

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**  
**Escuela de Ingeniería en Construcción**

Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

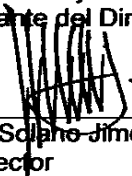
Jose Francisco Alvarado Alvarado

Cartago, Enero 2014.

**CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE  
PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Mauricio Araya Rodríguez, Ing. Sergio Fernández Cerdas, Ing. Jorge Solano Jiménez, Ing. Sonia Vargas Calderón, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

  
Ing. Mauricio Araya Rodríguez.  
Representante del Director

  
Ing. Jorge Solano Jiménez.  
Profesor Lector

  
Ing. Sergio Fernández Cerdas.  
Profesor Guía

  
Ing. Sonia Vargas Calderón.  
Profesora Observadora

# Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi pequeño hijo Mateo el cual es el motor que me impulsa a salir adelante día a día. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**



# Abstract

This project aims to verify the quality of the construction process of the expansion and rehabilitation of National Route n°1 North Interamerican highway Cañas–Liberia section, including concrete finishing and placement of load transfer bars, analysis of the properties of the materials used for the manufacture of concrete mix, its properties and an inspection of the pavement two months later of its collocation.

The General Specifications for Highways, Roads and Bridges Construction Manual (CR-2010) and the RTCR 383 are the sources of the information necessary to complete this work.

The results of the tests applied to the materials and to the concrete were prepared and supplied by the laboratory LGC to perform the data analysis.

The work place was visited to monitor the construction process in order to analyze it and compare it to the requirements contained in the CR-2010, using control sheets that are being used until now for FCC.

The Manual for Rigid Pavement Construction was made with the information collected from the field and from the CR-2010, this Manual is the guide for using the control sheets.

It was concluded that all materials met the specifications, except for the cement which does not reach the limits of insoluble residue content and loss on ignition.

The compression and flexural strengths of the rigid pavement slabs averaged analyzed, exceed the minimum strength requirement established in the CR-2010.

Also it was determined that the pavement does not show important deterioration.

## Key words

Quality control, Rigid pavement, Constructive process.

# Resumen

El proyecto pretende verificar la calidad del proceso constructivo del proyecto de ampliación y rehabilitación de la ruta Nacional 1 Carretera Interamericana Norte sección Cañas-Liberia, incluyendo los acabados, la colocación de dovelas, las propiedades de los materiales presentes en la mezcla de concreto, las propiedades de esta y una inspección al pavimento 2 meses después de su colocación.

Para la recolección de la información se recurrió al Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010) y al Reglamento Técnico de Costa Rica, obteniendo de forma detallada toda la información necesaria.

Los ensayos aplicados a los materiales y a la mezcla fueron realizados y facilitados por el laboratorio LGC para poder realizar el análisis de los resultados.

Se visitó el sitio de las obras para dar seguimiento a lo que ocurría en el campo utilizando hojas de control para el proceso de construcción y para las propiedades de la mezcla, las cuales son utilizadas por FCC actualmente, de esta manera, pudo compararse la práctica con la teoría.

Con el uso de la información recolectada se confeccionó el Manual para la Construcción de Pavimentos Rígidos, el cual sirvió de guía para la aplicación de las hojas de control.

Se concluyó que todos los materiales cumplen con las especificaciones, excepto por el cemento, el cual no alcanza los límites de contenido de residuo insoluble y pérdida por ignición.

Las resistencias a la compresión y flexotracción del concreto analizadas superan el requisito de resistencia mínima establecida en el CR-2010.

Además, logró comprobarse que no han ocurrido deterioros importantes en las losas.

## Palabras claves

Control de calidad, Pavimento rígido, Proceso constructivo.

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

**Control de calidad de los  
procesos de elaboración,  
colocación y curado de losas de  
concreto de cemento hidráulico  
del proyecto ampliación y  
rehabilitación de la Ruta Nacional  
1, Carretera Interamericana  
Norte, Sección Cañas-Liberia**

JOSE FRANCISCO ALVARADO ALVARADO

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado académico de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Noviembre del2013

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

|                              |    |
|------------------------------|----|
| PREFACIO .....               | 1  |
| RESUMEN EJECUTIVO .....      | 2  |
| INTRODUCCIÓN.....            | 4  |
| ANTECEDENTES.....            | 6  |
| MARCO TEORICO .....          | 7  |
| METODOLOGÍA .....            | 17 |
| RESULTADOS .....             | 20 |
| ANÁLISIS DE RESULTADOS ..... | 35 |
| CONCLUSIONES.....            | 48 |
| RECOMENDACIONES .....        | 49 |
| REFERENCIAS .....            | 50 |
| APENDICES .....              | 51 |



# Prefacio

En Costa Rica se han realizado muchos proyectos de construcción por medio de contrataciones a empresas privadas, como lo es el caso de FCC (Fomento de construcciones y contratas), la cual obtuvo la adjudicación para la construcción del proyecto de ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional número 1, Carretera Interamericana Norte, sección Cañas-Liberia, ubicado en la provincia de Guanacaste.

A la hora de realizar contratos de la magnitud e importancia como el antes mencionado, cualquier empresa que quiera verse beneficiada con la construcción de proyectos viales a nivel nacional, debe apegarse a los requerimientos que el gobierno, en este caso el Conavi (Consejo Nacional de Vialidad), imponga, para esto se realiza el cartel de contratación el cual se basa en las especificaciones técnicas descritas en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010), en este manual se incluye de forma general la manera en que deben realizarse los procesos constructivos involucrados en cualquiera que sea la obra civil vial que vaya a realizarse.

Además, en el CR-2010, también se incluyen las exigencias en cuanto a las características que deben cumplir los materiales utilizados para las obras, acabados, ensayos necesarios, límites aceptados en los resultados de los mismos y la frecuencia con que deben ser realizados, esto con el fin de controlar la calidad del producto final y asegurar que el país esté recibiendo eficacia en los trabajos por contrato que se adjudican.

Los trabajos realizados son aceptados por el Conavi cuando se asegura que cumplieron con las especificaciones, para esto el Consejo cuenta con una empresa inspectora, la cual se encarga de verificar y aceptar por medio de inspectores de campo, los avances y las obras menores que conforman el proyecto vial.

La empresa FCC, como empresa contratada para la realización del proyecto de

Ampliación y Rehabilitación la sección Norte de la Carretera Interamericana, se ha propuesto realizar los trabajos con altos controles de calidad, de esta manera, se pretende dar el mejor desempeño en las obras como lo son las losas de pavimento rígido.

De esta forma, surge el desarrollo del trabajo aquí expuesto, el cual analizará a fondo los requerimientos que indica el CR-2010 en su División 500: Pavimentos de Concreto Hidráulico para compararlo con lo que se desarrolla en el campo, de esta manera puede hacerse una evaluación a la calidad del producto a nivel interno de la empresa y exigida por el Conavi, obteniendo los datos necesarios a la hora de la elaboración y colocación del concreto y la colocación del acero para dovelas, así podrá verificarse la calidad de estas, esto por medio de listas de verificación y hojas de control para dar registro al seguimiento a lo largo del proceso constructivo.

Se agradece el apoyo de la Ing. Karla Quirós Chavarría, jefe del Departamento de Control de Calidad, al personal de FCC Construcción Costa Rica entre ellos Diego Núñez Gómez, asistente de Control de Calidad, también un agradecimiento al Ing. Guillermo Chavarría Bravo, Gerente General de los Laboratorios LGC y también a todo su personal por su gran ayuda y colaboración durante este proceso. Finalmente, mi más sincera gratitud al Ing. Sergio Fernández Cerdas M.Sc. por su apoyo, sus críticas constructivas y guía para la ejecución de este proyecto.

# Resumen Ejecutivo

La pavimentación utilizando concreto es una opción que tiene muchas ventajas como lo son:

- Ausencia casi total de trabajos de mantenimiento.
- Mantenimiento preventivo muy reducido y para tráficos muy bajos durante la vida de servicio, durante la vida de servicio.

El control de la calidad de los materiales y de la mezcla en sí, es la garantía de que las ventajas antes mencionadas se den y para que el pavimento de su máximo rendimiento, realizar este control implicó:

- Identificar las normas y las especificaciones que requieren los materiales por utilizar en la mezcla.
- Identificar las propiedades requeridas en la mezcla a la hora de su colocación,
- Elaborar tablas con los resultados de las propiedades de la mezcla y de los materiales utilizados.
- Elaborar gráficos de control para el manejo e interpretación de los datos recolectados.
- Elaboración de un manual para la construcción de pavimento rígido con la modalidad de formaleta deslizante.
- Elaborar listas de verificación para controlar el cumplimiento del proceso constructivo al igual que el de las propiedades de la mezcla de concreto.

El sistema de pavimentación con formaleta deslizante consiste en la utilización de una máquina pavimentadora, la cual avanza acomodando y perfilando las porciones de concreto que se descargan frente a ella. Por esta razón, el revenimiento del concreto debe ser bajo, para que, de esta forma, al avanzar la pavimentadora, el concreto mantenga la forma de

la formaleta deslizante y, de esta manera, alcance el espesor deseado.

La elección de los materiales para la elaboración de la mezcla de concreto se realiza evaluando las características de estos mediante pruebas de laboratorio, el resultado de estas pruebas determinará si un material, como lo son los agregados o el agua, puede o no ser aceptado.

Para la realización del proyecto se siguieron los siguientes pasos:

1. Se recolectó toda la información con respecto a la pavimentación bajo la modalidad de formaleta deslizante y las características de los materiales, contenidos en el CR-2010.
2. Se midieron y recolectaron las propiedades de los materiales y de la mezcla en el proyecto y se compararon con los requerimientos del CR-2010.
3. Observación de los procedimientos utilizados en la colocación del concreto al igual que los procedimientos posteriores a este.
4. Mediante los puntos 1 y 3 se efectuó el manual para la construcción de losas de concreto para pavimentos.
5. Se desarrollaron e implementaron listas de verificación para el proceso constructivo y para el control de las propiedades de la mezcla de concreto colocada.
6. Se visitó el proyecto ubicado en Guanacaste para una evaluación del estado de las losas colocadas durante el tiempo de estudio (mayo y junio), después de dos meses de su colocación, utilizando una hoja de control para tal fin.

El manual y las listas de verificación son una herramienta con la cual la empresa FCC podrá mejorar las actividades de control de calidad, lo que le permitirá incrementar la calidad del

producto final y disminuir pérdidas económicas para la empresa. Además de que podrá capacitar al personal de inspección para, así tener un mejor control de la calidad en lo referente a la colocación de concreto para pavimento rígido, no solo para este proyecto, sino también para otros venideros.

# Introducción

La zona de Guanacaste se encuentra en constante desarrollo, tanto turístico como comercial; esto conlleva al crecimiento de la población residente, visitante y consigo el aumento en el tránsito hacia esta zona tan importante para el país.

Para asegurar que el desarrollo de esta zona no se vea reducido o limitado, el Gobierno de Costa Rica dio inicio al proyecto de Ampliación y Rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, sección Cañas-Liberia, por ser de vital importancia para el desarrollo y mejora continua de la infraestructura de un país en vías de crecimiento comercial.

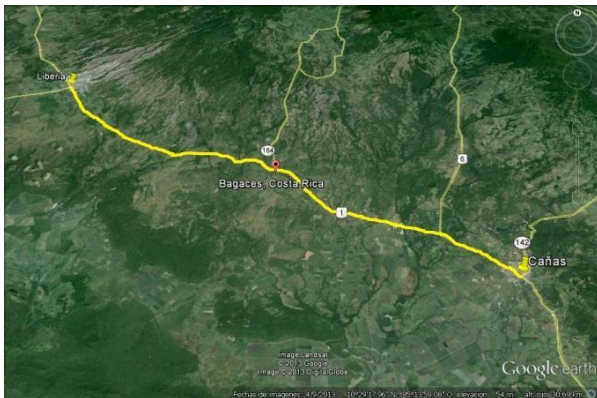


Imagen 1. Envergadura del proyecto, desde Cañas hasta Liberia. Fuente: Google Earth.

Por la envergadura de dicho proyecto, debe asegurarse el correcto seguimiento de las normas y especificaciones que rigen el proceso constructivo de las losas de concreto y colocación de las dovelas que conforman la estructura de pavimento rígido, así como definir los tipos de maquinaria por utilizar para un correcto proceso constructivo. Adicional a esto, deben considerarse factores asociados a los materiales que componen el concreto por utilizar, así como factores ambientales y climáticos que pueden influir en la temperatura de los agregados, el agua y del cemento a la hora de su mezclado y colocación.

Según datos obtenidos por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), la sección comprendida entre Cañas y Liberia, posee entre 4 y 17 días lluviosos por mes durante los meses del intervalo abril-julio, temperaturas que se elevan hasta alcanzar casi los 36°C en algunos casos y velocidades de viento de 11,5 km/h en promedio. Todos estos factores pueden afectar el proceso constructivo del concreto. Por este motivo, debe procederse de una manera adecuada y controlada, ya que este tipo de obras es más complicado en esta zona particularmente en comparación con otras regiones del país, en donde las condiciones climáticas no representan mayor amenaza. Por estas razones, se toman medidas para reducir la temperatura en la mezcla de concreto fresco, ya que si se chorrean las losas con temperaturas de la mezcla de más de 32°C, pueden suceder agrietamientos por contracción inesperados. Algunas de las medidas para contrarrestar, el incremento en la temperatura son el enfriamiento del agua por medio de Chiller, además de realizar los trabajos durante horas de la noche y madrugada, en donde la temperatura ambiente está en su punto más bajo.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, la empresa FCC Construcción Costa Rica encargada de la ejecución del proyecto de ampliación y rehabilitación, concuerda la importancia en asegurar los procesos constructivos adecuados para disminuir al máximo la posibilidad de aparición de defectos en las losas de concreto a corto plazo. Para este fin, se han desarrollado los siguientes objetivos:

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

## Objetivo General

Verificar la calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado del concreto durante los meses de mayo y junio, así como la colocación del acero de refuerzo de las losas del pavimento rígido, elaborado con agregado fino del río Tempisque y aruesos del taio el Pelón de la Bajura, en el proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, sección Cañas-Liberia, específicamente Bagaces-Liberia, para garantizar la calidad del producto final y disminuir el riesgo pérdidas económicas.

## Objetivos Específicos

- Comprobar las propiedades de los materiales por utilizar en la mezcla de concreto y las propiedades de resistencia de la misma para asegurar su calidad.
- Elaborar un manual en donde se muestren los requisitos por cumplir para la elaboración del concreto y el proceso por seguir para la colocación del pavimento rígido del proyecto, además de las actividades posteriores.
- Elaborar listas de verificación que permitan controlar la calidad de los procesos constructivos a la hora de su ejecución.
- Verificar que los procesos de colocación de la mezcla de concreto y las obras posteriores, así como las herramientas y maquinaria utilizadas en el proceso constructivo cumplan con los requisitos necesarios.
- Inspeccionar visualmente las losas de concreto de cemento Portland para verificar el estado de estas a corto plazo.

## Alcance y limitaciones

- El presente proyecto pretende realizar una herramienta sencilla para que el inspector o controlador del proceso constructivo de losas de pavimento rígido pueda obtener la información necesaria para llevar a cabo un control de la calidad del mismo.

- El proyecto no incluye la verificación del cumplimiento de las actividades en la planta de producción de concreto, pero si incluye la verificación de la calidad del concreto que esta produce.
- Solo incluye lo referente a construcción de pavimentos rígidos y no de las capas de sub-rasante o sub-base estabilizada.
- La verificación de las propiedades de los materiales y de la mezcla de concreto fueron realizadas con los datos brindados por FCC y por LGC, en algunos casos, los datos fueron escasos.
- Para la verificación de la razón de evaporación superficial del concreto, se tomaron medidas durante 10 días no consecutivos, y no durante la totalidad de días analizados en este proyecto.
- Los procesos de aserrado y sellado de las losas de concreto no pudieron ser verificadas en persona, ya que estas actividades fueron realizadas durante horas de la madrugada.
- Durante el periodo de análisis en el que se realizó el proyecto, solamente se colocó concreto en el tramo de Liberia-Bagaces, por lo que la totalidad de los datos para la verificación de las propiedades de la mezcla de concreto y la razón de evaporación superficial fueron obtenidos en este tramo, además debido a que no se pudieron visitar la totalidad de las chorreas solo se cuenta con la cantidad mostrada de datos, según lo afirmó el Ing. Luis Guillermo Chavarría Bravo, la razón de evaporación se mantuvo por debajo de  $1 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{-h})$  durante estos meses.
- Dado que no fueron provistos datos del contenido de aire del cemento hidráulico, no pudo analizarse si esta característica cumple con el requerimiento.

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

# Antecedentes

## Datos relacionados con la empresa<sup>1</sup>

FCC es una empresa que está presente a lo largo del territorio centroamericano y se describe a sí misma, como innovadora, pionera, además de buscar beneficios, progreso y crear valor con sus proyectos.

FCC Construcción de Centroamérica, S.A nació hace 15 años con una historia de éxito en diferentes países de Centroamérica, cuenta con certificación ISO 9001:2008, y es la única empresa de infraestructura con presencia regional.

## Información del proyecto de ampliación y rehabilitación



Imagen 2. Tramo por intervenir, Cañas-Liberia. Fuente: FCC

El proyecto se encuentra ubicado en la provincia de Guanacaste, entre las ciudades de Liberia, al norte y Cañas, al sur, pasando por Bagaces, pueblo el cual está entre las dos ciudades. En este pueblo se encuentra el plantel de la empresa FCC.

El contratante del proyecto es Conavi (Consejo Nacional de Vialidad), perteneciente al Gobierno de Costa Rica y lo financia por medio del BID (Banco Internacional de Desarrollo), el contratista es FCC (Fomento a la Construcción en Contrato) Construcción Costa Rica y la

inspección la realiza la empresa Cacisa (Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería).

El proyecto cuenta con la construcción de dos nuevos carriles y la sustitución de los dos existentes, mejorando la estructura existente con cemento, la carretera una vez finalizada constará de cuatro carriles de concreto y su longitud es de más de 50 km, poseerá retornos a lo largo de toda la carretera, puentes peatonales y puentes nuevos para el tránsito de vehículos, pasos subterráneos y aéreos para animales, contará, aproximadamente, con 25 km de aceras y ciclo vías, barreras tipo new jersey al centro de la calzada, entre otros aspectos.

La estructura de la nueva carretera estará formada por diferentes capas, la subrasante fue sustituida en no menos de 30 cm de espesor a lo largo de los dos nuevos carriles, sobre la subrasante se coloca una capa de 20 cm de subbase, seguido de esta capa se colocaran 20 cm de base estabilizada BE-35 (base estabilizada 35 kg/cm<sup>2</sup>) y por último sobre esta capa se encuentra la losa de concreto hidráulico la cual tiene un espesor de 25 cm.

<sup>1</sup><http://www.fcc-ca.com>

# Marco Teórico

## Tipos de pavimentos

Los pavimentos componen las vías de comunicación, por la cual se desplazan los vehículos todos los días, están formados por una o varias capas de material. Existen dos tipos de pavimentos: pavimentos flexibles y pavimentos rígidos. Dado el tema tratado en este trabajo se le dará mayor atención a los pavimentos rígidos.

### Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles o asfálticos cuentan con por lo menos una capa de rodadura bituminosa en su superficie, la cual está conformada por los agregados, el filler (polvo-piedra, el cual cumple la función de rellenar los espacios entre el agregado más grueso y un ligante, el cual cumple con la función de amarrar todos los componentes e incrementar la trabazón entre ellos. Este tipo de pavimentos está conformado por una serie de capas adyacentes de diferentes materiales como se muestra en la Figura 1, tiene la característica de que su resistencia a la deformación disminuye conforme disminuye la profundidad por las presiones transmitidas desde la superficie.<sup>2</sup>

### Pavimentos Rígidos

En este tipo de pavimentos la resistencia depende principalmente de la losa de concreto, la cual está conformada por los agregados (finos y gruesos) y el material aglutinante (se compone de agua y cemento Portland). Las capas que conforman el pavimento rígido pueden ser apreciadas en la Figura 2. **Sección transversal de la estructura de pavimentos rígidos.**

<sup>2</sup> Aseguramiento de la calidad en materiales para superficies de ruedo de pavimentos flexibles y rígidos en Costa Rica, p. 15

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

Sección Transversal:



Figura 1. Sección transversal de la estructura de pavimentos flexibles<sup>3</sup>.

Sección Transversal:

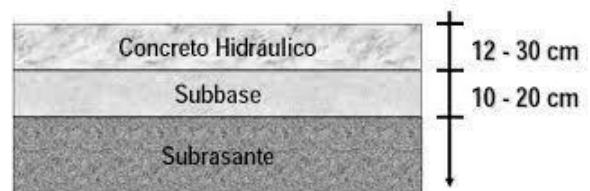


Figura 2. Sección transversal de la estructura de pavimentos rígidos<sup>4</sup>

### Materiales presentes en los pavimentos rígidos

Los pavimentos rígidos, como se mencionó anteriormente, están formados por diferentes materiales, los cuales al ser mezclados dan como resultado la losa la cual está destinada a actuar como superficie de ruedo. Entre estos factores se encuentran:

<sup>3</sup> Guía Sectorial: Pavimentos, Dirección de Inversión Pública del Ministerio de Economía de Buenos Aires, p. 8.

<sup>4</sup> Guía Sectorial: Pavimentos, Dirección de Inversión Pública del Ministerio de Economía de Buenos Aires. P. 10.

## Cemento

El cemento al entrar en contacto con el agua forma la pasta cementante, la cual endurece a causa de la reacción química que se provoca.

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

**Tabla 1.** Especificaciones para el cemento hidráulico.<sup>5</sup>

| 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      |

Es importante tomar en cuenta que el Reglamento técnico para cementos hidráulicos, RTCR 383: 2004 Cementos hidráulicos, es la norma que se debe cumplir en cuanto a la calidad de los cementos utilizados en el país.

Este reglamento se encarga de asegurar que en nuestro país se comercialicen cementos con la calidad necesaria para el uso humano, establece parámetros y especificaciones de calidad de los cementos hidráulicos y de sus componentes, sean estos producidos dentro del territorio nacional o fuera de él.<sup>6</sup>

Las siguientes tablas muestran los requisitos especificados en el RTCR 383 para cemento MP-AR (cemento de alta resistencia inicial).

**Tabla 2.** Requerimientos físicos del cemento<sup>7</sup>

| Requerimientos físicos                | MP-AR        |
|---------------------------------------|--------------|
| Expansión Autoclave                   | 0,80         |
| Tiempo de fragua                      | 45 - 420 min |
| Contenido de aire en el mortero       | 12 % máx.    |
| Resistencia a la compresión min, MPa  |              |
| 1 día                                 | 10           |
| 3 días                                | 17           |
| Expansión del mortero 14 días, máx. % | 0,02         |

**Tabla 3.** Requerimientos químicos<sup>8</sup>

| Requerimientos químicos           | MP-AR |
|-----------------------------------|-------|
| Oxido de magnesio (MgO), máx. %   | 6     |
| Azufre (SO <sub>3</sub> ), máx. % | 4     |

## Agregados

La importancia de utilizar el tipo y la calidad adecuados de agregados, no debe subestimarse pues los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente del 60 al 75% del volumen del concreto y del 70 al 85% en peso, e influyen, notablemente, en las propiedades del concreto recién mezclado y endurecido, en las proporciones de la mezcla y en la economía. En esto, radica la presencia de laboratorio para el diseño de la mezcla.<sup>9</sup>

El tamaño de las partículas y su naturaleza (forma, porosidad, textura, densidad, etc.) son características importantes que influyen en el comportamiento del concreto, de manera

<sup>5</sup>Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 647, Tabla 701-1.

<sup>6</sup> RTCR 383: 2004 Cementos hidráulicos. Especificaciones, p. 1.

<sup>7</sup> RTCR 383: 2004 Cementos hidráulicos. Especificaciones, Tabla N 1.

<sup>8</sup> RTCR 383: 2004 Cementos hidráulicos. Especificaciones, Tabla N 2.

<sup>9</sup> Pavimentos de concreto, Procedimientos para autoconstrucción, p. 12.



que afectan la trabajabilidad del concreto en su estado fresco.<sup>10</sup>

Como se mencionó anteriormente, los agregados se dividen en dos grupos: finos y gruesos.

### Finos (Arenas)

Por lo general, tiene 5 mm como tamaño máximo de partículas y no debe estar contaminado con otro tipo de materiales. También, puede llamarse agregado fino al material que pase por la malla n°4

El agregado fino deberá cumplir con los siguientes requisitos.

**Tabla4.** Graduación de agregado fino para mezclas de concreto hidráulico para pavimentos.<sup>11</sup>

| Tamiz           | % por peso que pasa por los tamices de malla cuadrada (AASHTO T-27 y T-11) |
|-----------------|--|
| 9,5 mm          | 100  |
| 4,75 mm (N° 4)  | 95 - 100   |
| 1,18 mm (N° 16) | 45 - 80 (4)  |
| 300 µm (N° 50)  | 10 - 30 (3)  |
| 150 µm (N° 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 N° 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).

### Gruesos (Grava)

Los agregados gruesos o gravas, a diferencia de los finos, son los retenidos en la malla n°4, estos por lo general, tienen un tamaño máximo de 38

<sup>10</sup> Pavimentos de concreto, Procedimientos para autoconstrucción, p. 12.

<sup>11</sup>Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010). Pág. 374, tabla 501-3

mm, ya que este tamaño aporta ventajas en cuanto al manejo de la mezcla en estado fresco y en la economía.

Al igual que el agregado fino, las gravas deben estar libres de cualquier contaminación, ya sea por material orgánico o por arcillas.

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

**Tabla5.** Graduación de agregado grueso para mezcla de concreto hidráulico para pavimentos.<sup>12</sup>

| 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 (N° 4) | 0 - 10 (5)   | 0 - 10 (5)  |
| 2,36 mm (N° 8) | 0 - 5 (4)  | 0 - 5 (4)   |

Además debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Pérdida por abrasión, AASHTO T-96(50% máximo).
- 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 n° 4, 50% mínimo).
- Porcentaje que pasa por el tamiz n° 200, AASHTO T-11(1% máximo).
- Contenido de arcilla y partículas friables AASHTO T-112 (3% máximo).

### Agua

El agua utilizada para la fabricación y el curado del concreto debe estar limpia y libre de impurezas, que no contenga color ni olores extraños, con calidad de potable, de otra forma,

<sup>12</sup>Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 374, Tabla 501-2.

el acabado final puede verse perjudicado,<sup>13</sup> que cumpla con la norma AASHTO T-26.

Cuanta menos agua se utilice en la mezcla mejor será la calidad de esta, la reducción del agua puede afectar en la resistencia a la compresión y a la flexión del concreto, en su adherencia, con el acero de refuerzo, a la variación de sus dimensiones por humedecimiento y secado y los agrietamientos por contracción, resistencia al intemperismo y permeabilidad.<sup>14</sup>

### **Aditivos**

Los aditivos para el concreto hidráulico son sustancias químicas que se utilizan a la hora de querer alterar las propiedades de la mezcla, como, por ejemplo, trabajabilidad, tiempo de fraguado, evaporación del agua superficial, contenido de aire, entre otras.

Existen tres criterios básicos que deberán tomarse en cuenta en el momento de utilizar aditivos:

- ❖ La adición de aditivo a la mezcla deberá lograr el objetivo buscado sin alterar su proporcionamiento básico.
- ❖ Su empleo estará justificado desde el punto de vista económico.
- ❖ Se investigará que el producto no tenga efectos nocivos en la mezcla, tanto de forma inmediata como a largo plazo.<sup>15</sup>

Podrán usarse aditivos de reconocida calidad, para modificar las propiedades del concreto, para 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 la subsección 711 del CR-2010.<sup>16</sup>

**Subsección 711.03 (Aditivos químicos):** Deben proveerse 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.<sup>17</sup>

A continuación se indican los tipos de aditivos que competen al proyecto, según la norma ASTM C 494 equivalente a la AASHTO M 194:

- Tipo A: Reductores de agua.
- Tipo B: Retardantes de fraguado.
- Tipo D: Reductores de agua y retardantes.

## **Concreto Hidráulico**

Al mezclar de forma controlada los factores explicados anteriormente puede producirse el concreto hidráulico, el cual en el momento de su colocación, es fácil de manipular y puede moldearse, ya que está en un estado plástico, al entrar en la etapa de fraguado comienza a ganar resistencia y a endurecer hasta que se llega a comportar como una roca y puede mantener su forma, al alcanzar este estado puede ser retirado el molde.

La mezcla de concreto debe cumplir con resistencias a los 28 días como se muestra en la siguiente tabla.

---

<sup>13</sup> Pavimentos de concreto, Procedimientos para autoconstrucción, p. 13.

<sup>14</sup> Pavimentos de concreto, Procedimientos para autoconstrucción, p. 13.

<sup>15</sup> Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos, p. 12.

---

<sup>16</sup> Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 375.

<sup>17</sup> Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 693.

**Tabla 6.** Requisitos del concreto hidráulico para pavimentos.

| Relación agua/cemento (Máxima) | Temperatura del concreto | Revenimiento AASHTO T-119 | Contenido de aire (%) AASHTO T-152 | Resistencia a la compresión, 28 días (Mínimo) AASHTO T-22 | Resistencia a la flexotracción, 28 días (Mínimo) AASHTO T-97 |
|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------------|---|--|
| 0,49                           | 22 ± 10 °C               | 5 ± 2,5 cm                | 4,5 máx.                           | 255 kg/cm <sup>2</sup> (25 MPa)                           | 45 kg/cm <sup>2</sup> (4,5 MPa)                              |

## Fabricación del concreto

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 debe tenerse 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.<sup>18</sup>

Si se espera que la tasa de evaporación del agua de la mezcla ya colocada sobrepase 1 kg/m<sup>2</sup>/h deberán seguirse las siguientes indicaciones:

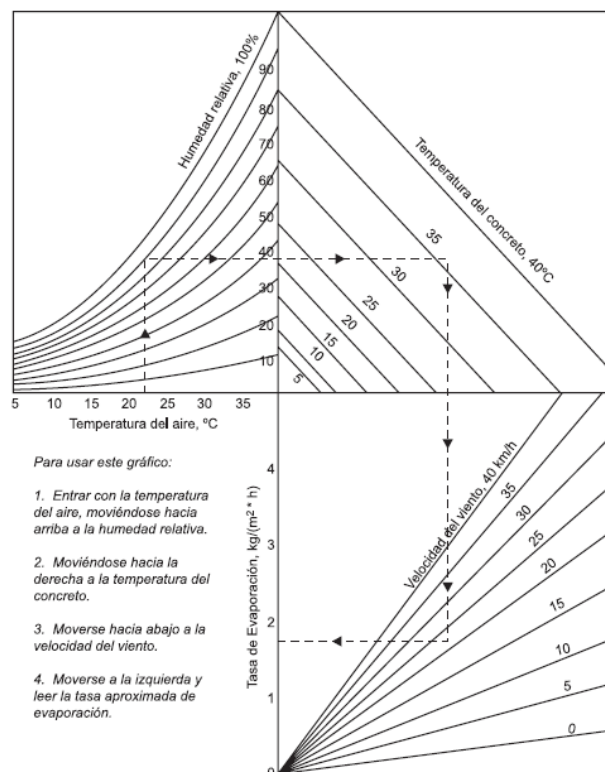
- Colocar cortavientos o cerramientos para reducir la velocidad del viento, aprobado por el ingeniero.

<sup>18</sup>Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 376.

- 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.

La tasa de evaporación se mide con el siguiente nomograma:

**Nomograma 1.** Razón de evaporación de humedad superficial.<sup>19</sup>



<sup>19</sup>Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 377, Figura 501-01.

## Requisitos para la construcción

Antes de producir el concreto hidráulico, someter las proporciones propuestas de concreto para aprobación y como mínimo debe incluir:

- ✓ Tipo y fuente de todos los materiales propuestos a ser usados.
- ✓ Certificación de calidad de todos los materiales propuestos.
- ✓ Masa saturada superficie seca, de todos los agregados finos y gruesos, por metro cúbico de concreto.
- ✓ Graduación de los materiales, gruesos y finos.
- ✓ Masa del agua de la mezcla, por metro cúbico de mezcla.
- ✓ Masa de cemento, por metro cúbico de concreto. Puzolanas, cenizas, escorias de altos hornos, vapores de sílice que pueden presentarse por cemento.
- ✓ Contenido de aire en la mezcla del concreto, en porcentaje por volumen.
- ✓ Revenimiento máximo del concreto plástico, en milímetros.<sup>20</sup>

La resistencia del concreto por utilizar en los pavimentos de concreto hidráulico será su resistencia a la flexotracción (módulo de ruptura), establecida en los planos o en las especificaciones especiales; en ningún caso, podrá ser menor de 45 kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia se verificará con especímenes (4 mínimo) moldeados durante el colado del concreto, correspondientes a vigas estándar compactadas, curadas y ensayadas. Deberán, también, moldearse especímenes (4 mínimo) para el control de la resistencia a la compresión del concreto.

## Colocación del concreto<sup>21</sup>

Para empezar a colocar el concreto hidráulico deberá humedecerse previamente, la superficie

---

<sup>20</sup> Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 529.

<sup>21</sup> Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 378.

para evitar la pérdida por absorción del agua de mezclado.

El concreto deberá ser extendido, enrasado y compactado con equipo diseñado para distribuir y compactar el concreto en forma uniforme, de manera que el pavimento quede acabado con un mínimo de trabajo manual, en los anchos espesores, pendientes transversales y longitudinales.

Cada vez que deba detenerse la colocación durante más de 30 minutos, deberá realizarse una junta de construcción, que coincida con una junta de contracción

La pavimentación deberá avanzar de forma continua, para lo cual todas las operaciones de mezclado, transporte, colocación, extendido y compactación del concreto deberán coordinarse de manera que permitan un avance uniforme, y se reduzcan al mínimo las paradas.

## Pavimentación con equipo de moldes deslizantes

Los moldes deslizantes tendrán las dimensiones, formas y características adecuadas al espesor del pavimento.

La guía de estos equipos deberá garantizar que no existan desviaciones superiores a 30 mm respecto del eje del camino en el sentido horizontal.

Los vibradores podrán estar montados con sus ejes paralelos o normales al eje del camino, el espaciamiento entre unidades es de 0,75 m y 0,15 m, respectivamente. Estos deben operar dentro del concreto fresco y en posición que se garantice la adecuada vibración de toda la masa de concreto sin generar segregación.

Si la pavimentadora es detenida, los vibradores deberán detenerse de inmediato mediante un interruptor automático.

El concreto no deberá ser colocado cuando se considere que cualquier combinación de temperatura del aire, humedad relativa, la temperatura del concreto y la velocidad del viento en toda el área de colocación, pueda resultar en una tasa de evaporación mayor de 1 kilogramo por metro cuadrado por hora.

## Acabado de la superficie<sup>22</sup>

El macro texturizado de la superficie del concreto consistirá en lograr un estriado transversal, que tenga una profundidad entre 3 y 6 mm, espaciadas no más de 19 mm. La superficie deberá quedar exenta de áreas ásperas, porosas, irregulares y sin depresiones, con un acabado parejo y uniforme.

## Dispositivos para transferencia de cargas<sup>23</sup>

Salvo que las dovelas o barras para transferencia de cargas se introduzcan por vibración en el pavimento mediante máquinas adecuadas para ello, estos pasadores deberán colocarse con anterioridad al vertido del concreto, sobre canastas de varillas metálicas, suficientemente sólidas y con uniones soldadas que se fijarán a la base de una manera sólida, mediante anclajes u otros dispositivos de fijación.

Las dovelas se colocarán paralelas entre sí y al eje de la calzada, en la ubicación que se tenga prevista para la junta transversal, de acuerdo con lo que establezcan los planos del proyecto. Deberá dejarse una referencia precisa que defina esa posición a la hora de completar la junta.

Para evitar que el concreto se adhiera, la mitad de cada dovola deberá estar recubierta con una capa de algún elemento o sustancia lubricante, que impida la adherencia entre el acero y el concreto.

Deberá colocarse un manguito, camisa, tubo de expansión o capuchón en el extremo pintado de cada dovola utilizada en las juntas de contracción. Estos manguitos o camisas deberán meterse ajustadamente en la barra, y el extremo cerrado deberá ser impermeable.

---

<sup>22</sup>Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 380.

<sup>23</sup>Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 382.

## Curado del concreto<sup>24</sup>

Deberá realizarse inmediatamente después del acabado final, cuando el concreto comience a perder su brillo superficial, se aplicará una membrana de curado a razón de 1 l/m<sup>2</sup>, su aplicación se realizará con irrigadores mecánicos a presión o por medio de aspersores manuales que garanticen la aplicación de la membrana en todas las caras expuestas de la losa.

Cuando se presenten vientos fuertes rasantes, combinados o no con altas temperaturas ambientales, deberá proveerse una segunda capa de membrana de curado, posterior al texturizado transversal.

## Curado con productos químicos que forman una película impermeable

Deberán aplicarse inmediatamente, después de que hayan concluido las labores de colocación y acabado del concreto y el agua de la superficie haya desaparecido por completo. Sin embargo, bajo condiciones ambientales adversas (altas temperaturas, lluvia, fuertes vientos), el producto deberá emplearse antes de cumplirse dicho plazo.

## Juntas<sup>25</sup>

Después de curado el concreto, se procederá al corte de las juntas transversales y longitudinales, con discos abrasivos de diamante. El corte deberá comenzar por las juntas transversales de contracción, y después continuar con las longitudinales. Deberá realizarse en el punto medio de la junta, con una tolerancia máxima de un 5% de la longitud de la barra, cuando existan, 0 ± 5 cm, cuando no existan. Las juntas se protegerán contra la intrusión de material extraño perjudicial, hasta el momento de su sellado.

---

<sup>24</sup>Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 380.

<sup>25</sup>Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 381.

## Sellado de Juntas<sup>26</sup>

Previo al sellado, todas las juntas deberán aserrarse de manera que formen en su parte superior, una caja del ancho y profundidad establecidos en planos. Así mismo, para las juntas longitudinales de construcción y contracción, una vez formada la caja se limpiará la caja de desechos en toda su longitud y profundidad, para luego barrer con escobilla de acero y terminar con un soplado con aire “comprimido”, asegurándose de que el aire esté libre de aceite.

En el fondo de la caja se colocará un respaldo de características adecuadas y que quede perfectamente, ajustado dentro de la caja, no debe adherirse al sello, el respaldo debe ser ligeramente más ancho que la caja, y deberá quedar perfectamente alineado a la profundidad establecida, sin pliegues o curvaturas. El mezclado o preparación de las mezclas de sellado deberán efectuarse con equipos mecánicos adecuados, la mezcla y homogenización de productos líquidos deberán efectuarse con equipos mecánicos de agitación, los calentadores deberán contar con controles de temperatura, el vaciado será uniforme y continuo por medio de equipos para tal fin, sin dejar espacios sin rellenar. La profundidad del sellado será como mínimo el ancho de la caja y se rellenarán exclusivamente las áreas requeridas, entre 4 y 5 mm por debajo de la superficie del pavimento, se sellará cuando la temperatura este entre 10 y 30°C. Los sellos estarán asegurados con un adhesivo lubricante, se instalarán en estado “comprimido” y se colocarán, aproximadamente, 6 mm por debajo de la superficie del concreto.

---

<sup>26</sup>Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), p. 383.

## Deterioros en losas de concreto de pavimento rígido<sup>27</sup>

Las siguientes son posibles deterioros que se presentan en las losas de concreto destinadas al uso como pavimentos rígidos, ya sea por el tránsito de los usuarios o por falta de calidad en los materiales utilizados.

### ➤ 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.

### ➤ 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.

### ➤ 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

---

<sup>27</sup> Deterioro de pavimentos rígidos, metodología de medición, posibles causas y reparaciones, p. 21 a la p. 35.

favorece que se produzcan altas deflexiones en las esquinas de la losa.

### ➤ **Fisuras en bloque**

Las fisuras de este tipo dividen una porción de la losa en bloques menores a 1 m<sup>2</sup>.

Entre las posibles causas están:

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

### ➤ **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.

### ➤ **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.

### ➤ **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.

### ➤ **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).

### ➤ **Deficiencias en el 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.
- Escasez o ausencia del material de sello.
- Material de sello inadecuado.

### ➤ **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 sino que interseca 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 por un sobre acabado.

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

- Deficiente diseño y/o construcción de los sistemas de transferencia de carga.
- Acumulación de agua a nivel de las juntas

➤ **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.



# Metodología

## ✓ **Recolección de información**

Para la realización del presente proyecto fue necesario reunir información para conocer los requisitos que se exigen en los procesos constructivos de fabricación, colocación y curado de las losas de concreto hidráulico que componen el pavimento rígido.

La información necesaria para evaluar los procesos antes mencionados fue obtenida de la Sección 500 del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010) y el Reglamento técnico de Costa Rica, mediante consultas a la Ingeniera Karla Quirós Chavarría, Jefe de calidad de la empresa FCC, sucursal Costa Rica, y a el Ing. Luis Guillermo Chavarría Bravo, Gerente General de los Laboratorios LGC.

## ✓ **Comprobación de las propiedades de los materiales y las propiedades de la mezcla.**

Una vez realizada la recolección de información se procede al análisis y comparación de los resultados de los ensayos aplicados a los materiales y a la mezcla con los requerimientos especificados en el CR-2010, todo lo referente a estos resultados fue brindado por el Laboratorio LGC Ingeniería de Pavimentos y por medio de consultas al Ing. Luis Guillermo Chavarría Bravo.

Los ensayos para el agregado grueso y el agregado fino, así como los ensayos realizados a los cilindros y las vigas para verificar las resistencias de compresión y flexotracción,

respectivamente, fueron realizados en las instalaciones de LGC por su personal de laboratorio, siguiendo las normas AASHTO respectivas, estos resultados fueron facilitados por el Ing. Luis Guillermo Chavarría.

La verificación de la calidad de los materiales y las propiedades de la mezcla de concreto se realizó mediante el uso de gráficos de control, estos gráficos permiten establecer fronteras llamadas LCS (Límite de Control Superior), LC (Línea Central, la cual representa el promedio de los datos o el valor óptimo esperado) y LCI (Límite de Control Inferior), de esta manera pudo apreciarse la variación de los resultados a lo largo del tiempo de los ensayos de compresión y flexotracción, entre otros. A continuación se presenta un ejemplo de gráficas de control.

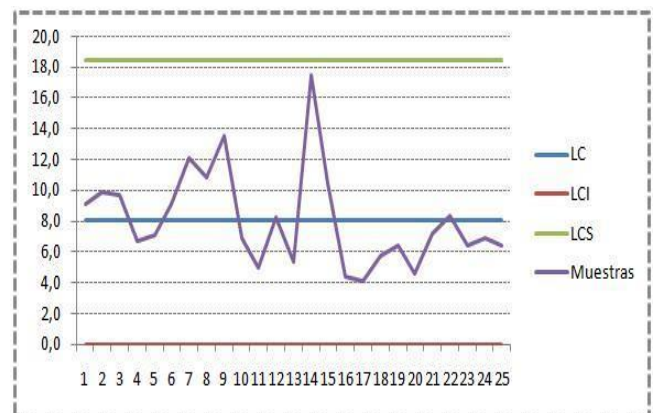


Imagen 3. Ejemplo de gráfico de control<sup>28</sup>.

A continuación se muestra un cuadro resumen con la norma especificada para cada prueba y un pequeño resumen de la misma.

<sup>28</sup><http://7herramientasfatima.galeon.com/grafikcontrol.htm>

**Tabla7.** Norma especificada que debe cumplir cada material analizado en el laboratorio y descripción de la norma

| Norma   | Descripción de la norma   |
|---|---|
| ASHTO Especificaciones estándar para cemento Portland.  | M-85 el 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 que 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 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 hay presentes en la muestra de agregado, además del equipo a utilizar y la preparación de la  |
| 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, 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.

## ✓ Verificación de la razón de evaporación superficial

Para determinar la razón de evaporación superficial debe estimarse la humedad relativa, la temperatura ambiente y la velocidad del viento. Las Imágenes 1 y 2 ilustran el equipo utilizado para dicha estimación.

- 1) Higrómetro digital.



**Imagen 4.** Higrómetro digital para medición de humedad relativa y temperatura.

- 2) Anemómetro digital.



**Imagen 5.** Anemómetro digital para medición de la velocidad del viento.

## ✓ **Elaboración del manual y listas de verificación**

El manual para la colocación de pavimentos rígidos mediante formaleta deslizante se elaboró tomando como principal referencia las indicaciones del CR-2010 y el programa de puntos de inspección, además se realizaron visitas al sitio, de esta manera, se pudieron reconocer los puntos a inspeccionar y los cuidados que se deben de tener en cada paso del proceso constructivo, también se realizaron consultas al Ing. Salvador Carranza, Jefe de Pavimentos de la empresa FCC.

Para conocer los datos que son relevantes para verificar la calidad de la mezcla de concreto se consulta el CR-2010, en donde se indican las principales características por tomar en cuenta a la hora de la colocación de la mezcla; además, mediante reuniones e indicaciones de la Ing. Karla Quirós, pudo definirse el contenido y el formato necesario para dicha hoja.

Para la verificación del proceso constructivo se realizó la Ficha de Control de Ejecución del Pavimento de Concreto Hidráulico mostrada en el Apéndice 11, la cual se realizó, basándose en el Programa de puntos de inspección (PPI) proporcionado por la Ing. Karla Quirós, ver Apéndice 13, igualmente fue facilitado el formato requerido para la elaboración de la hoja de control y la lista de verificación para los deterioros en el pavimento rígido.

Esta última se realizó con la información obtenida del texto Deterioro de pavimentos rígidos, metodología de medición, posibles causas de deterioro y reparaciones, elaborado por el Ing. Luis F. Altamirano Kauffmann en el año 2007.

## ✓ **Verificación del proceso constructivo, maquinaria y herramientas**

Una vez realizadas la lista de verificación y la hoja de control, las mismas fueron implementadas durante los meses de mayo y junio para verificar el proceso constructivo.

Dado que las máquinas como lo son: vagonetas, pavimentadora, texturizadora y

cortadoras, se mantuvieron sin cambios se realizó inspección visual y se consultó con el Ing. Salvador Carranza acerca del cumplimiento de estas con respecto a lo exigido en el CR-2010, además mediante visitas al sitio de colocación y a la planta de producción del concreto pudo verificarse si se cumplían o no las especificaciones referentes a la maquinaria utilizada.

La colocación del concreto pudo verificarse en las visitas que se realizaron al sitio de las obras; además, mediante el uso de los documentos confeccionados para la realización del proyecto, el inspector de la empresa FCC pudo utilizar las listas de verificación durante la totalidad de las chorreas, los resultados de las listas fueron facilitados después de realizadas las chorreas durante los meses de mayo y junio.

## ✓ **Verificación de la colocación del acero, del texturizado, aserrado y sellado de las juntas**

Una vez más las visitas al sitio y los criterios contenidos en el CR-2010 fueron las herramientas para la realización de la verificación, en este caso de la colocación del acero y las actividades posteriores a la colocación del concreto.

Al implementar la lista de verificación del pavimento de concreto hidráulico, pudo darse seguimiento a las tareas mencionadas anteriormente y, de esta manera obtener los resultados de dicha lista día con día.

## ✓ **Evaluación del estado de las losas**

Para realizar la evaluación de las losas de concreto se realizó una visita dos meses después de la colocación de estas para verificar su estado.

La visita al sitio consistió en una inspección visual de las losas, inspección visual en las juntas, búsqueda de agrietamientos o defectos mediante el uso de la lista de verificación mostrada en el Apéndice 12 para evaluar la calidad del producto final.

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

# Resultados

## Comprobación de las propiedades

Para asegurar que la fabricación de la mezcla de concreto hidráulico por utilizar en las losas sea la especificada, debe analizarse cada uno de sus componentes, es decir, se analizan las propiedades de los agregados finos y gruesos, aditivos (en caso de que se utilicen), agua y cemento Portland.

### Aditivos

Para este proyecto se utilizan aditivos como el Sikament-195, el cual es un reductor de agua de rango medio, plastificante y de corto retardo de fraguado con exclusión de aire, posee las siguientes características:

- Aumenta las resistencias mecánicas.
- Permite acabados superficiales de alta calidad.
- Permite mayor adherencia al acero de refuerzo.
- Reduce la permeabilidad.
- Puede redosificarse en obra para facilitar la colocación y/o bombeo del concreto sin afectar los tiempos de fraguado.
- Cumple con la norma ASTM C494, la cual equivale a la AASTHO M 194.

También, se utiliza Plastocrete 935, el cual es un reductor de agua, plastificante, y retardante controlado de fraguado para concreto.

Entre sus características se encuentran:

- Aumenta la trabajabilidad y plasticidad del concreto.
- Permite reducir hasta el 10% de agua de mezclado.

- Permite el transporte del concreto a largas distancias o por tiempos prolongados.
- Permite tener retardos de fraguado controlados.
- Además, cumple con la norma ASTM C 494, que es equivalente a la AASHTO M 194.

Ambos aditivos son fabricados por la empresa Sika, las fichas técnicas pueden observarse en el Apéndice 88 y en el Apéndice 99.

### Cemento hidráulico

El cemento utilizado en la mezcla tiene el nombre de MP-AR de Cemex, que se comercializa en el país, Cemex realiza las pruebas al cemento tanto químicas como físicas, los resultados de estas pruebas se muestran en las siguientes tablas.

**Tabla 8.** Resultados de las pruebas de composición química del cemento hidráulico MP-AR

| Componentes del cemento | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | Especificación RTCR 383 |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------|
| MgO                     | 1,02%     | 1,01%     | 1,01%     | 1,01%     | 6% máx.                 |
| SO <sub>3</sub>         | 2,14%     | 3,03%     | 3,03%     | 3%        | 4% máx.                 |

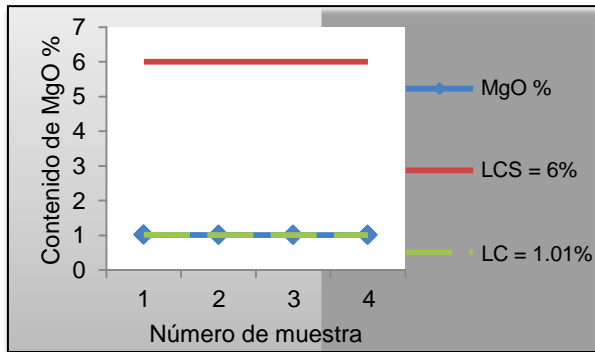
A continuación se muestran los gráficos de control para el análisis de los datos mostrados en la Tabla 8.

Se le recuerda al lector:

LC: Línea central, la cual representa el promedio

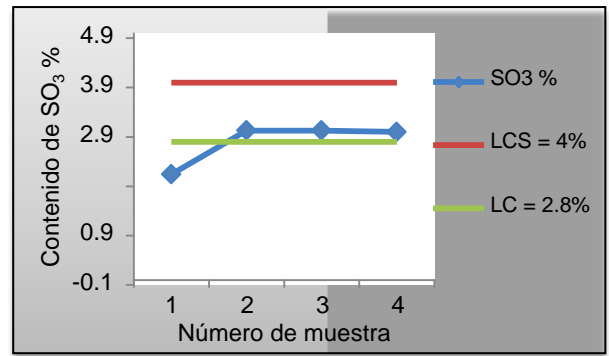
LCI: Línea de control inferior.

**Gráfico 1.** Gráfico de control para el porcentaje de óxido de magnesio presente en el cemento (MgO).



Desviación estándar,  $S = 0\%$  (dado que los cuatro valores son iguales)

**Gráfico 2.** Gráfico de control para el porcentaje de trióxido de azufre presente en el cemento (SO<sub>3</sub>).

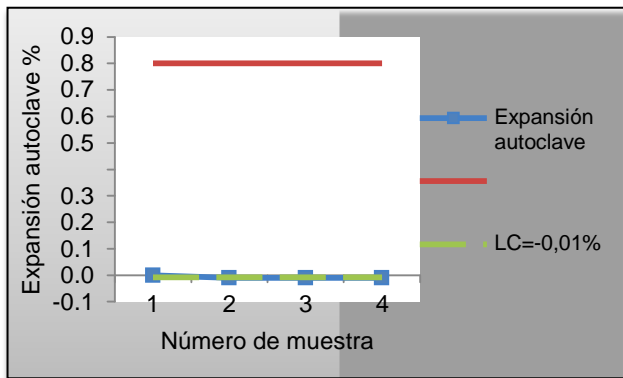


Desviación estándar,  $S = 0,44\%$ .

**Tabla 9.** Resultados de las pruebas de las propiedades físicas del cemento hidráulico MP-AR.

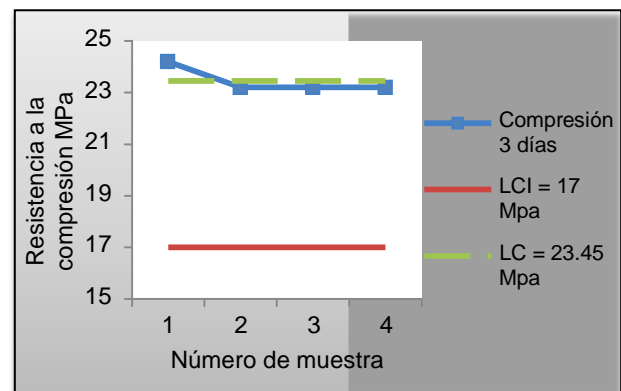
| Propiedades físicas del cemento | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | Especificación RTCR 383 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------|
| Contenido de aire (%)           | No indica | No indica | No indica | No indica | 12% máx. Opcional.      |
| Finura (m <sup>2</sup> /kg)     | 95,1      | 94,3      | 94,3      | 94,3      | Debe ser reportado.     |
| Expansión autoclave (%)         | 0         | -0,01     | -0,01     | -0,01     | 0,8% máx.               |
| Compresión 1 día                | 14,1 MPa  | 13.5 MPa  | 13.5 MPa  | 13.5 MPa  | 10 min.                 |
| Compresión 3 días               | 24,2 MPa  | 23.2 MPa  | 23.2 MPa  | 23.2 MPa  | 17 min.                 |
| Tiempo de fraguado (min)        | 194       | 196       | 195       | 194       | 45 - 420                |

**Gráfico 3.** Gráfico de control para el porcentaje de expansión autoclave del cemento.



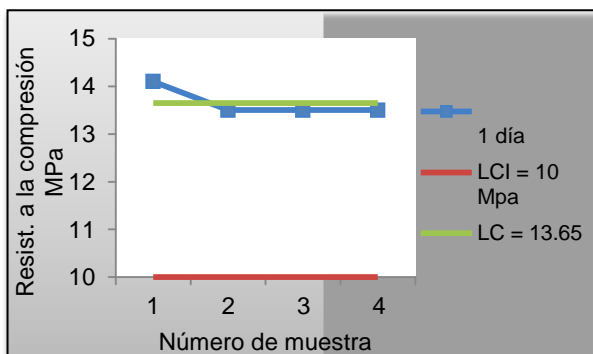
Desviación estándar,  $S = 0,005\%$ .

**Gráfico 5.** Gráfico de control para la resistencia a la compresión a los 3 días del cemento hidráulico.



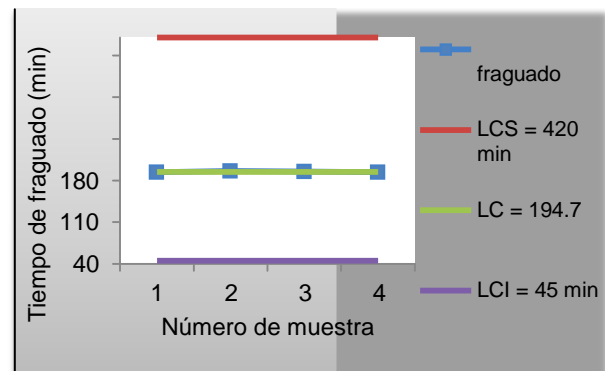
Desviación estándar,  $S = 0$  MPa.

**Gráfico 4.** Gráfico de control para la resistencia a la compresión a 1 día del cemento hidráulico.



Desviación estándar,  $S = 0,58$  MPa.

**Gráfico 6.** Gráfico de control para el tiempo de fraguado del cemento.



Desviación estándar,  $S = 1$  min.

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

## Agua

El agua que se utiliza para la mezcla de concreto hidráulico es tomada del plantel de producción de concreto ubicado en el plantel de Concrepal, Pijje. Mediante análisis químico por parte de Aqylasa se comprobó su pureza para ser utilizada en la elaboración del concreto. Los valores obtenidos en dicha prueba son los siguientes.

**Tabla 10.** Resultados del análisis químico efectuado por Aqylasa.

| Parámetro analizado                         | Valor     | Especificación CR-2010 |
|---|-----------|------------------------|
| pH  | 7,0 ± 0,1 | -                      |
| Alcalinidad total (mg/L)                    | 68 ± 3    | 600 máx.               |
| Acidez (mg/L)                               | 13 ± 1    | -                      |
| Sólidos totales y materia inorgánica (mg/L) | 104 ± 3   | 50000 máx.             |

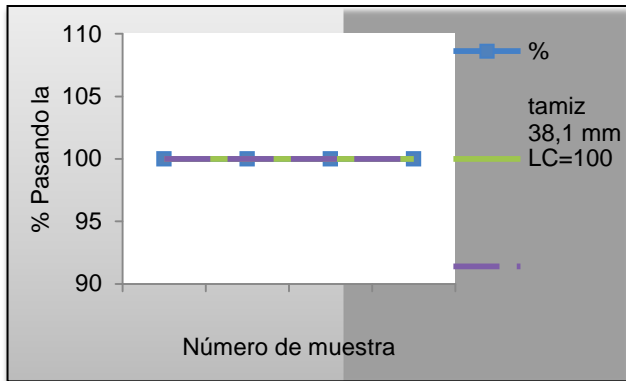
## Agregado grueso

El agregado grueso es extraído del Tajo El Pelón de la Bajura, se utilizó una combinación de dos muestras para la mezcla utilizada actualmente, la primera (muestra n° 01-2234-13) con agregado intermedio (30%) y la segunda (muestra n° 01-2235-13) con agregado grueso (70%), al realizar el ensayo de granulometría se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 11.** Propiedades granulométricas del agregado grueso del tajo el Pelón de la Bajura.

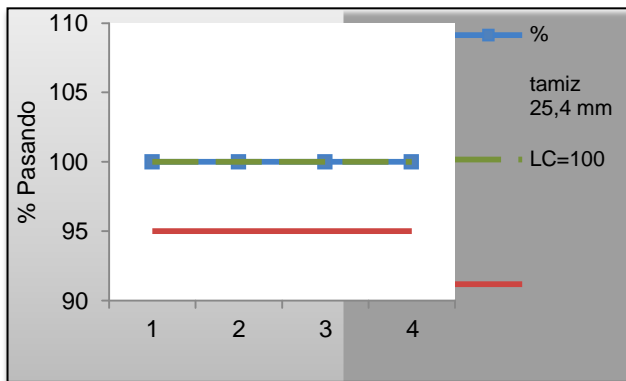
| Tamiz                 | % Pasando Muestra 1 | % Pasando Muestra 2 | % Pasando Muestra 3 | % Pasando Muestra 4 | Requerimiento CR-2010 (%) |
|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| 38,1 mm               | 100                 | 100                 | 100                 | 100                 | 100                       |
| 25,4 mm               | 100                 | 100                 | 100                 | 100                 | 95-100                    |
| 12,7 mm               | 44                  | 43                  | 43                  | 31                  | 25-60                     |
| N° 4 (4,75 mm)        | 4                   | 2                   | 2                   | 2                   | 0-10                      |
| N° 8 (2,36 mm)        | 2                   | 1                   | 1                   | 1                   | 0-5                       |
| Tamaño máximo nominal | 25,4 mm             | 25,4 mm             | 25,4 mm             | 25,4 mm             | 38 mm recomendado         |

**Gráfico 7.** Gráfico de control para el porcentaje pasando la malla de 38,1 mm.



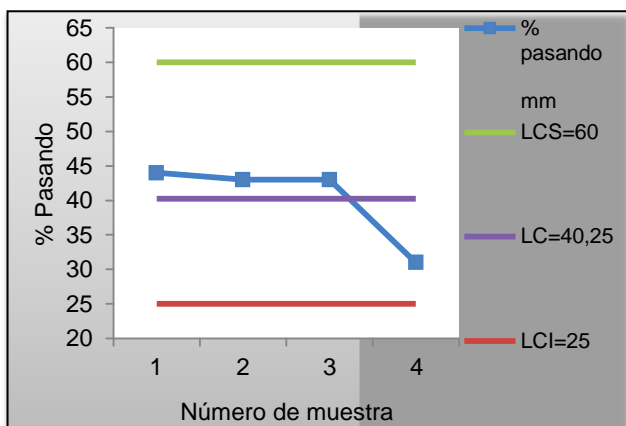
Desviación estándar,  $S = 0 \%$ .

**Gráfico 8.** Gráfico de control para el porcentaje pasando la malla de 25,4 mm.



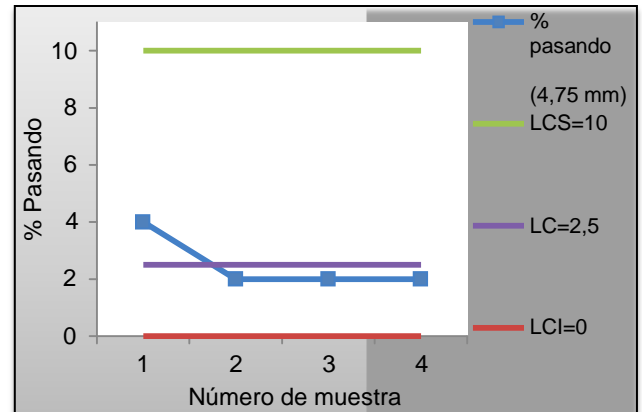
Desviación estándar,  $S = 0 \%$ .

**Gráfico 9.** Gráfico de control para el porcentaje pasando el tamiz de 12,7 mm.



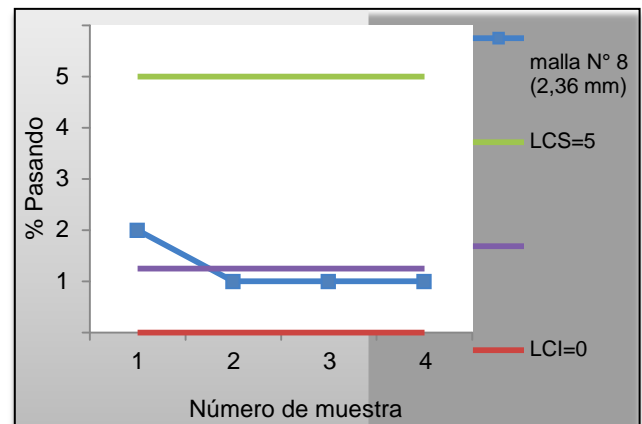
Desviación estándar,  $S = 6,18 \%$ .

**Gráfico 10.** Gráfico de control para el porcentaje pasando la malla 4.



Desviación estándar,  $S = 1 \%$ .

**Gráfico 11.** Gráfico de control para el porcentaje



Desviación estándar,  $S = 0,5 \%$ .

Además de la granulometría, fueron analizadas resultados se muestran en la siguiente tabla.

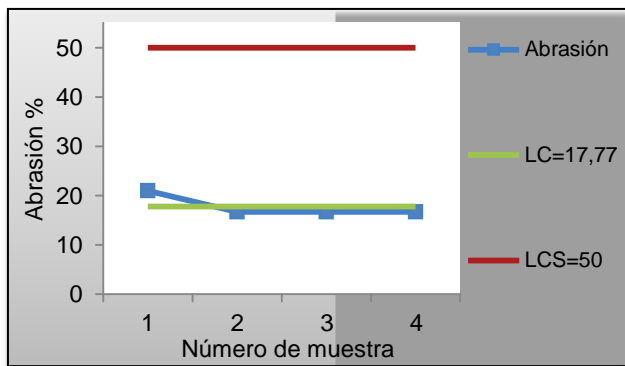
**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**



**Tabla 12.** Resultados de las pruebas a las que se sometieron las muestras de agregado grueso del tajo el Pelón de la Bajura.

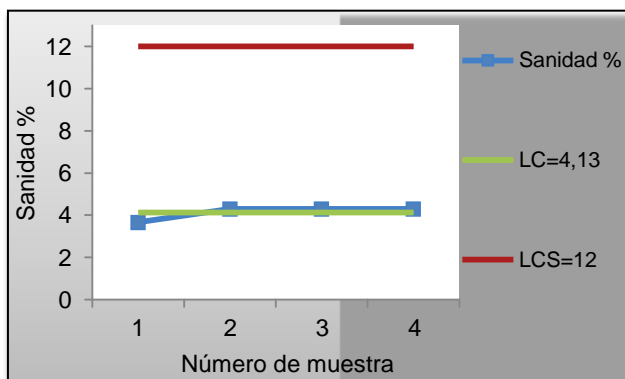
| Prueba  | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | Requerimiento CR-2010 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| <b>Abrasión</b>                                   | 21,00%    | 16,70%    | 16,70%    | 16,70%    | 50% máx.              |
| <b>Sanidad</b>                                    | 3,65%     | 4,29%     | 4,29%     | 4,29%     | 12% máx.              |
| <b>Partículas con una o más caras fracturadas</b> | 100%      | 100%      | 100%      | 100%      | Min 50%               |
| <b>Contenido de partículas friables</b>           | 0,13%     | 0,35%     | 0,35%     | 0,35%     | 3% máx.               |

**Gráfico 12.** Gráfico de control de la abrasión del agregado grueso.



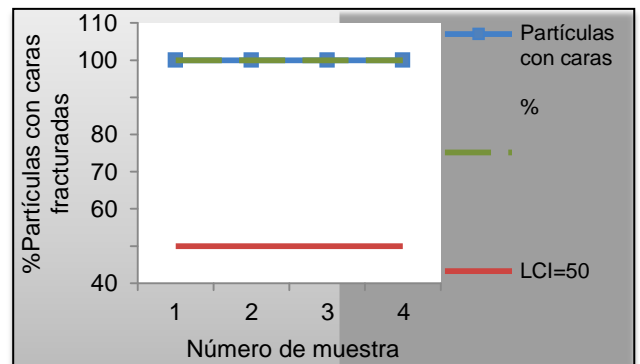
Desviación estándar,  $S = 2,15 \%$ .

**Gráfico 13.** Gráfico de control para la sanidad del agregado grueso.



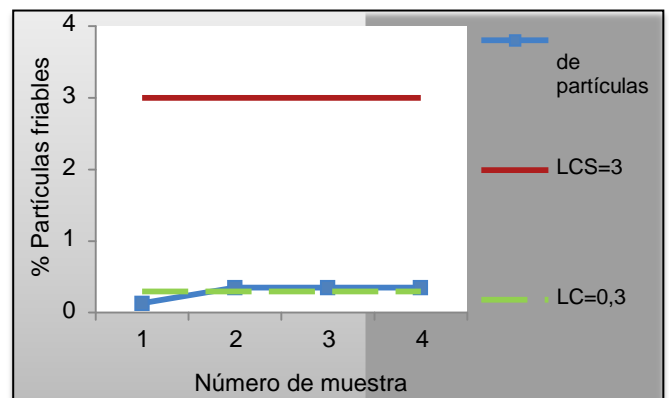
Desviación estándar,  $S = 0,32 \%$ .

**Gráfico 14.** Gráfico de control para partículas con una o más caras fracturadas.



Desviación estándar,  $S = 0 \%$ .

**Gráfico 15.** Gráfico de control para el contenido de partículas friables en el agregado grueso.



Desviación estándar,  $S = 0,11 \%$

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

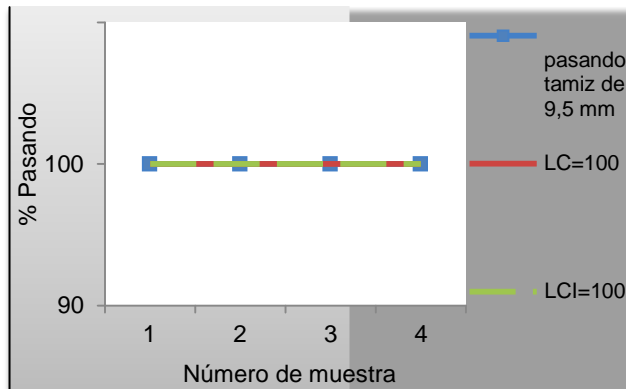
## Agregado fino

El agregado fino es proveniente del Tajo río Tempisque y el polvo de piedra proveniente de Pedregal, que al ser combinados en proporciones 50-50, obtuvo la siguiente granulometría.

**Tabla13.** Propiedades granulométricas del agregado fino del río Tempisque.

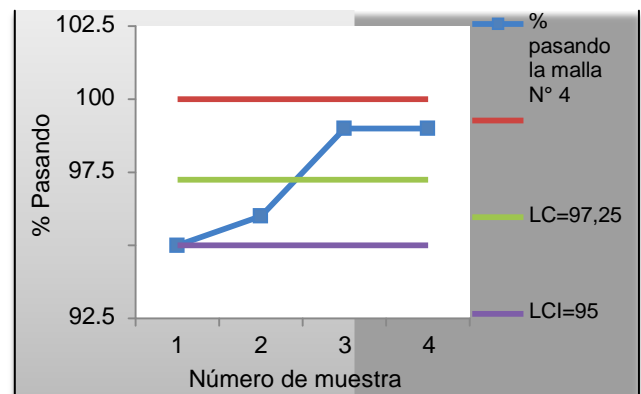
| Tamiz          | % Pasando | % Pasando | % Pasando | % Pasando | Requerimiento CR-2010 (%) |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------------|
| 9,5 mm         | 100%      | 100%      | 100%      | 100%      | 100                       |
| N°4 (4,75 mm)  | 95%       | 96%       | 99%       | 99%       | 95-100                    |
| N°16 (1,18 mm) | 59%       | 80%       | 86%       | 86%       | 45-80                     |
| N°50 (300 µm)  | 14%       | 20%       | 22%       | 22%       | 10-30                     |
| N°100 (150 µm) | 6%        | 3%        | 5%        | 5%        | 2-10                      |

**Gráfico 16.** Gráfico de control para el porcentaje que pasa el tamiz de 9,5 mm.



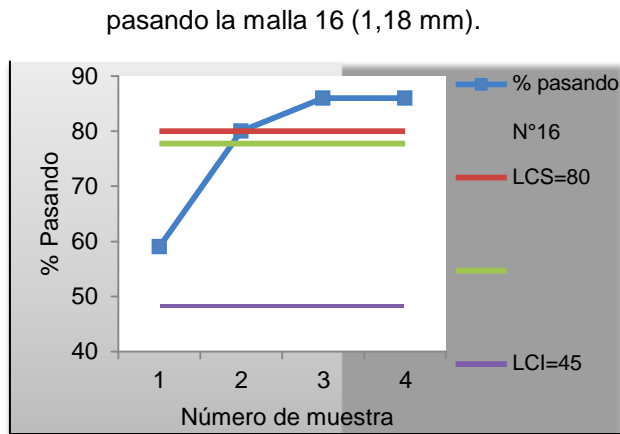
Desviación estándar,  $S = 0 \%$ .

**Gráfico 17.** Gráfico de control para el porcentaje pasando la malla 4 (4,75 mm).



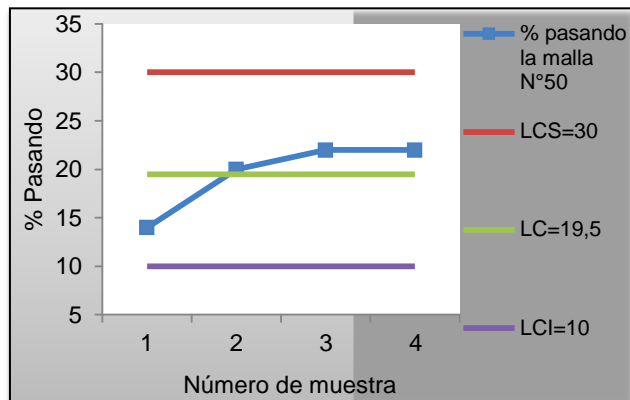
Desviación estándar,  $S = 2,06 \%$ .

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**



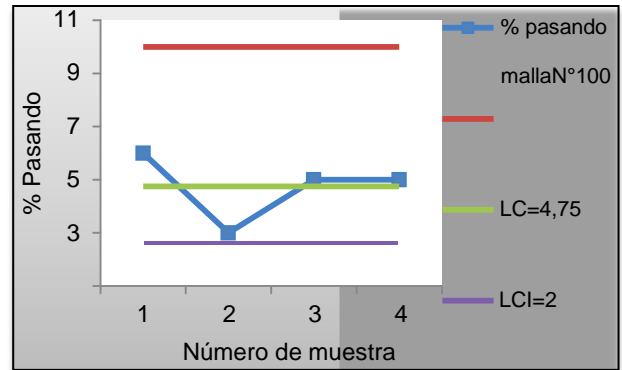
Desviación estándar,  $S = 12,8 \%$ .

**Gráfico 19.** Gráfico de control para el porcentaje pasando la malla 50 (0,297 mm).



Desviación estándar,  $S = 3,78 \%$ .

**Gráfico 20.** Gráfico de control para el porcentaje pasando la malla 100 (0,149mm).



Desviación estándar,  $S = 1,26 \%$ .

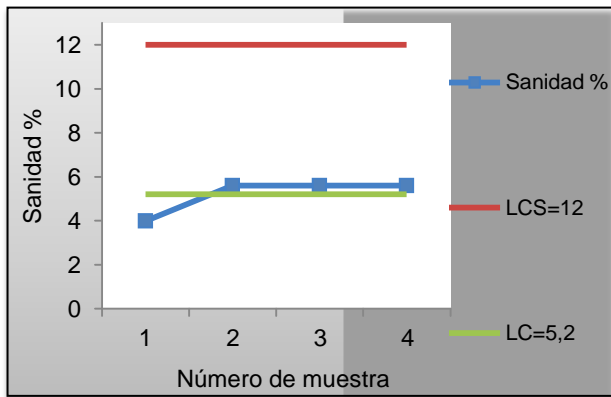
Los resultados de las pruebas restantes se muestran a continuación.

**Tabla14.** Resultados de las pruebas para el agregado fino del río Tempisque.

| Prueba                        | Muestra 1                                | Muestra 2                                | Muestra 3                                | Muestra 4                                | Requerimiento CR-2010  |
|-------------------------------|--|--|--|--|--|
| <b>Sanidad</b>                | 3,99%                                    | 5,61%                                    | 5,61%                                    | 5,61%                                    | 12% máx.   |
| <b>Equivalente de arena</b>   | 81%                                      | 88%                                      | 88%                                      | 88%                                      | 75% min.   |
| <b>Contenido de impurezas</b> | <500 ppm más claro que la muestra patrón | <500 ppm más claro que la muestra patrón | <500 ppm más claro que la muestra patrón | <500 ppm más claro que la muestra patrón | El color de la muestra debe ser parecido o más claro que la patrón |
| <b>Partículas friables</b>    | 0,69%                                    | 2,54%                                    | 2,54%                                    | 2,54%                                    | 3% máx.  |

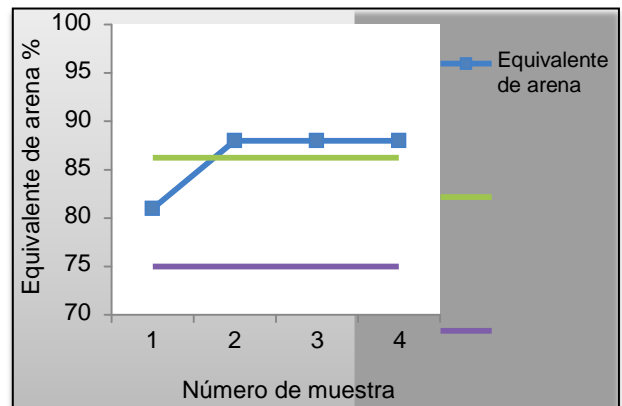
Los gráficos de control para el análisis de los datos contenidos en la Tabla 13 son los siguientes.

**Gráfico 21.** Gráfico de control para la sanidad del agregado fino.



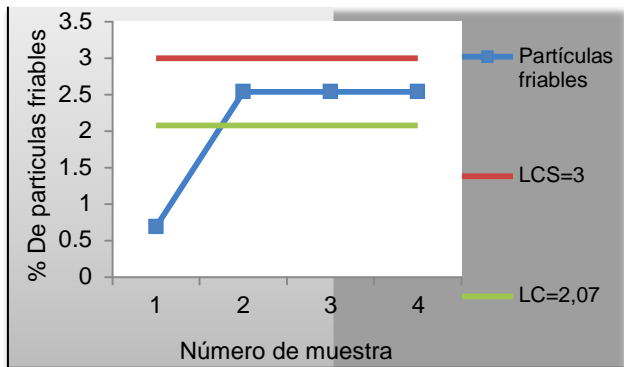
Desviación estándar, S = 0,81 %.

**Gráfico 22.** Gráfico de control para equivalente de arena del agregado fino.



Desviación estándar, S = 3,5 %.

**Gráfico 23.** Gráfico de control para las partículas friables en el agregado fino.

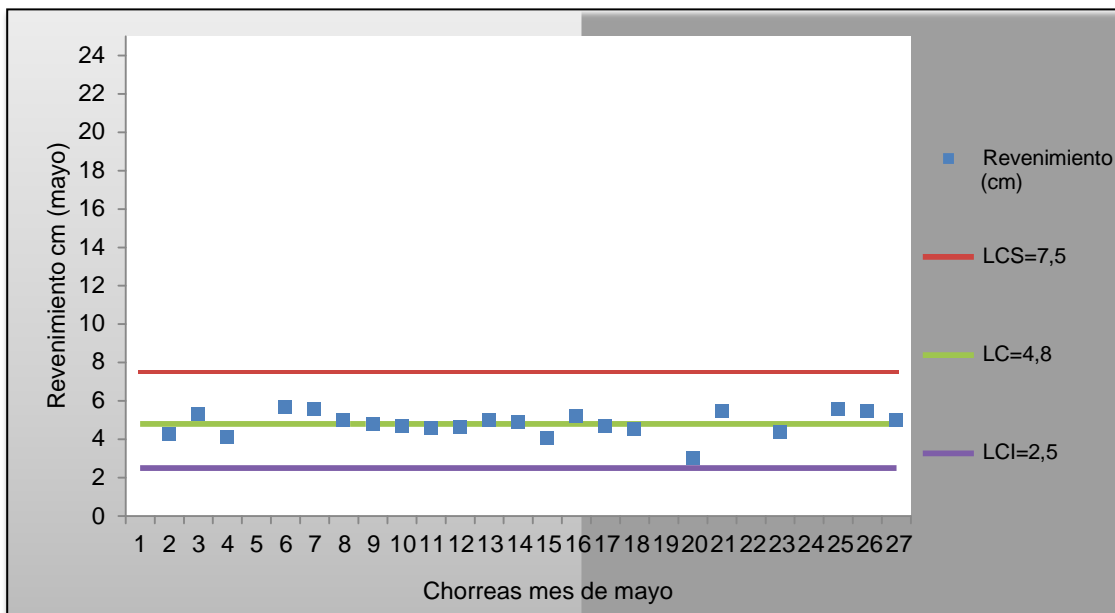


Desviación estándar, S = 0,925 %.

Los materiales fueron utilizados para la elaboración de la mezcla de concreto, diseñada para alcanzar valores de resistencia a los 28 días a la flexotracción de 50 kg/cm<sup>2</sup> y a la compresión mayores a 255 kg/cm<sup>2</sup>.

En el Apéndice 1y en el Apéndice 4se muestran los datos de la resistencia a la flexotracción de las vigas para los meses de mayo y junio respectivamente.

**Gráfico 24.**Gráfico de control de revenimiento del concreto para el periodo de mayo.



Desviación estándar S = 0,6 cm.

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

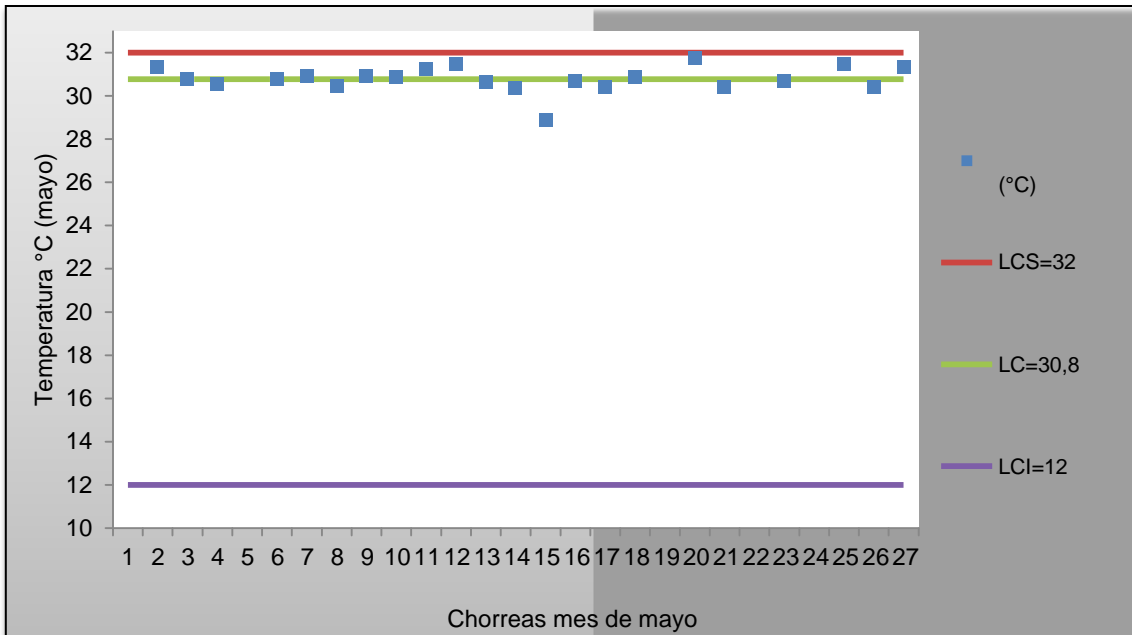
En el Apéndice 2 y en el Apéndice 5 se adjuntan las tablas de resultados para las pruebas de compresión realizadas a los cilindros a los 28

respectivamente.

El Apéndice 3 y el Apéndice 6 presentan los datos de temperatura y revenimiento tomados en

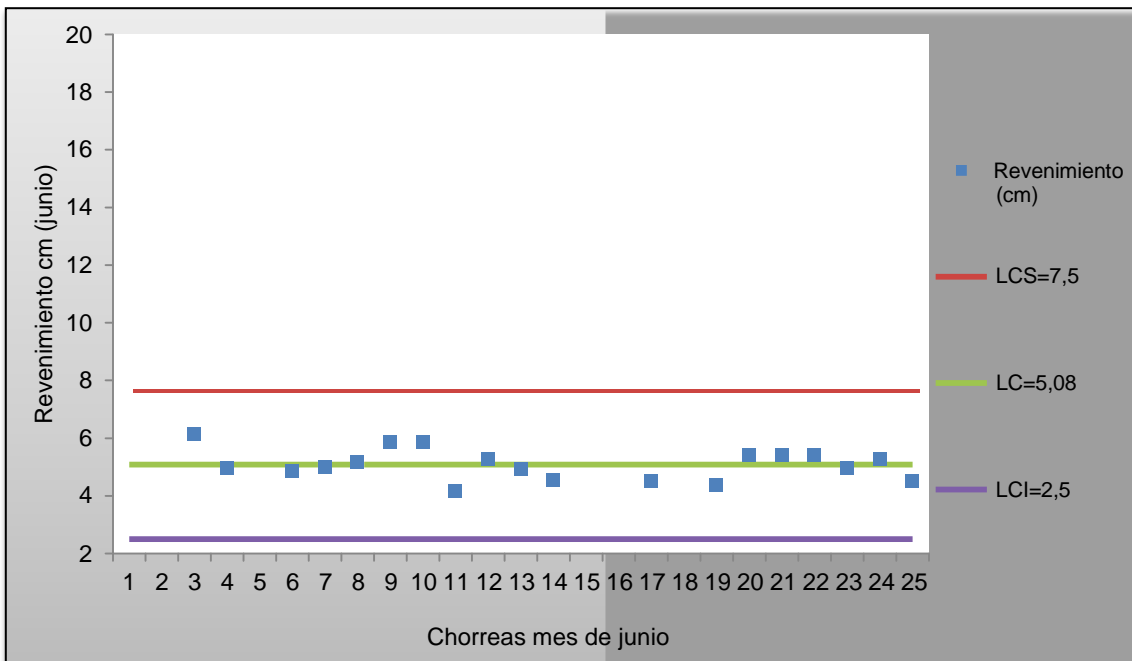
de mayo y junio respectivamente.

**Gráfico 25.** Gráfico de control de la temperatura del concreto para el periodo de mayo.



Desviación estándar,  $S = 0,58$  °C.

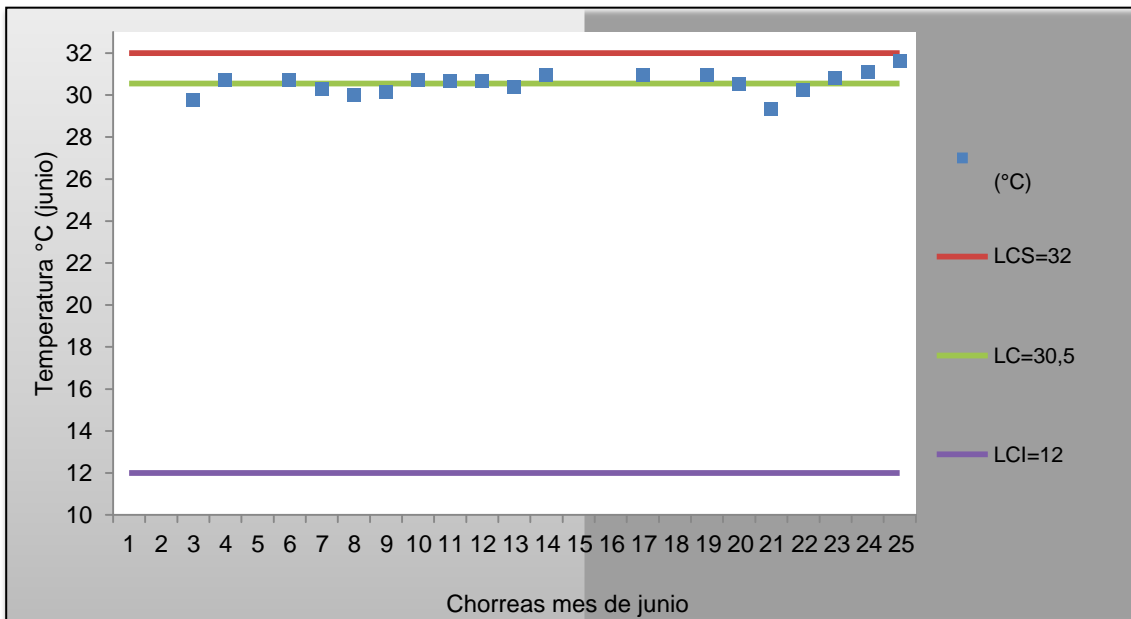
**Gráfico 26.** Gráfico de control del revenimiento del concreto para el periodo de junio.



Desviación estándar  $S = 0,53$  cm.

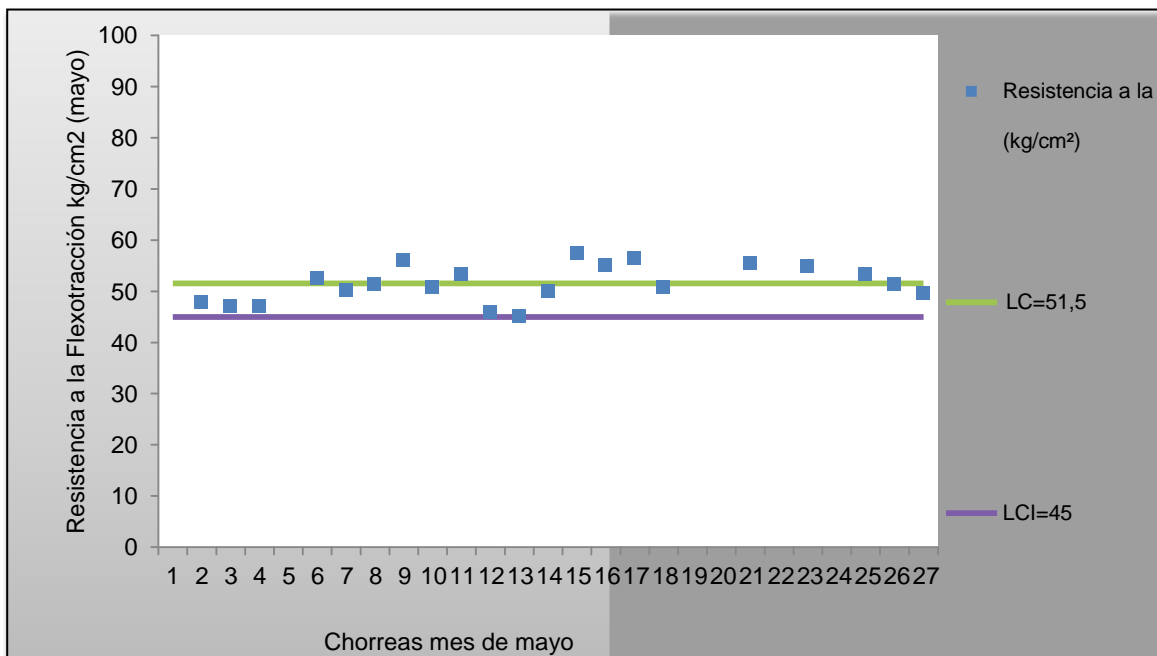
**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

**Gráfico 27.** Gráfico de control para la temperatura del concreto para el periodo de junio.



Desviación estándar,  $S = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

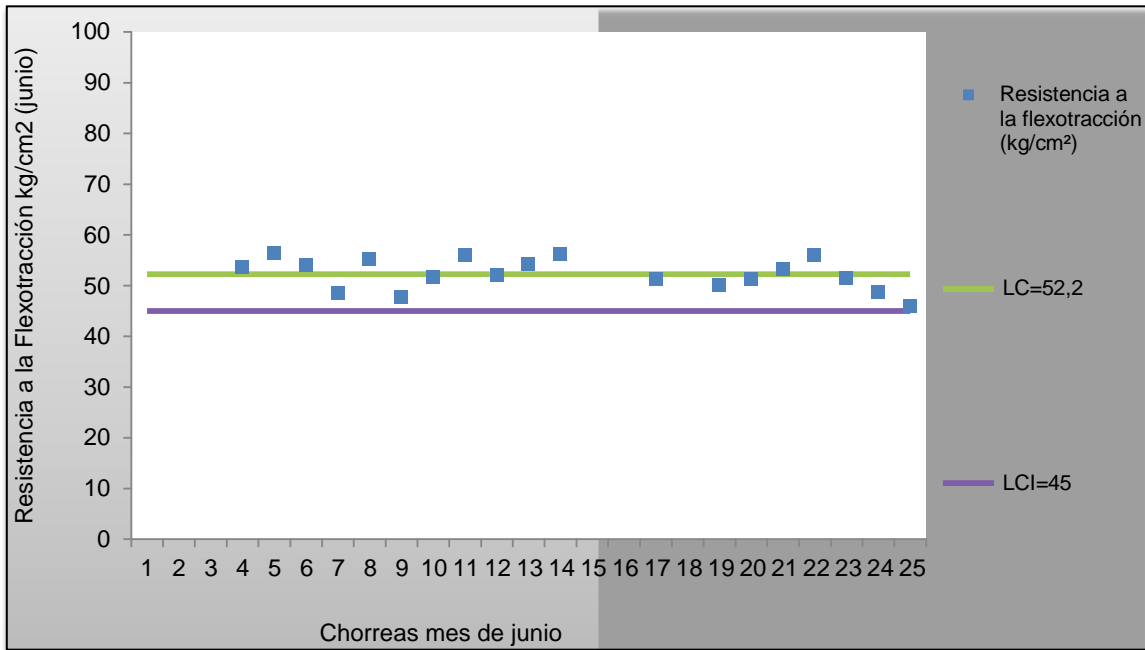
**Gráfico 28.** Gráfico de control para la resistencia a la flexotracción del concreto a los 28 días para el periodo de mayo.



**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

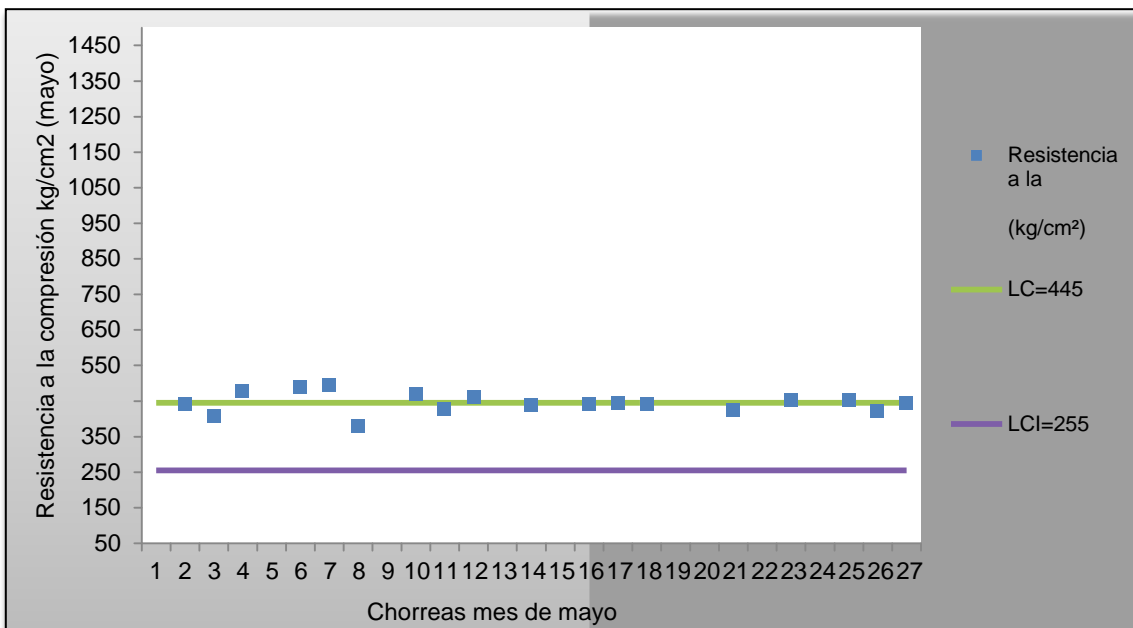
Desviación estándar,  $S = 3,6 \text{ kg/cm}^2$ .

**Gráfico 29.** Gráfico de control para la resistencia a la flexotracción del concreto a los 28 días para el periodo de junio.



Desviación estándar,  $S = 3,1 \text{ kg/cm}^2$ .

**Gráfico 30.** Gráfico de control para la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días para el periodo de mayo.

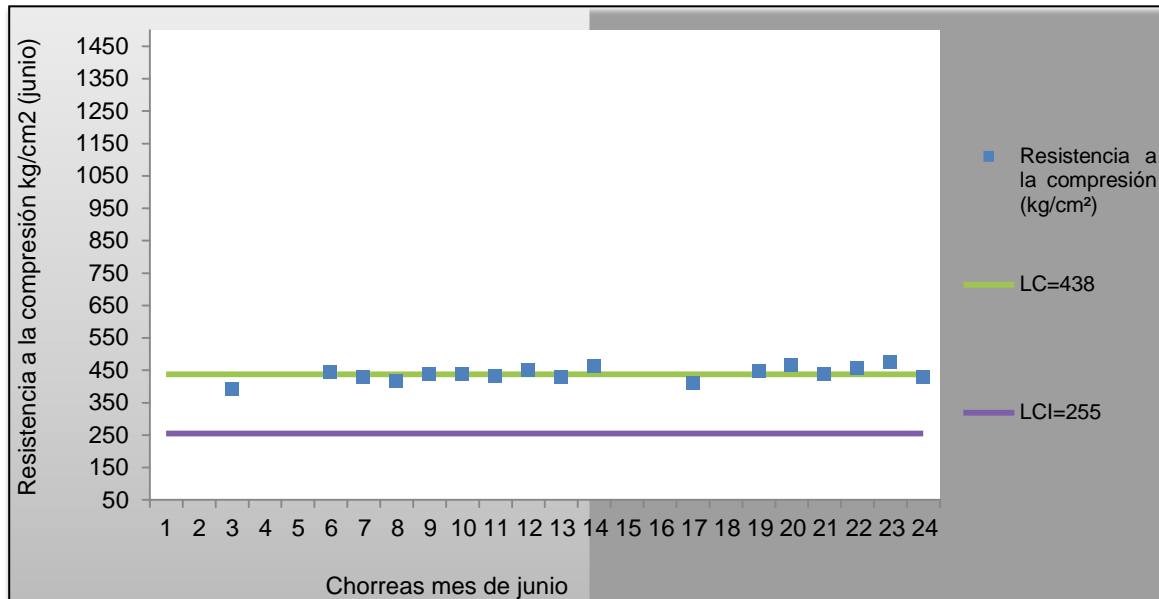


Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia



Desviación estándar,  $S = 28,4 \text{ kg/cm}^2$ .

**Gráfico 31.** Gráfico de control para la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días para el periodo de junio.



Desviación estándar,  $S = 21 \text{ kg/cm}^2$ .

## Razón de evaporación superficial

del concreto, estos datos deben ser recolectados durante las chorreas, para luego utilizar el Nomograma 1. Estos resultados se muestran a continuación.

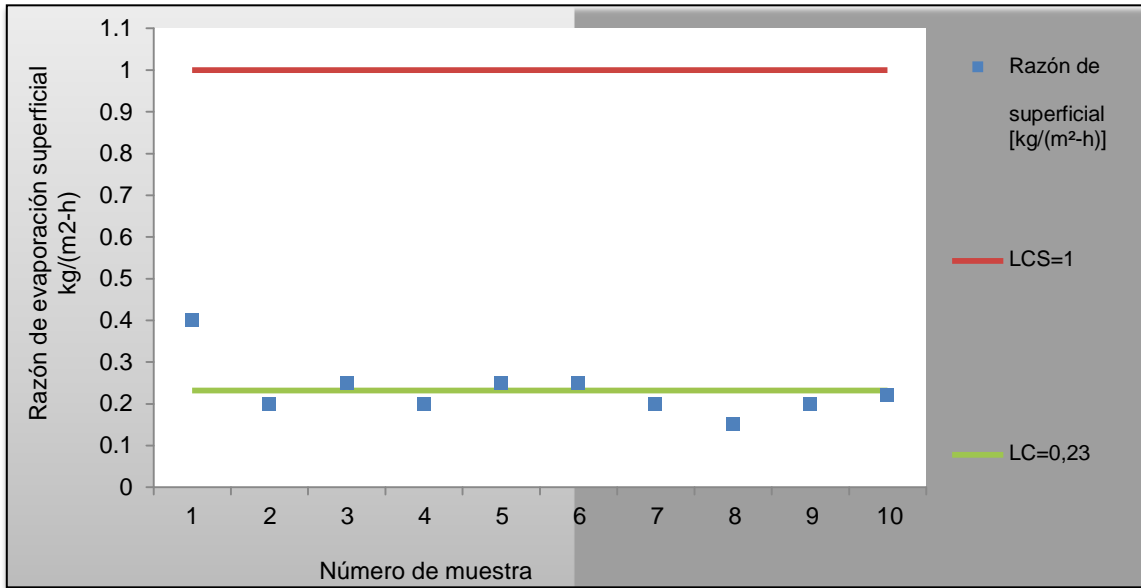
La razón de evaporación superficial se obtiene con datos de: temperatura ambiental, porcentaje de humedad, velocidad del viento y temperatura

**Tabla 15.** Resultados obtenidos de la razón de evaporación superficial.

| Temperatura Ambiente (°C) | % Humedad | Temperatura del concreto (°C) | Velocidad del viento (km/h) | Razón de evaporación superficial [kg/(m <sup>2</sup> -h)] | Mes de obtención |
|---------------------------|-----------|-------------------------------|-----------------------------|---|------------------|
| 25,6                      | 78        | 31,3                          | 4                           | 0,4   | Mayo             |
| 26,1                      | 80        | 30,8                          | 4,3                         | 0,2   | Mayo             |
| 25,5                      | 79        | 30,5                          | 4,3                         | 0,25  | Mayo             |
| 26,1                      | 83        | 30,9                          | 3,7                         | 0,2   | Mayo             |
| 25,6                      | 80        | 30,9                          | 5                           | 0,25  | Mayo             |
| 26,6                      | 78        | 31,4                          | 4,1                         | 0,25  | Junio            |
| 25,9                      | 83        | 30,6                          | 4                           | 0,2   | Junio            |
| 26,2                      | 84        | 28,8                          | 4,2                         | 0,15  | Junio            |
| 25,8                      | 79        | 30,4                          | 3,9                         | 0,2   | Junio            |
| 25,5                      | 81        | 30,4                          | 4,8                         | 0,22  | Junio            |

Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia

**Gráfico 32.** Gráfico de control para la razón de evaporación superficial.



Desviación estándar,  $S = 0,07 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{-h})$

## • Manual y hojas de control

Para darle seguimiento al proceso constructivo de las losas de concreto se utilizó la lista de verificación mostrada en el Apéndice 11, la cual se llenó en campo durante la colocación del pavimento rígido, básicamente se verificaron los siguientes aspectos:

1. Señalización y seguridad en la vía.
2. Tendido de líneas de la extendidora.
3. Colocación y anclaje de los pasadores de carga (Dovelas).
4. Limpieza superficial y humedecimiento.
5. Descarga y manejo del concreto en el sitio de colocación.
6. Flotado y allanado de la superficie.
7. Cepillado transversal de la superficie.
8. Colocación de antievaporador y curador de la superficie de concreto.
9. Corte de las juntas transversales.
10. Sello de juntas.

En cuanto a la hoja de control para las propiedades del concreto, adjuntada como el

Apéndice 10, se tomaron en cuenta aspectos como los siguientes:

- Tiempos de salida de la planta y descarga.
- Temperatura.
- Asentamiento (Revenimiento).
- Ubicación.
- Condiciones ambientales.

Con la ficha de control para los deterioros en el pavimento, adjuntada en el Apéndice 12, se revisa en búsqueda de defectos, tales como:

- Fisuras transversales, diagonales y longitudinales.
- Fisuras de esquina.
- Fisuras en bloque.
- Levantamientos o hundimientos.
- Deterioros superficiales.
- Deficiencias en el material de sello.
- Despostillamientos
- Fisuras por mal funcionamiento de juntas.

El manual para la fabricación y construcción de pavimento rígido, el cual es complementado por la lista de verificación antes mencionada se adjunta como el Apéndice 7.

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

# Análisis de Resultados

Al analizar los resultados, recolectados por medio de pruebas de laboratorio, *in situ* y observación en el campo, pueden examinarse uno por uno para verificar que cumplen con las especificaciones.

## Comprobación de las propiedades

Esta sección incluye lo referente al control de la calidad de los materiales utilizados para realizar el diseño de la mezcla de concreto.

### Aditivos

El aditivo Sikament 195 es utilizado como reductor de agua plastificante o fluidificante, colocándolo en la categoría de aditivos tipo A, según su ficha técnica, esto indica que cumple con las pruebas de tiempo de fraguado, incremento en la resistencia a la compresión y a la flexión en ciertas etapas de endurecimiento y que produce los efectos esperados.

El segundo aditivo llamado Plastocrete 935 es un aditivo que puede reducir el contenido de agua hasta en un 10%, es también plastificante y retardante permitiendo el transporte a largas distancias, la ficha técnica indica que se encuentra aprobado por la norma ASTM C494, estando en la categoría D, la cual, también, exige valores que se traducen a porcentajes de incremento en las etapas de endurecimiento del concreto, incluyendo resistencia a la compresión y a la flexión.

El concreto con aditivo debe compararse con una muestra de control, la cual no contiene aditivos, la norma indica que deben obtenerse incrementos de más del 10% para compresión y ningún decrecimiento por debajo del valor de la muestra control para la resistencia a la flexión. Esto aplica para ambas categorías de aditivo y según la empresa Sika sus aditivos cumplen con los requisitos mencionados.

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

Al no poder obtener datos sobre el análisis de las muestras de concreto, primero con aditivos y luego sin ellos, no es posible analizar la variación de los datos, solamente se cuenta con el certificado de calidad de los aditivos, proporcionados por Sika.

### Cemento hidráulico

Los datos de la Tabla 8 y de la Tabla 9, muestran las propiedades químicas y físicas del cemento respectivamente.

### Contenido de óxido de magnesio (MgO)

Como se muestra en el Gráfico 1, el requisito exigido por el RTCR 383 es del 6%, ninguna de las muestras sobrepasa este límite en el contenido de óxido de magnesio, teniendo estas valores de un 1%.

En los dos meses analizados, la variación estándar fue de 0%, ya que los resultados fueron los mismos para todas las muestras, esto quiere decir que el contenido de este óxido no va a afectar en el resultado final de la mezcla.

### Contenido de trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>)

El valor máximo exigido por el RTCR 383 para el contenido de trióxido de azufre es de 4%, en el Gráfico 2 puede apreciarse el cumplimiento de dicho límite en las 4 muestras evaluadas, alcanzando estos valores desde 2,14% hasta 3,03%, la variación de este dato es de 0,44%, el valor es bajo y su promedio fue de 2,3%, lo cual posiciona este factor un 1,2% por debajo de límite de control superior.

El contenido de SO<sub>3</sub> parece no ser problema para el resultado final de la mezcla.

### ***Finura del cemento***

La finura del cemento va de los 94,3 m<sup>2</sup>/kg a los 95,1 m<sup>2</sup>/kg, el RTCR 383 exige que este valor sea reportado al cliente pero no indica un límite que deba ser respetado.

### ***Expansión autoclave***

Las especificaciones del RTCR 383 indican un límite de 0,8% máximo para la expansión autoclave del cemento, en el Gráfico 3 puede observarse que las muestras cumplen presentando valores muy cercanos a cero, además la desviación estándar es de 0,005%, lo que indica que las muestras que se analizan tienen una variación casi nula.

### ***Resistencia a la compresión a 1 día***

Las muestras indicadas en el Gráfico 4 son las que contienen cemento hidráulico, en el gráfico se observa que el total de las muestras está por encima de 10 MPa, valor que representa el límite de control inferior, con un promedio de 13.65 MPa y una desviación estándar de 0,58 MPa se comprueba que este requerimiento no presenta problemas.

### ***Resistencia a la compresión a los 3 días***

Para el cemento hidráulico se requiere una resistencia a la compresión mínima de 17 MPa a los siete días, en el 5 se observa cómo las 4 muestras cumplen con la especificación.

### ***Tiempo de fraguado***

El tiempo de fraguado requerido está en un rango de 45 a 420 minutos, como puede observarse en el 6, ninguna de las muestras se sale de los límites de control, con tiempos de fraguado entre los 194 y 196 minutos.

### ***Agua***

La especificación básicamente exige para la elaboración del concreto, agua pura y limpia, que se considere potable, en este caso se utiliza agua 100% potable y la alcalinidad total es de 68 mg/l,

por debajo del límite máximo de 600 mg/l, sus propiedades se pueden apreciar en la Tabla 10.

### ***Agregado Grueso***

Primeramente para que este agregado fuera aceptado, debía cumplir con la granulometría indicada en la Tabla5, en este aspecto los resultados fueron 100% satisfactorios.

Para el tamiz de 38,1 mm se requería en la especificación un total del 100% pasando, lo que se cumple totalmente en las cuatro muestras analizadas, las cuales poseen en promedio un valor de 100% y una desviación estándar de 0%, lo que indica una variación nula de los resultados.

El rango que se exige en el CR-2010 para el tamiz de 25,4 mm tiene como límite de control inferior 95% y como límite de control superior 100%, como puede apreciarse en el Gráfico 8 las muestras tienen un valor promedio del 100% y una variación del 0%.

Como puede apreciarse en el Gráfico 9, las muestras cumplen con lo requerido, ya que obtuvieron valores del 31% al 44% pasando la malla de 12,7 mm (40,25% en promedio), los datos muestran una varianza del 6,18 %, el rango establecido por el CR-2010 para este tamiz es del 25 al 60%

Los porcentajes obtenidos para el tamiz de 4,75 mm van del 2% al 4% y se muestran en el Gráfico 10, con un promedio de 2,5 los datos se encuentran dentro de los límites permitidos por el CR-2010, los cuales van de 0 a 10%.

En el Gráfico 11 se aprecia que los resultados del agregado grueso tienen un promedio de 1,25%, respetando el rango permitido por el CR-2010 que establece el límite de control inferior del 0% y superior del 5%.

La granulometría del agregado grueso es una de las pruebas a las que debe someterse antes de empezar con el diseño de la mezcla, a continuación se analizan los demás resultados de los ensayos a los que se somete el agregado grueso.

En el CR-2010 se exige que la abrasión, resultado de la prueba en la Máquina de los Ángeles, no debe ser mayor a un 50%, como se observa en el Gráfico 15, todos los resultados son satisfactorios, con un promedio de 17,77%.

El Gráfico 16 indica el límite de control superior de la sanidad del agregado grueso, el cual es de un 12%, como puede observarse, las

cuatro muestras cumplen con el requisito, teniendo un promedio de 4,13%.

El porcentaje mínimo requerido para el contenido de partículas con caras fracturadas es de un 50%, todas las muestras cumplen con un 100% como se puede apreciar en el Gráfico 14.

Friable quiere decir que se desmenuza con facilidad, el Gráfico 15 muestra que el límite de control superior para esta prueba establecido por el CR-2010 es del 3%, el cual cumplen todas las muestras con un valor promedio de 0,3%.

## **Agregado Fino**

El agregado fino para la realización de la mezcla de concreto según el CR-2010 debía cumplir con los requisitos de granulometría mostrados en la Tabla 12.

El requerimiento para el porcentaje pasando el tamiz de 9,5 mm era que la totalidad de la muestra pasara por dicha malla, como se observa en el Gráfico 19, los resultados son iguales al límite de control inferior, lo que indica el cumplimiento de la especificación.

El rango especificado para el porcentaje pasando la malla 4 posee un límite de control inferior del 95% y superior del 100%, en el Gráfico 17 puede apreciarse que las muestras cumplen con resultados que van de un 95 hasta un 99%.

En el Gráfico 21 puede apreciarse como las muestras 3 y 4 sobrepasan el límite máximo de 80%, los resultados tienen un promedio de 77,75%, estando a 2,25% del LCS y una desviación estándar de 12,8%, lo que indica una alta variación en los datos, solamente las muestras 1 y 2 se mantienen dentro del rango establecido por el CR-2010, en este caso hago referencia al mismo, el manual indica en la página 375 que: "Los agregados gruesos y finos que no cumplan con alguno de los requisitos establecidos en la Tabla 501-3, podrán aceptarse siempre y cuando se hayan empleado en la elaboración de concretos de características similares, hayan estado expuestos a condiciones ambientales similares durante largo tiempo (mayor a 5 años), y que hayan tenido pruebas de un comportamiento satisfactorio".

Según la Ing. Karla Quirós, en hoteles de la zona se han construido losas y caminos con mezclas de concreto que incluyen en su composición arena del río Tempisque y ha demostrado dar resultados satisfactorios.

El rango para la malla N° 50 tiene un límite de control inferior del 10% y superior de 30%, las cuatro muestras están dentro de estos valores con un promedio de 19,5%, en el Gráfico 19 puede apreciarse lo afirmado anteriormente.

Para el tamiz 100 los valores de porcentaje pasando deberían estar entre el 2 y el 10%, valores que representan los límites de control inferior y superior, respectivamente, como se observa en el Gráfico 20 las cuatro muestras cumplen con lo requerido con un promedio de 4,75% y una varianza de los datos de apenas 1,25%.

El agregado fino cumple a cabalidad con la granulometría especificada en el CR-2010.

Al igual que el agregado grueso, los finos deben cumplir con otras especificaciones aparte de su granulometría, para poder ser utilizados en la elaboración de la mezcla de concreto, estas especificaciones son las siguientes.

Como se indica en el Gráfico 24 el Límite de Control Superior para el porcentaje de sanidad es del 12%, el cual lo cumplen las cuatro muestras con un promedio de 5,2% y una desviación estándar de 0,81%, lo que representa una muy baja variación en los resultados.

El Límite de Control Inferior en la prueba para determinar el equivalente de arena del agregado fino se puede apreciar en el Gráfico 22, este límite es de 75%, ninguna de las cuatro muestras está por debajo de ese valor con un promedio de 86,25% por lo que se puede afirmar que cumple con las especificaciones del CR-2010.

En cuanto a la prueba del contenido de impurezas presentes en el agregado fino se obtuvieron, en las cuatro muestras, colores más claros que las muestra patrón cumpliendo con lo requerido por el CR-2010.

El Límite de Control Superior para la prueba de contenido de partículas friables es de 3%, como se muestra en el Gráfico 23, las cuatro muestras cumplen satisfactoriamente, alcanzando valores que promedian el 2,07%.

El agregado fino es aceptado y utilizado en el proyecto cumpliendo con las especificaciones requeridas.

## **Comprobación de las propiedades de la mezcla**

Durante las chorreas del concreto para la construcción del pavimento rígido se toman en cuenta propiedades de la mezcla las cuales deben cumplir con ciertos límites, estos límites se establecen en el CR-2010 para que las losas no presenten desperfectos de ningún tipo en el futuro. Grietas en lugares donde no fueron inducidas, segregación de los agregados y pandeo son algunos de los defectos que pueden presentarse si no se cumple con las especificaciones.

En el Gráfico 24 se muestran en promedio los revenimientos de la mezcla de cada día de descarga de concreto realizada, como se mencionó anteriormente, el revenimiento del concreto debería estar dentro del rango de 2,5 cm a 7,5 cm, en el gráfico se observan los datos dentro de los límites establecidos, con un promedio de 4,8 cm y una desviación estándar de 0,6 cm, indicando que para mayo la variación de los resultados fue muy satisfactoria.

En un análisis más detallado de los datos de revenimiento, adjuntados en el Apéndice 3, pudo observarse que no todos los resultados de la prueba de revenimiento están dentro de los límites como se muestra a continuación.

**Gráfico 33.** Porcentaje de descargas con revenimientos dentro y fuera del rango establecido en el CR-2010 (mayo).



Del Gráfico 33 se aprecia lo siguiente:

- En un 1% de las descargas el revenimiento estuvo por debajo del límite aceptado.

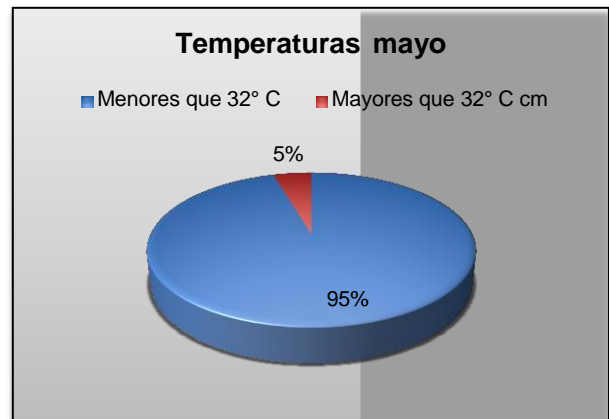
- Un 4% de las descargas sobrepasó el rango de revenimiento permitido por el CR-2010.
- El 95% restante se mantuvo dentro del rango aceptado, es decir, de 2,5 cm a 7,5 cm.

El Gráfico 33 muestra que existe cierto margen de error aceptado para el proyecto, ya que este se evalúa de una forma estadística como se muestra en el Gráfico 24, en donde se analizan los promedios diarios de los revenimientos, esta forma de evaluar los resultados se repite para el control de la calidad de las demás características de la mezcla de concreto fresca y endurecida.

Para el caso de la temperatura inicialmente se aclaró que el rango permitido era de  $22^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ , observando el Gráfico 25 puede tenerse claro el cumplimiento de dicho rango con un promedio de  $30,7^{\circ}\text{C}$ , muy cercano al Límite de Control Superior ( $32^{\circ}\text{C}$ ), esto se da por la dificultad en controlar la temperatura de la mezcla por las condiciones de la zona de Guanacaste.

A continuación se muestra el margen de error aceptado en el proyecto para la temperatura de colocación durante mayo.

**Gráfico 34.** Porcentaje de descargas con temperaturas dentro y fuera del rango establecido en el CR-2010 (mayo).



Del Gráfico 34 puede observarse que un 5% de las descargas del mes de mayo fueron aceptadas con temperaturas mayores al límite establecido en el CR-2010.

Un revenimiento por debajo o por encima del rango afecta de manera directa la colocación

del concreto, aún más en este caso, en donde se trabaja con el sistema de formaleta deslizante, un revenimiento alto, por ejemplo, al retirar el soporte que la formaleta le brinda, el concreto puede no mantener su forma, de manera que conlleve a más trabajo manual en el acabado final en los bordes de la losa, lo que no es recomendable.

La temperatura de colocación es importante mantenerla lo más cercana posible a los 22°C, para esto los límites establecidos en el CR-2010, de esta manera se asegura una buena ganancia de resistencia de las losas, ya que el concreto colocado con temperaturas bajas y correctamente curados tienden a ganar resistencias óptimas.

En el Gráfico 26 y en el Gráfico 27 puede observarse como los requisitos para revenimiento y temperatura de junio, respectivamente, se cumplen, respetando los límites de control. Al igual que en mayo, la temperatura fue el factor más difícil de controlar.

El revenimiento para junio presenta en sus datos una desviación estándar de 0,53 cm, más baja que en mayo, lo que indica una mejoría en el control de este aspecto.

Para apreciar los márgenes de error aceptados en el proyecto para junio se muestran a continuación los gráficos 38 y 39.

**Gráfico 35.** Porcentaje de descargas con revenimientos dentro y fuera del rango establecido en el CR-2010 (junio).



Se aprecia de manera más clara que durante el mes de junio:

- Un 92,5% de los revenimientos realizados a la mezcla están dentro del rango especificado.
- Un 7,3% sobrepasa el límite de 7,5 cm alcanzando valores de hasta 15 cm.
- Un 0,2% de los revenimientos tiene valores por debajo de los 2,5 cm.

**Gráfico 36.** Porcentaje de descargas con temperaturas dentro y fuera del rango establecido en el CR-2010 (junio).



Según puede observarse en el gráfico anterior, en cuanto a la temperatura.

- Un 99% se mantiene por debajo de los 32°C, respetando la norma.
- Un 1% sobrepasa este límite, alcanzando valores hasta de 33,8°C.

Dos factores importantes por señalar y que definen la calidad del concreto son la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexotracción, las cuales se obtienen por medio de la falla de cilindros y vigas, respectivamente, estas fueron falladas a los 28 días de su confección.

En los gráficos 40 y 41 se muestran los resultados de resistencia a la flexotracción de los meses mayo y junio, respectivamente, en los cuales los promedios son iguales a 51,5 kg/cm<sup>2</sup> en mayo y 52,26 kg/cm<sup>2</sup> en junio, lo que indica que la resistencia a la flexotracción cumple con el límite de control inferior de 45 kg/cm<sup>2</sup> establecido en el CR-2010.

La desviación estándar durante los meses de mayo y junio es de 3,6 kg/cm<sup>2</sup> y 3,1 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, lo que representa variaciones que pueden considerarse elevadas, ya que la resistencia a la flexotracción es un

factor decisivo en cuanto a la calidad final de las losas.

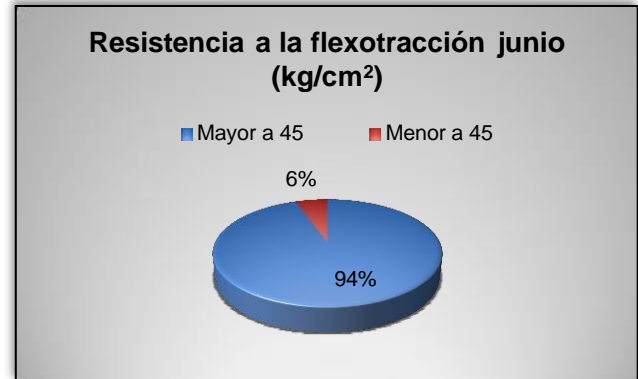
Al igual que con la temperatura y el revenimiento, hay cierto porcentaje de valores no promediados que están por debajo de los límites de aceptación y que forman parte del margen de error aceptado. Estos porcentajes se muestran a continuación.

**Gráfico 37.** Porcentaje de vigas que cumplen con la resistencia mínima (mayo).



- Un 93% de las vigas falladas a los 28 días cumplen con resistencias mayores a los 45 kg/cm<sup>2</sup>.
- El 7% restante no alcanza el valor mínimo exigido, presentando valores que bajan hasta los 35,3 kg/cm<sup>2</sup>. Los cilindros fallados en el mes de mayo cumplen con la resistencia mínima requerida, los resultados son muy satisfactorios ya que el resultado más bajo se encuentra a más de 100 kg/cm<sup>2</sup> por encima del requerimiento mínimo, es importante señalar que los datos otorgados por FCC son una limitante, ya que solamente se realizaron pruebas a cilindros en 18 días y no en la totalidad de las chorreas.

**Gráfico 38.** Porcentaje de vigas que cumplen con la resistencia mínima (junio).



- Un 94% de las vigas falladas a los 28 días están por encima del valor requerido.
- El otro 6% de las vigas no cumplen con este requisito, obteniendo valores por debajo de los 45 kg/cm<sup>2</sup> bajando hasta los 42,7 kg/cm<sup>2</sup>.

De las tablas adjuntadas en el Apéndice 2 y en el Apéndice 5 puede observarse como los resultados de la resistencia a la compresión para mayo y junio, respectivamente, cumplen con la resistencia mínima de 255 kg/cm<sup>2</sup>, presentando promedios de 445 kg/cm<sup>2</sup> en mayo y 438 kg/cm<sup>2</sup> en junio.

Al igual que mayo, los resultados de la resistencia a la compresión son muy limitados, solamente se fallan cilindros a los 28 días en 17 días de las chorreas y no en su totalidad, según la Ing. Karla Quirós esto sucede, porque la resistencia a la compresión no es un factor que determina el pago de las losas, y se realiza con menos frecuencia que el ensayo de flexotracción, aun así los resultados mostrados cumplen con la resistencia mínima a la compresión (255 kg/cm<sup>2</sup>), alcanzando esta valores de 390 kg/cm<sup>2</sup> en adelante.

## Razón de evaporación superficial

Los datos recolectados durante las chorreas permitieron la utilización del Nomograma 1, y así la obtención de los resultados de la razón de evaporación, la cual tiene un límite de control superior de 1 kg/(m<sup>2</sup>-h), esta razón indica la



velocidad con la que se evapora la humedad de la superficie del concreto.

Los resultados son mostrados en la Tabla 15 y tienen un promedio de 0,23 kg/(m<sup>2</sup>-h), además estos datos poseen una variación muy baja como lo indica la desviación estándar, la cual tiene un valor de 0,07 kg/(m<sup>2</sup>-h), así se verifica que a pesar de las condiciones de la zona, la razón de evaporación superficial cumple con el límite establecido, gracias a las medidas tomadas para mantener baja la temperatura del concreto.

## Verificación del proceso constructivo

En esta sección se explica la manera en que se lleva a cabo el proceso constructivo de las losas de concreto para el proyecto de Ampliación y Rehabilitación de la carretera entre las localidades de Cañas y Liberia, incluyendo su acabado final, de esta manera puede verificarse si se cumplen los requisitos demandados por el contratante.

### A. Limpieza superficial y humedecimiento

Antes del inicio de la jornada de trabajo se limpia la superficie por medio de barredora, acoplada a un bobcat o minicargador, de esta manera se retira de la base estabilizada cualquier material extraño que pueda causar interferencia en el adherido de la losa de concreto.



Imagen 6. Cisterna utilizada para el humedecimiento superficial de la base estabilizada.

Antes de colocar la mezcla para las losas, se realiza el humedecimiento de la base para evitar que una superficie seca absorba el agua de la mezcla y altere las propiedades de la mezcla, ya que la pérdida de humedad de la mezcla colocada es uno de los factores a controlar para reducir al mínimo la aparición de grietas inesperadas.

### B. Tendido de líneas guía de la extendidora

Durante el día, previo al inicio de las obras de pavimentación, eran instalados a cada diez metros los bastones que servirán de guía para la máquina pavimentadora, estos bastones eran hincados rígidamente en la superficie para colocar el cordón en el que los sensores de la máquina se posaban.



Imagen 7. Línea de guía para la extendidora de concreto.

La longitud instalada de guía es siempre la necesaria para completar la jornada planeada sin atrasos por falta de la misma.

### C. Colocación y anclaje de los pasadores de carga

Antes del inicio de las obras, las dovelas ya estaban preparadas y cerca de su lugar de colocación final, para no perder tiempo durante la jornada, las dovelas ya estaban cubiertas con un material que limita el agarre a un lado de esta.



**Imagen 8.** Dovelas engrasadas en la canasta de soporte.

La colocación de estas canastas que dan soporte a los pasadores de carga se realizaba conforme se iba avanzando el trabajo, ya que era necesario el paso de los camiones transportadores del concreto, las canastas de dovelas se colocan a cada 4 metros, antes del inicio de la jornada era marcada por la cuadrilla de topografía la ubicación de cada una de ellas.

Para la fijación de las canastas, primero se hace uso de un taladro para insertar los pines, donde será fijada la canasta.



**Imagen 9.** Fijación de los pasadores de carga en la junta transversal.

Luego de esto, se insertaban cabos de varilla 3 para amarrar la canasta a ellos y, de esta manera, garantizar su rigidez y asegurar que mantuviera su posición durante el proceso de pavimentación.

De esta forma, fueron colocados también los pasadores de carga que van a lo largo de la junta longitudinal.



**Imagen 10.** Fijación de los pasadores de carga en la junta longitudinal.

Los pasadores de carga que se posicionaban en la junta con el hombro de la carretera eran insertados después de pasar la máquina pavimentadora, este proceso se realizaba por medio de la inserción de dichas barras, utilizando una base con la altura necesaria y un mazo.



**Imagen 11.** Fijación de pasadores de carga a los costados de las losas.

## **D. Descarga y manejo del concreto en el sitio de colocación**

Se descargaban los camiones con la bachada de concreto conforme iban llegando al sitio de colocación para que la perfiladora pudiera trabajar a su ritmo óptimo. La descarga se realizaba poco a poco para evitar que cayera toda en un solo punto y dificultara así el avance

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

de la máquina extendedora, también, evitando la segregación del material una vez en el sitio.



**Imagen 12.** Descarga simultánea del concreto en ambos carriles.

Durante el tendido del concreto, en el momento de la descarga, se realizan las pruebas de control de calidad, las cuales son realizadas por el laboratorio contratado por la empresa FCC. Estas pruebas incluyen medición de temperatura y revenimiento y se realizan a todas las bachadas de concreto descargadas, en el sitio eran elaborados, también, los cilindros y vigas que sirven para verificar las propiedades de resistencia de la mezcla a los 28 días, los cilindros se realizaban a cada  $36 \text{ m}^3$  y las vigas a cada  $100 \text{ m}^3$ , según el Plan de Autocontrol brindado por el laboratorio LGC.

### **E. Perfilado con la extendedora de formaletas deslizantes**

El perfilado se realiza con una máquina diseñada para el proