la información resultante de la prueba.

AASHTO T-26
Método de prueba estándar para la calidad del agua usada en la elaboración de concreto.

Esta norma indica especificaciones para el hormigón premezclado, para su compra y materiales como lo es el agua.

Dicho esto, el proceso constructivo a utilizar consiste en lo siguiente:

1. CUIDADOS PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA DE AGREGADOS Y COLOCACIÓN DE LA MEZCLA

Para realizar el proceso de mezclado del concreto es necesario tener ciertos cuidados, especialmente si se trabaja en un lugar con ciertas limitaciones meteorológicas, como lo son las altas temperaturas, en este caso se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Colocar los agregados a la sombra o en lugares cerrados y enfriarlos.
- Colocar a la sombra, o enfriar en alguna otra forma, el equipo de dosificación, transporte y bombeo.
- Enfriar agregados mediante rociado con agua.
- Enfriar el agua de la mezcla por medio de tanques de refrigeración o enterrados, con hielo picado, El hielo deberá estar completamente derretido al finalizar el mezclado
- Las formaletas de las guías laterales que estarán en contacto con la mezcla deberán enfriarse cubriéndolas con una envoltura protectora o aplicándoles un rocío con agua.¹

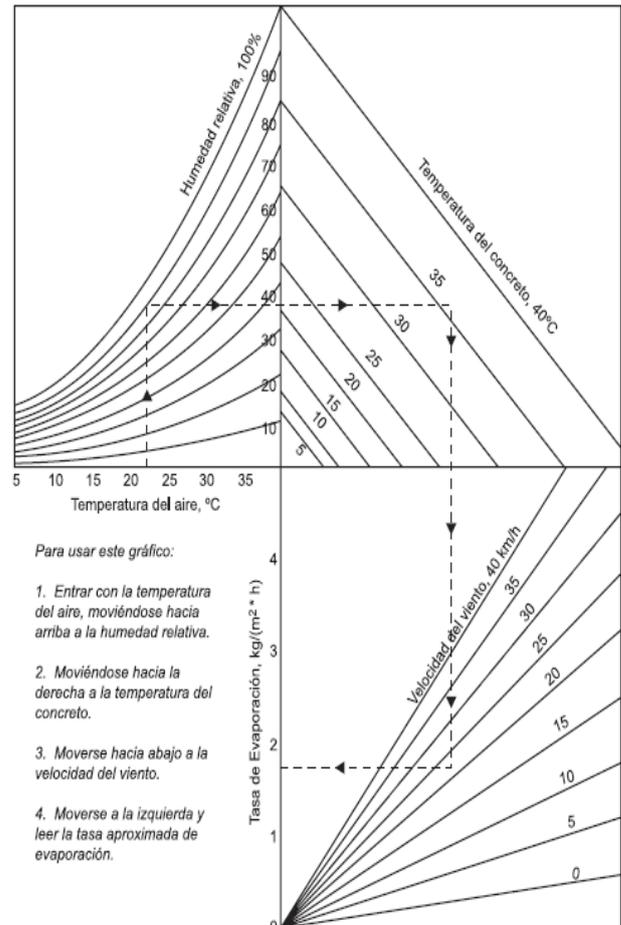
Si se espera que la tasa de evaporación del agua de la mezcla ya colocada sobrepase $1 \text{ kg/m}^2/\text{h}$ se deberán seguir las siguientes indicaciones:

- Colocar cortavientos o cerramientos para reducir la velocidad del viento, aprobado por el ingeniero.
- Instalación de rociadores de agua o presión contra el viento, para aumentar la humedad relativa en el área de colocación.
- La reducción de la temperatura del concreto dispuesto anteriormente.

¹ Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 376.

La tasa de evaporación se mide con el siguiente nomograma:

Figura 1. Nomograma para determinar la razón de evaporación de humedad superficial.²



2. CALIDAD DE LOS MATERIALES A UTILIZAR EN LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO

Con el propósito de asegurar la calidad de la mezcla y la aprobación del diseño de esta por parte de la inspección los materiales serán sometidos a los siguientes criterios.

² Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 377, Figura 501-01.

2.1. CEMENTO HIDRÁULICO

Según el CR-2010 el cemento hidráulico debe cumplir con la norma AASHTO M 85 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Especificaciones para el cemento hidráulico.³

Tipo	Especificación
Cemento Portland, tipo I, II, o V	AASHTO M 85
Cemento hidráulico mezclado, tipo IS, IP, P, I(PM), o I(SM)	AASHTO M 240
Cemento de mampostería, tipo N, S, o M	ASTM C 91

El Reglamento técnico de Costa Rica 383, el cuál define los requerimientos en cuanto a la calidad del cemento en el país y el CR-2010 establecen los siguientes límites:

Tabla 3. Requerimientos químicos para el cemento a utilizar en la mezcla de concreto.

Componentes del cemento	Especificación CR- 2010	Especificación RTCR 383
MgO	6% máx.	6% máx.
SO ₃	3,5.	4% máx.
Residuo insoluble	0,75% máx.	
Pérdida por ignición	3% máx.	

Tabla 4. Requerimientos físicos para el cemento Portland tipo 1.

Propiedades físicas del concreto	Especificación CR-2010	Especificación RTCR 383
Contenido de aire	12% máx.	12% máx.
Finura	260 m ² /kg	
Expansión autoclave	0,8% máx.	0,8% máx.
Compresión 24 horas	12 min.	10 min.
Compresión 3 días	24 mín.	17 min.
Tiempo de fraguado	375 -420 máx.	45 - 420

³ Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 647, Tabla 701-1

2.2. AGREGADO GRUESO⁴

El agregado grueso debe cumplir con lo especificado en la siguiente tabla:

Tabla 5. Graduación de agregado grueso para mezcla de concreto hidráulico para pavimentos⁵.

Tamiz	% por peso que pasa por los tamices de malla cuadrada (AASHTO T-27 y T-11)	
	Designación de la Graduación	
	A	B
37,5 mm	100	---
25,0 mm	95 - 100	100
19,0 mm	---	90 - 100
12,5 mm	25 - 60 (5)	---
9,5 mm	---	20 - 55 (5)
4,75 mm (Nº 4)	0 - 10 (5)	0 - 10 (5)
2,36 mm (Nº 8)	0 - 5 (4)	0 - 5 (4)

Además debe cumplir con las siguientes especificaciones:

Pérdida por abrasión, AASHTO T-96. 50% máximo, la cual se determina utilizando la máquina de Los Ángeles.

- Sanidad de los agregados gruesos utilizando sulfato de sodio (5 ciclos), AASHTO T-104 (18% máximo).
- Partículas con una o más caras fracturadas producto de la trituración (retenido malla Nº 4) (50% mínimo).
- Porcentaje que pasa por el tamiz Nº 200, AASHTO T-11 (1% máximo).
- Contenido de arcilla y partículas friables AASHTO T-112 (3% máximo).

⁴ Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 374

⁵ Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 374, Tabla 501-2.

2.3. AGREGADO FINO⁶

El agregado fino deberá cumplir con los siguientes requisitos.

Tabla 6. Graduación de agregado fino para mezclas de concreto hidráulico para pavimentos⁷.

Tamiz	% por peso que pasa por los tamices de malla cuadrada (AASHTO T-27 y T-11)
9,5 mm	100
4,75 mm (Nº 4)	95 - 100
1,18 mm (Nº 16)	45 - 80 (4)
300 µm (Nº 50)	10 - 30 (3)
150 µm (Nº 100)	2 - 10 (2)

Además:

- Sanidad de los agregados finos, utilizando sulfato de sodio (5 ciclos), AASHTO T-104 (15% máximo).
- Equivalente de arena, AASHTO T-176, método de arbitraje (75 mínimo).
- Porcentaje que pasa por el tamiz nº 200, AASHTO T-11 (4% máximo)
- Libre de materia orgánica o impurezas, según ensayo AASHTO T-21.
- Contenido de arcilla y partículas friables AASHTO T-112 (3% máximo).

2.4. AGUA

El agua que se utiliza en la mezcla debe estar limpia, libre de aceites, ácidos, azúcar, materia orgánica, que se considere potable y que cumpla con la norma AASHTO T-26 la cual indica básicamente lo mencionado anteriormente..

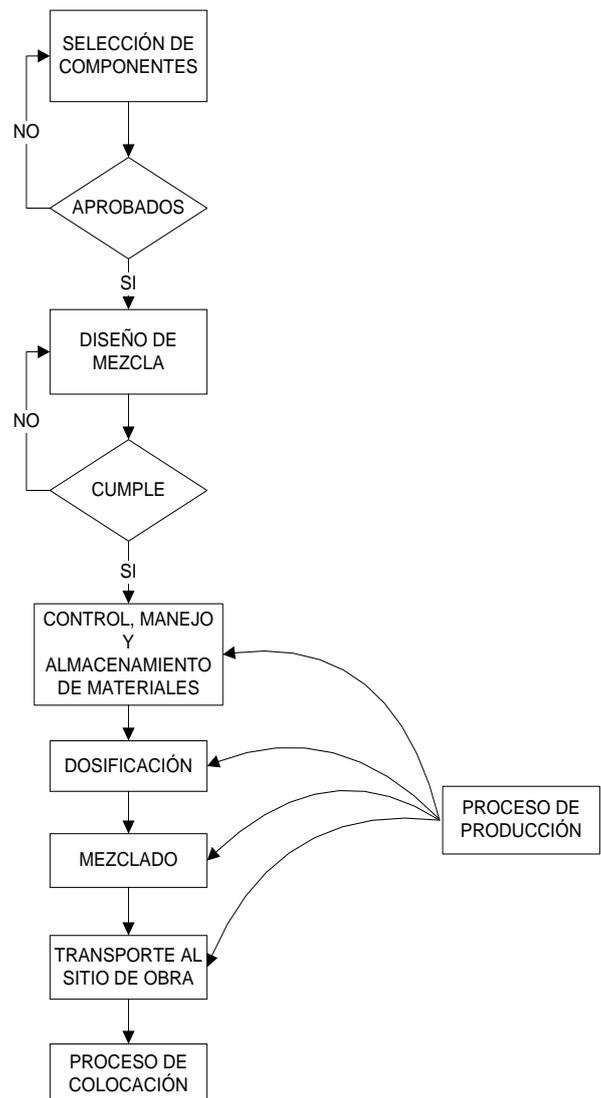
2.5. ADITIVOS

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 del pavimento por construir. Su empleo deberá definirse por medio de ensayos efectuados antes de su aplicación en la obra, y el certificado de calidad del fabricante, con las dosificaciones que garanticen el efecto deseado, y no representen peligro para la armadura que pueda tener el pavimento, además

deberán cumplir con las subsección 711 del CR-2010.8

Subsección 711.03 (Aditivos químicos): Se deben proveer aditivos reductores de fragua, aceleradores de fragua y estabilizadores de hidratación o combinaciones de ellos que satisfacen la norma AASHTO M 194. Los aditivos estabilizadores de la hidratación deben cumplir con la norma AASHTO M 194, tipo B o D.9

En forma general el ciclo de elaboración, transporte y colocación del concreto por utilizar en el proyecto puede visualizarse de la siguiente manera:



⁶ Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 375

⁷ Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 372, Tabla 501-3

⁸ Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 375

⁹ Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 693.

3. TIPO DE CONCRETO

El concreto para la losa, será el especificado en el diseño de la estructura de sobrelosa (Módulo de Ruptura no menor a 45 kg/cm^2). Tendrá un revenimiento de $2" \pm 1"$ (de 2,5 a 7,5 cm), una temperatura máxima de $32 \text{ }^\circ\text{C}$, para controlar y registrar estos datos se hará uso de la hoja de control adjuntada como el Anexo 2. El concreto será producido de acuerdo con lo estipulado en la ACI 325.9R – 91 GUIA PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS Y BASES DE CONCRETO, así mismo, haciendo todas aquellas consideraciones establecidas en ACI 304r – 00 GUIA PARA LA MEDICIÓN, MEZCLADO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE CONCRETO.

4. ALMACENAMIENTO DE AGREGADOS, CEMENTO, AGUA Y ADITIVOS PARA LA PRODUCCIÓN

Los agregados se manejarán y acopiarán de modo que no se arriesgue su calidad y mantenga sus condiciones de uso en el proyecto. Con una frecuencia de dos veces por semana, los materiales se ensayarán para verificar que cumplan los requisitos de la especificación y que sean almacenados, manipulados y utilizados apropiadamente en la obra. En el caso de que hayan sido sometidos a inspección de aceptación antes de su despacho a la obra, se someterán a una nueva inspección al llegar a ella, por si han sido contaminados durante su almacenamiento y transporte. Una vez colocados en la obra, se ensayarán para determinar si cumplen con las especificaciones. La frecuencia es la establecida en el plan de control de calidad aprobado para el proyecto. Al inicio de cada jornada, se uniformizarán las condiciones de los agregados para luego ser cargados en la planta dosificadora. Las fracciones clasificadas de los agregados (arena y gravas) se almacenarán por separado manteniendo espacios divisorios para evitar que se mezclen. Se depositan sobre una plantilla de suelo firme que sirve de base y evita su contaminación, con una pendiente mínima que permita un fácil drenaje. Se tendrá una capacidad mínima de almacenamiento de aproximadamente 200 m^3 de agregados.

INSPECCIONES A LOS ACOPIOS DE AGREGADOS

Identificación del Ítem	Ensayo	Frecuencia
Humedad	Determinación de contenido de humedad	Mínimo 2 veces por día
Contaminación	Visual	Mínimo 2 veces por día
Segregación	Visual	Mínimo 2 veces por día

Se pueden tomar muestras del material que está en bandas transportadoras, silos, carros o pilas de almacenamiento. Preferiblemente el muestreo se realizará en los acopios de agregados. La toma de muestras de pilas de almacenamiento es la más difícil de realizar correctamente y deberá evitarse en lo posible. En tal caso, las muestras se tomarán en tres o cuatro puntos a lo largo del acopio y aproximadamente a media altura de esta, evitando el material segregado de la superficie.

El cemento a utilizar estará almacenado adecuadamente de tal forma de no permitir que sufra endurecimiento por humedad y por lo tanto permitir que conserve sus cualidades durante el período de almacenamiento en planta. El tipo de almacenamiento a utilizar será el de silos herméticos de almacenamiento.

Cuando se trabaje en lugares con elevadas temperaturas ambientales que puedan perjudicar la temperatura del concreto es recomendable tomar las siguientes medidas para el control de la temperatura del agua, dado que esta es uno de los factores más determinantes en la temperatura de la mezcla.

- Un sistema de enfriamiento de agua que se compone de una bomba impulsadora de agua, un "chiller" para el enfriamiento del agua y un tanque térmico de almacenamiento, lo antes mencionado debe tener la capacidad que se requiera para el proyecto que se realice.

A continuación se muestra una imagen de ejemplo de un sistema de enfriamiento de agua:



Imagen 1. Sistema de enfriamiento de agua, utilizado en el proyecto Cañas-Liberia (estructura azul a la izquierda: bomba y chiller, derecha: tanque de almacenamiento).

Además para el almacenamiento de los materiales se hará uso de lo siguiente

- Al menos un silo horizontal para guardar cemento de 120 ton de capacidad.
- Área para almacenar aditivos para el concreto.
- Reservorio de agua (2) para almacenaje de agua para la producción del concreto, con capacidad total de 80 m³
- Zona para lavado de los camiones de acarreo de concreto (120 m³).



Imagen 2. Reservorio de agua utilizado en el proyecto Cañas-Liberia.

5. PREPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DIARIA DE CONCRETO HIDRÁULICO

Para realizar los ajustes de contenido de agua de las mezclas a producir; diariamente se medirá el contenido de agua de los agregados en una

frecuencia de 2 veces por día como mínimo. La frecuencia podrá aumentar dependiendo de los horarios de producción de concreto y de las condiciones climáticas durante los horarios de producción. Este resultado será presentado a la caseta de producción a fin se realicen los ajustes necesarios en el agua de mezcla de las batchadas a producir.

Así mismo, previo al inicio de la producción de mezcla, se realizarán las siguientes revisiones a la planta de producción y camiones de transporte:

5.1. ELABORACIÓN DE LA MEZCLA

El concreto por colocar tendrá una resistencia mínima a la flexión de 45 kg/cm² y a la compresión de 25 MPa a los 28 días, lo cual se obtendrá por medio de las cantidades de materiales indicadas en el diseño aprobado de la mezcla de concreto.

5.2. CARGA DE LOS AGREGADOS

Previo a realizar la carga, se harán las correcciones en la cantidad de agua de mezcla. Esta corrección se realizará en forma electrónica a través del computador de la planta de producción.

Una vez realizada la corrección, se realizará la carga haciendo uso de las bandas que llegan hasta el mezclador central. En forma permanente se hará uso de uno o más cargadores frontales para mantener cargadas las tolvas de agregados de la planta de producción.

La secuencia de carga al mezclador será tal que permita la optimización de los tiempos de mezclado (en orden: agregados –cemento–agua–aditivo).

A. DESCARGA AL RECIPIENTE Y TRANSPORTE DE LA CARGA DE CONCRETO

Cada paso en el manejo y transporte del concreto será cuidadosamente controlado, con tal de mantener la uniformidad dentro de una mezcla determinada al igual que de la cantidad de cada volumen de mezcla. Es esencial evitar la segregación entre el agregado grueso y el mortero, o la del agua de los demás componentes.

El equipo de manejo y transporte del concreto será lo suficientemente capaz de suministrar continua y confiablemente concreto al lugar de la colocación, en todas las condiciones, para el método de colocación por implementar en el proyecto.

Se evitarán accesorios de aluminio en la planta de producción ya que se ha demostrado

que el hidrógeno gaseoso que se genera por la reacción entre los álcalis del cemento y la erosión del aluminio de la superficie de estos accesorios, provoca una reducción de la resistencia del orden del 50%. Por consiguiente, no se utilizará equipo hecho de aluminio o de aleaciones de aluminio en ningún caso.

El concreto será transportado de la mezcladora al sitio final de colocación, empleando métodos que eviten la segregación o la pérdida de materiales. El equipo de transporte será capaz de llevar el suministro de concreto al sitio de colocación sin segregación y sin interrupciones que pudieran causar pérdidas de plasticidad entre colados sucesivos.

Antes de cargar otra vez el recipiente del camión, este será sometido a lavado, para garantizar que las características de la mezcla a cargar, se mantengan lo más constantes durante el transporte de la bachada al sitio de colocación.



Imagen 4. Lavado del recipiente del camión transportador de concreto.



Imagen 3. Descarga de la planta de concreto a los camiones de transporte (a 90°)

La descarga al recipiente de transporte será completamente a 90°. Pasando el concreto a través de una sección corta de una manga de caída para asegurar la verticalidad de la caída.

B. DESCARGA Y MANEJO DEL CONCRETO EN EL SITIO DE COLOCACIÓN.

En el sitio de colocación del concreto, un inspector de vaciado, el cual es responsable por la inspección visual del concreto al momento de su llegada, dará las instrucciones a los responsables de las cadenas de apertura de las compuertas de los recipientes del equipo de transporte. Estas últimas personas serán los encargados de dirigir a los camiones transportadores de concreto, de tal forma de que la carga que cada camión transporta, quede distribuida uniformemente y de tal manera que no se dificulte su colocación con la máquina pavimentadora. El inspector de vaciado velará por los aspectos de consolidación del concreto. Será el responsable de decidir cuando alguna bachada requiera de esfuerzos adicionales para lograr la consolidación necesaria del concreto.

Todas las vagonetas descargarán con caída vertical en la compuerta de descarga ya que cuando la descarga se hace a un ángulo, el agregado grueso se arroja al costado más lejano del recipiente que lo descarga y el mortero se concentra en el lado cercano. Puede suceder que esta segregación no se corrija durante el manejo posterior del concreto.

6. ACTIVIDADES DE CAMPO

En este apartado se señalan las actividades a tomar en cuenta para aplicar en el campo la lista de verificación adjuntada como el Anexo 1:

- Señalización y seguridad en la vía (iluminación, señalización protección personal).
- Tendido de líneas guía de la extendedora.
- Colocación y anclaje de los pasadores de carga (dovelas).
- Tendido del concreto y ensayos de control de calidad.
- Flotado y allanado de la superficie.
- Limpieza superficial y humedecimiento.
- Cepillado transversal de la superficie.
- Colocación de antievaporador y Curador de la superficie de concreto.
- Corte de las juntas transversales.
- Sello de juntas.

De acuerdo con la secuencia que se tiene prevista para la construcción, se ejecutarán estas actividades, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- En caso de ser necesario el tránsito se manejará de acuerdo al plan respectivo, previamente aprobado. Se analizará y se someterá la estrategia más conveniente de señalización para el cierre del tránsito vehicular.
- Las obras hidráulicas como cunetas y hombros se construirán después de la construcción de la losa de concreto.
- Se procurará en lo posible que después de dar al servicio un tramo de losa de concreto, los vehículos suban y bajen de la losa en los extremos y no por los bordes laterales. En los casos de entradas de establecimientos se colocará una capa de base granular, con altura superior a la losa de concreto, para evitar impactos en el borde de la losa.
- Un tramo se abrirá al tránsito, cuando la resistencia del concreto alcance por lo menos el 80% de la resistencia especificada.

Además diariamente se realizará la verificación visual de la existencia del siguiente equipo en el campo:

- Moldes del espesor adecuado a la losa a construir.
- Vibradores de concreto (2).

- Revisión diaria de maquinaria de pavimentación y texturizado.
- Llanas metálicas.
- Cepillo texturizador.
- Bombas aspersoras de espalda.
- Palas, carretillos, etc.
- Cortadora de concreto.
- Cuadrilla de topografía.
- Puente de trabajo.

Preparación del equipo consistirá en lo siguiente:

- Revisar estado de los sensores, vibradores, tornillo sinfín.
- Nivelar la plancha de la máquina.
- Revisar niveles de aceites y combustible.
- Reemplazar los vibradores dañados o gastados.
- Revisar la separación entre vibradores.
- Ajustar el sistema de tensores.

A continuación se detallan las actividades mencionadas para la correcta verificación del proceso constructivo.

Señalización y seguridad en la vía



Imagen 5. Iluminación y demarcación con conos a lo largo del tramo por pavimentar.

En el tramo donde se vaya a colocar concreto debe estar debidamente señalado como se establece en el plan de seguridad para el proyecto, para asegurar la seguridad de los usuarios y del personal de trabajo, especialmente si la colocación del pavimento se realiza en horarios nocturnos, en este caso debe haber suficiente iluminación a lo largo del tramo a colocar y durante el tiempo necesario.

Se debe verificar que todo el personal de trabajo porte el equipo de protección necesario:

- Casco.
- Chaleco reflectivo.
- Zapatos cerrados, entre otros.

Limpieza superficial y humedecimiento



Imagen 6. Humedecimiento de la superficie con camión cisterna.

La limpieza superficial se realiza utilizando compresor de aire o bobcat con barredora, seguidamente se humedece la superficie en la que será colocado en concreto por medio de camión cisterna, realizando varias pasadas para evitar que se seque por completo la superficie. Estas actividades iniciaran como mínimo una hora antes de empezar la jornada de colocación

Se revisará diariamente:

- Que el terreno preparado para la colocación de concreto este nivelado.
- La limpieza del tramo por colocar.
- Que el terreno no esté completamente seco antes de iniciar la colocación del concreto fresco.

Tendido de líneas guía de la extendedora

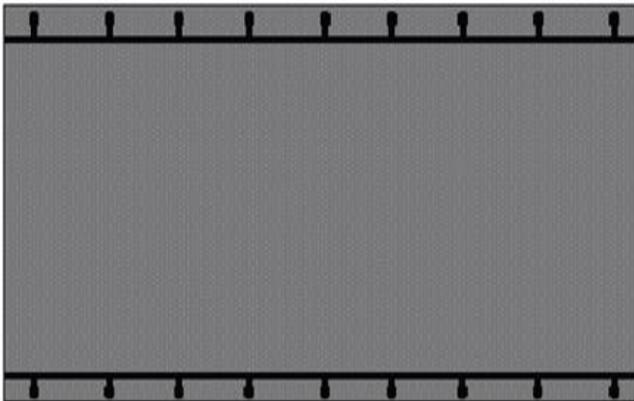


Figura 2. Tramo a pavimentar con líneas guía instaladas a cada lado.



Imagen 7. Sensores de la máquina pavimentadora apoyados sobre las líneas guía.

Se deberá verificar previo al inicio de la jornada lo siguiente:

- Que exista en campo la información topográfica suficiente, para ejecutar sin interrupciones la jornada de pavimentación programada.
- Que se haya realizado el trazo para colocación de bastones y la correspondiente nivelación del hilo guía.
- La colocación de los bastones a una distancia calculada según conveniencia del alineamiento. En curva se colocarán a cada 5 m mientras que en tangente se colocarán a cada 10 m.
- Que los bastones hayan sido instalados con la rigidez apropiada.
- Que el hilo de guía haya sido instalado sobre los bastones.

Una vez realizado el trazo y la nivelación de los hilos guía, se colocarán los bastones que sirven de apoyo al hilo guía sobre el cual se ajustarán los sensores de la pavimentadora. El sistema de control de la pavimentadora le permite la nivelación y dirección para mejorar la precisión y facilitar el manejo. La colocación de los bastones para el hilo guía se realizará a una distancia calculada, según conveniencia del alineamiento. En curva se colocarán a cada 5 m, mientras que en tangente se colocarán a cada 10 m.

Colocación y anclaje de los pasadores de carga

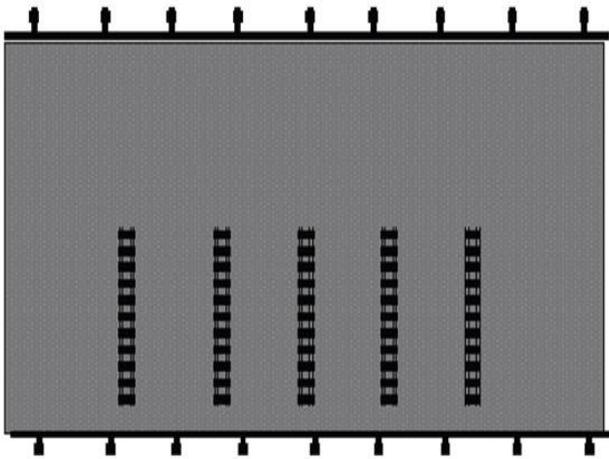


Figura 3. Tramo a pavimentar con las canastas de dovelas instaladas.

Se tendrán los siguientes cuidados durante la instalación de las dovelas:

- Se revisará que todas las canastillas posean las dimensiones indicadas en los planos. Así mismo, se verificará la separación de las dovelas.
- El engrasado de las dovelas se realiza antes de empezar la jornada.
- Revisar la existencia del equipo y materiales de fijación de las canastillas.
- Marcar el lugar de colocación de dovelas, para después realizar el corte.
- La instalación de las dovelas se hará de tal forma que pueda garantizarse el fijado para que la posibilidad de que se muevan durante el proceso de pavimentación sea mínima o nula.



Imagen 8. Fijación de las canastas de dovelas en la marca colocada previamente por topografía.

La colocación de las canastas que sujetan las barras pasadoras de carga o dovelas, se hará utilizando taladro para insertar los pines que sean necesarios en la base estabilizada previamente humedecida, se amarra la canasta a los pines por medio cabos de alambre negro para impedir que la descarga del concreto mueva las canastas de su posición.

Descarga y manejo del concreto en el sitio de colocación

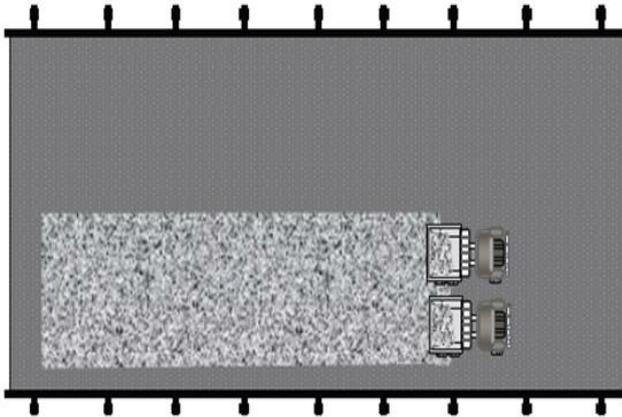


Figura 4. Descarga del concreto a lo largo de tramo a pavimentar.

No es conveniente detener el proceso de pavimentación por más de media hora, ya que puede implicar la realización de una junta en frío, las cuales deben ser evitadas. Si esto llegara a pasar debe realizarse una junta de construcción en la última junta transversal o en la que se alcanza a construir, para esto se dejan las mitades de las dovelas expuestas y se formaletea el extremo perpendicular al eje longitudinal de la losa.



Imagen 9. Descarga del concreto.



Imagen 10. Realización de una junta de construcción

La mezcla descargada buscará garantizar que no existan acumulamientos excesivos, tales que puedan causar dificultades a la máquina de pavimentación a utilizar en el proyecto. Se tomarán medidas para evitar que la descarga del concreto se realice directamente sobre las canastillas. Para evitar acumulamientos excesivos de la mezcla se puede hacer uso de vibradores manuales, bobcat (mini cargador) o pala mecánica (dependerá del funcionamiento), palas manuales, azadones, etc.



Imagen 11. Junta de construcción finalizada.

Durante la descarga del concreto en el sitio de colocación se tomarán en cuenta los siguientes cuidados:

- Se verificará la limpieza y humedecimiento periódico de la superficie de colocación.
- Se mantendrá una permanente inspección a fin de prever segregaciones en el concreto que puedan causarse por el transporte y la descarga del mismo.
- Se ejecutarán los ensayos de control respectivos a cada bachada colocada y se muestreará el concreto según la frecuencia indicada en el plan de control de calidad.
- En medida de lo posible las descargas de concreto se realizarán de forma de que la bachada no caiga directamente sobre las canastas de dovelas.
- Ejecución de juntas de construcción por interrupción y al finalizar la jornada.

Los ensayos que se deben tomar en cuenta para la verificación de la calidad de la mezcla son los siguientes:

- Verificación de la temperatura de cada descarga.
- Medición del revenimiento de cada descarga.
- Moldeo de cilindros de concreto para determinar la resistencia a la compresión a los 28 días
- Moldeo de vigas de concreto para determinar la resistencia a la flexotracción del concreto a los 28 días

Flotado y allanado de la superficie

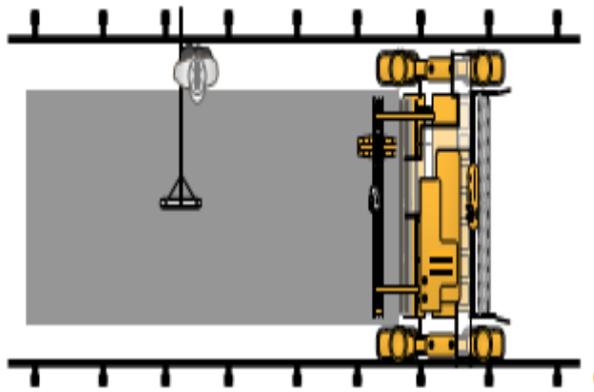


Figura 5. Acabado de la superficie con flota.

este reductor se aplica con bomba aspersora al mismo tiempo que se realiza el allanado. Se proveerá de un puente de trabajo para dar el acabado en toda la superficie de rodaje con herramienta manual.

Para el acabado de la superficie se tomarán en cuenta los siguientes cuidados:

- Se utilizará el equipo de llanado necesario y suficiente (Dos floating channels y una bump cuter) y se tendrán los siguientes cuidados:
 - Se minimizará el trabajo manual excesivo
 - Se mantendrá un cuidado especial sobre la velocidad de la máquina de colocación, el avance óptimo debe ser de 1 m/min.
 - No se texturizará, mientras se observe la presencia de agua en la superficie.



Imagen 12. Proceso de allanado de la superficie de la losa.

Después de que la máquina pavimentadora haga su trabajo, una cuadrilla se encargará de flotar y allanar la superficie del concreto, además darán acabado a los bordes de las losas para que estos tengan cortes de 90°, la superficie deberá quedar lisa y cubierta con un reductor de evaporación,

Cepillado transversal de la superficie

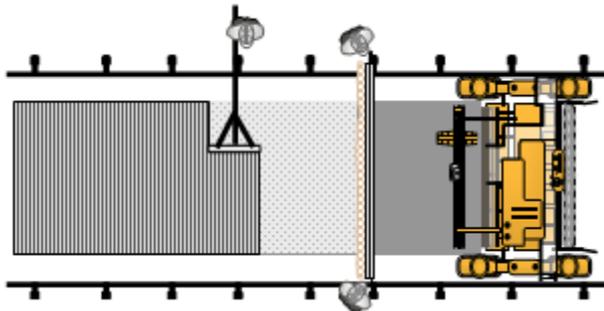


Figura 6. Texturizado de la superficie de la losa después del perfilado.



Imagen 13. Texturizado con la máquina Gomaco TC 400.

La textura en la superficie del concreto será resistente, antideslizante y acanalada en todas las áreas de tráfico. Para este trabajo se utilizará la máquina texturizadora tipo Gomaco TC 400 o

similar, la cual espaciará y profundizará las estrías de acuerdo a lo requerido por el proyecto. Se estriará perpendicularmente a la línea del centro sin rasgar la superficie de concreto ni perder agregado. El curado se realiza con la máquina texturizadora, inmediatamente después de que el agua libre de la superficie se haya evaporado y el acabado esté listo. Si la superficie del concreto empieza a secarse antes de comenzar el curado, ésta se mantendrá húmeda usando un rociador de neblina. Son curadas también las caras laterales de las losas construidas.

Durante el texturizado se tomarán las siguientes precauciones:

- La máquina texturizadora se instalará paralela a la superficie de rodamiento.
- El texturizado deberá tener entre 3 y 6 mm de profundidad y espaciados de 12 a 19 mm.
- Se evitará el traslape de las estrías.

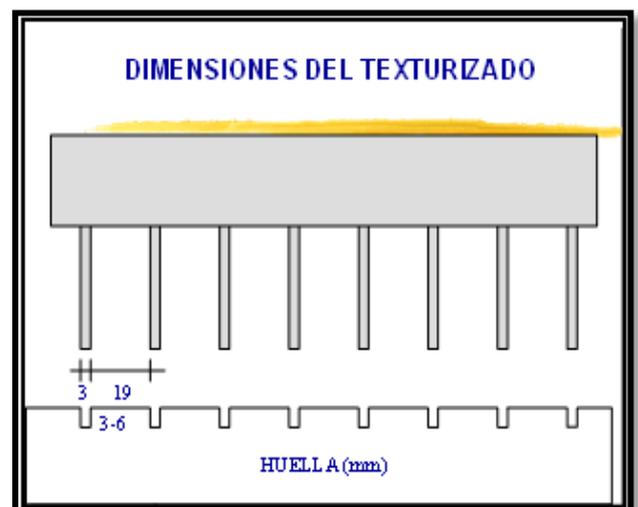


Figura 7. Dimensiones del texturizado de la superficie.

Aplicación de anti evaporador y curador de la superficie de concreto



Imagen 14. Aplicación del anti evaporador con bomba manual.



Imagen 15. Máquina Gomaco TC 400 aplicando la membrana de curado.

Como medida para reducir la evaporación de agua y minimizar así los agrietamientos por contracción, se utilizará un producto adecuado para tal fin aplicado con bomba aspersora. Tal como se indica en el presente documento la temperatura máxima de colocación del concreto será de 32 °C, no obstante, en caso de que se

presenten afectaciones directas de la temperatura ambiente en las temperaturas de los componentes del concreto, se podrá colocar la bachada siempre que se demuestre que los otros parámetros (revenimiento y trabajabilidad) permitan establecer criterios límites de colocación.

El reductor de evaporación será aplicado en forma permanente durante todo el proceso de flotado y allanado.

El equipo con el cual se medirá la humedad relativa, la temperatura y la velocidad del viento para evaluar la tasa de evaporación es el siguiente:



Imagen 16. Anemómetro e higrómetro.

Los cuidados para la aplicación de curador serán los siguientes:

- Se utilizará un curador químico de color blanco, el cual previamente a su utilización será mezclado correctamente.
- Se revisará el buen funcionamiento de los aspersores
- La aplicación del curado se realizará uniformemente antes que el concreto haya presentado su punto de fraguado inicial

- Los tiempos de aplicación del curador serán lo menor posible, asegurando que el curado esté aplicado en toda el área tratada, teniendo cuidado que los bordes también estén adecuadamente cubierto con curador.
- No se aplicará agua para realizar el acabado de la superficie.

Corte de las juntas transversales

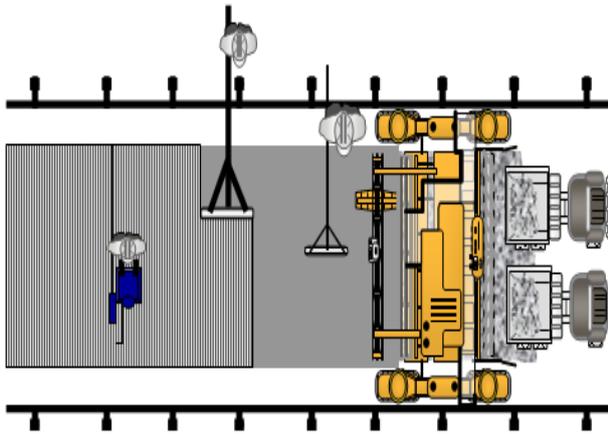


Figura 8. Aserrado de las juntas transversales.



Imagen 17. Máquinas para corte del concreto.

La profundidad de los cortes será la especificada en los planos del proyecto al igual que el ancho, hechos en un solo corte, luego de esta actividad y antes del sellado se deberá limpiar la junta por medio de soplado con aire a presión.

Los cuidados para el corte de juntas serán los siguientes:

- El corte se ejecutará de preferencia en concreto con superficie endurecida, a fin de evitar despostillamiento de juntas y se realizará hasta la profundidad indicada en planos.
- Se limpiará el polvo y cualquier otro material que quede contenido en la junta, antes de la colocación del material de respaldo.
- Protección de las juntas sin sellar.
- Si el corte se hace en verde, debe ser realizado de 1 a 3 horas después de colocado el concreto.

El aserrado de las juntas se iniciará en el momento que el concreto pueda soportar el peso de la máquina y del operador de la misma sin que queden marcas en la superficie de la losa, se inicia con el aserrado transversal y posteriormente se realiza el aserrado longitudinal, se hará según el detalle en planos para el proyecto. El aserrado se debe realizar antes de que se presenten agrietamientos descontrolados.

Si durante el proceso de aserrado o antes de iniciarlo se presenta agrietamiento errático, se debe detener el trabajo para realizar las reparaciones pertinentes aprobadas por el ingeniero.

Sello de la junta

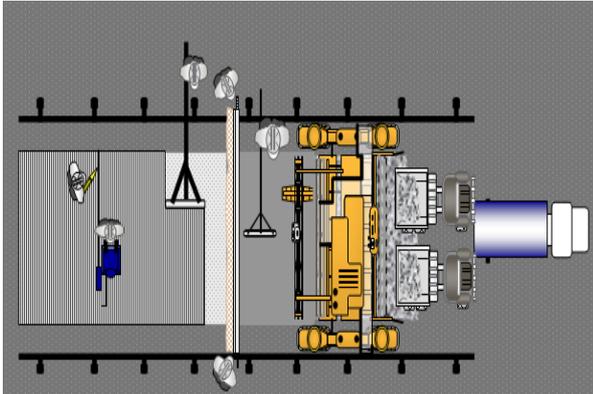


Figura 9. Diagrama del proceso constructivo sellado de las juntas.

Una vez realizado el aserrado se limpiará de desechos en toda su longitud y profundidad, para esta tarea se utiliza aire a presión mediante compresor neumático, el cual debe contar con trampa de agua y se limpiará tanto el espacio de grieta como el área adyacente a la misma, en un ancho de al menos 20 cm para que la superficie se encuentre libre de polvo u otro material.



Imagen 18. Sellado de junta transversal.



Imagen 19. Sellado de junta longitudinal.

Dentro del cajón se instalará un respaldo de poliuretano el cual quedará perfectamente ajustado a lo largo de toda la junta y a la profundidad establecida en planos, el material debe ser resistente a altas temperaturas (200 ° C).

Posteriormente se aplicará el material de sellado aplicado en caliente a la temperatura recomendada por el fabricante y se aplicará cuando la temperatura ambiente esté entre los 10 y los 30 °C, se utilizará un equipo que permita el fácil control y verificación de la temperatura y presión de aplicación.

Los cuidados para el sellado de juntas serán los siguientes:

- Utilizar un equipo que permita el fácil control de la temperatura del material para sellado.
- Deben eliminarse todos los desechos dentro de la junta.
- Se ejecutará el sellado de juntas antes de la apertura al tráfico y de acuerdo con planos.
- El material sellador de juntas se colocará por debajo de la superficie.
- Se procurará colocar el material para sellado cuando la temperatura ambiente esté entre 10 y 30°C.

Deterioros en la estructura de pavimentos

El siguiente apartado servirá para obtener la información necesaria para utilizar la lista de verificación adjuntada como el Anexo 3, la cual se aplicará para identificar posibles deterioros en diferentes tramos del pavimento rígido. De ser posible este análisis se realizará cuando las losas ya estén en uso, es decir, abiertas al tránsito diario.

Los deterioros a tomar en cuenta para utilizar la lista son los siguientes:

- **Fisura transversal o diagonal**

Esta clase de fisuras aparecen ya sea por repeticiones de carga (fatiga), variaciones significativas en el espesor de las losas, deficiencias en el apoyo de las losas, asentamientos en la fundación, o bien, por dejar mucho espacio entre las juntas transversales, lo que provoca un descontrol a la hora de contraerse el concreto.

Estas fisuras aparecen de forma perpendicular al eje central de la carretera, partiendo la losa en dos partes.



Imagen 20. Ejemplo de fisura transversal.

- **Fisura longitudinal**

Este tipo de fisura aparece paralelo al eje central de la carretera, dividiendo la losa en dos planos.

Algunas de las causas posibles de la aparición de estas fisuras son:

- Deficiencias en el apoyo de la losa.
- Ausencia o deficiencia en la ejecución de las juntas longitudinales.
- Tensiones originadas por cambios de temperatura.



Imagen 21. Ejemplo de fisura longitudinal.

- **Fisuras de esquina**

Las fisuras de esquina son las que empiezan a partir de una junta longitudinal y termina en una junta transversal, pero la distancia desde la esquina hasta el inicio o fin de la fisura no debe ser mayor a 1,30 metros.

Puede originarse entre otras cosas por deficiencias en la transferencia de cargas, esto favorece que se produzcan altas deflexiones en las esquinas de la losa.



Imagen 22. Ejemplo de fisura de esquina.

- **Fisuras en bloque**

Las fisuras de este tipo dividen una porción de la losa en bloques menores a 1 m².

Entre las posibles causas están:

- Deficientes condiciones de soporte.
- El tránsito y las deflexiones continuas favorecen la aparición de dicho fisuramiento.



Imagen 23. Ejemplo de fisuras en bloque

- **Levantamiento o hundimiento de losas**

Aparece como una diferencia de nivel entre losas, se da en las juntas longitudinales y/o transversales, también en fisuras transversales y longitudinales.

Los levantamientos pueden aparecer por la expansión de las losas que originan esfuerzos de compresión sobre el plano de la junta. Los hundimientos pueden darse por asentamientos en la base de la losa por estar ya sea por mal compactación o por algún lavado de material que se provoque por drenajes deficientes bajo el punto de falla de la losa.



Imagen 24. Ejemplo de levantamiento de losa.



Imagen 25. Ejemplo de hundimiento de losa.

- **Descascaramiento y fisuras capilares**

Este tipo de daño aparece en las losas por agrietamientos en su superficie que conlleva al desprendimiento de pequeños trozos de concreto, con profundidades no mayores a los 15 mm.

Pueden aparecer por excesos de acabado del concreto fresco que producen la exudación del mortero y del agua haciendo que la superficie de la losa resulte débil a la retracción del concreto. El paso continuo de los vehículos pueden acelerar el proceso de descascaramiento.



Imagen 26. Ejemplo de fisuras capilares.

• Pulimiento de la superficie

Son superficies de rodamiento excesivamente lisas.

Aparecen por el uso de agregados de naturaleza degradable y cemento de calidad baja, que no cumplan con las normas especificadas en este manual. El uso de materiales de baja calidad y el tránsito de los vehículos es lo que facilita la aparición de este tipo de deterioro.



Imagen 27. Ejemplo de pulimiento de la superficie.

• Peladuras

Las peladuras son la pérdida del material que recubre la superficie de la losa, es decir, la capa que cubre al agregado grueso cercano a la superficie, esto provoca que la superficie de rueda quede rugosa.

Son causadas por la abrasión que produce el paso del tránsito sobre concreto de bajo contenido de cemento, exceso de agua, granulometrías inapropiadas o por deficiencias en el proceso constructivo (curados defectuosos, segregación de la mezcla).



Imagen 28. Ejemplo de peladuras.

• Deficiencias en material de sello

Las deficiencias en el material sellante se describen como:

- Endurecimiento por oxidación del material de sello.
- Pérdida de adherencia con los bordes de las losas.
- Levantamiento del material de sello por efecto del tránsito y movimientos de las losas.

- Escases o ausencia del material de sello.
- Material de sello inadecuado.



Imagen 29. Ejemplo de ausencia parcial de material de sello en una junta.

• Despostillamiento

Es una fractura o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 60 cm de una junta o una esquina, no se extienden verticalmente hasta el fondo de la losa, si no que intersecan la junta en ángulo.

Pueden aparecer por:

- Excesivas tensiones en las juntas producidas por las cargas de tránsito.
- Por infiltración de materiales incompresibles
- Debilidad del concreto en la proximidad de la junta debido a un sobre acabado.
- Deficiente diseño y/o construcción de los sistemas de transferencia de carga.
- Acumulación de agua a nivel de las juntas



Imagen 30. Ejemplo de despostillamiento.

• Fisuras por mal funcionamiento de juntas

Son fisuras aproximadamente paralelas a la junta, en algunos casos transversales y en forma de arcos, localizados muy cerca de las juntas.

Este tipo de deterioros aparece por la falta de verticalidad en el aserrado de las juntas y/o por cortes poco profundos. Además, la colocación de dovelas de longitud o diámetro

insuficiente, o bien, que tengan corrosión excesiva, impiden el movimiento normal de las juntas y hacen que aparezcan este tipo de fisuras generalmente a no más de 40 cm de la junta.



Imagen 31. Ejemplo de fisura por mal funcionamiento de juntas.

Referencias:

- Alvarado, J. F. (2013). Control de calidad para los procesos de fabricación, colocación y curado de las losas de concreto de cemento Portland del proyecto de ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, sección Cañas-Liberia. Informe proyecto final de graduación, Escuela de Ingeniería en Construcción, Tecnológico de Costa Rica, 74 p.

Anexos

Anexo 1. Lista de verificación.

PROYECTO:	La Ampliación y Rehabilitación de la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, sección Cañas-Liberia
962514	LPI No. 2011LI-000004-0DI00

Fecha:	DIA	MES	AÑO

PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO			PPI N° 09
----------------------------------	--	--	------------------

ACTIVIDAD	RESPONSABLE Y FIRMA	APROBADO	NO APROBADO
1. SENALIZACIÓN Y SEGURIDAD EN LA VÍA (Iluminación, señalización, protección personal)	E.S.O		
2. TENDIDO DE LAS LÍNEAS GUÍA DE LA EXTENDEDORA	TOP.		
3. COLOCACIÓN Y ANCLAJE DE LOS PASADORES DE CARGA	E.N.		
5. LIMPIEZA SUPERFICIAL Y HUMEDECIMIENTO	CHEQ.		
6. DESCARGA Y MANEJO DEL CONCRETO EN EL SITIO DE COLOCACIÓN	LAB.		
8. FLOTADO Y ALLAMADO DE LA SUPERFICIE	CHEQ.		
10. CEPILLADO TRANSVERSAL DE LA SUPERFICIE	CHEQ.		
11. COLOCACIÓN DE ANTI EVAPORADOR Y CURADOR DE LA SUPERFICIE DE CONCRETO	E.N.		
12. CORTE DE LAS JUNTAS TRANSVERSALES	E.N.		
13. SELLO DE JUNTAS	E.N.		

E.S.O.: Encargado de Seguridad Ocupacional

E.N.: Encargado

CHEQ.: Chequeador de pavimentos

LAB.: Laboratorio de materiales

OBSERVACIONES:

UBICACIÓN DEL TRABAJO	
LUGAR	() TRAMO 1: CAÑAS - BAGACES
Marque con x en ()	() TRAMO 2: BAGACES - LIBERIA
LADO:	

INICIO GENERAL	FIN GENERAL
Km:	Km:

NOMBRE	
CHEQUEADOR	FIRMA:

NOMBRE	
INSPECCIÓN	FIRMA:

Anexo 2. Hoja de control.

Proyecto Ampliación y Rehabilitación de la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia

Fecha:		Actividad														
Proveedor:																
Datos del Diseño de Mezcla del Concreto:		Temperatura ambiente: _____ °C		%H: _____ %		V viento: _____ km/h										
Resistencia Requerida:		_____ kg/cm ²		Tamaño Máximo de Agregado												
Contiene Aditivos:		Sí <input type="checkbox"/>		No <input type="checkbox"/>		Relación A/C:		_____ y/o		Contenido de Cemento:						
		Tiempo de Uso del Concreto							Ensayos al Inicio de Fabricación		Localización					
N°	Fecha	Número o Identificación del	Volumen m ³	Hora de Salida de Planta (A)	Hora de Llegada a Obra	Hora de Inicio del Vaciado (B)	Hora de Fin de Vaciado	Periodo de Uso del Concreto	Temp. °C	Asent. o Slump cm.	LADO	Carril	Estación Inicial	Estación Final	Aspecto del concreto (segregación)	
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
Volumen Total:																
Observaciones:																
Recepción (Nombre y Cargo)				Firma				V' B' (Nombre y Cargo)				Firma				
Rafael Campos Chequeador de Losa de Pavimento								Salvador Carranza Ingeniero de Pavimentos								

Página 1

Anexo 3. Lista de verificación para identificar deterioros en las losas de pavimento rígido.



FICHA CONTROL



No. 00001

PROYECTO:	La Ampliación y Rehabilitación de la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, sección Cañas-Liberia LPI No. 2011LI-000004-0D100
962514	

Fecha:	DIA	MES	AÑO

DETERIOROS EN EL PAVIMENTO RÍGIDO		MCLC
--	--	-------------

POSIBLES DETERIOROS	¿SEPRESENTA? (SI, NO)	ESTACIÓN(ES)
Fisura transversal o diagonal		
Fisura longitudinal		
Fisura de esquina		
Fisuras en bloque		
Levantamiento o hundimiento de losas		
Descascaramiento y fisuras capilares		
Pulimiento de la superficie		
Peladuras		
Deficiencias en material de sello		
Despostillamiento		
Fisuras por mal funcionamiento de juntas		

Página 1

UBICACIÓN DE LA INSPECCIÓN	
LUGAR Marque con x en ()	() TRAMO 1: CAÑAS - BAGACES () TRAMO 2: BAGACES - LIBERIA
	LADO:

INICIO GENERAL	FIN GENERAL
Km:	Km:

NOMBRE
<i>Chequeador</i>
FIRMA:

NOMBRE
<i>Jefe Control de calidad</i>
FIRMA: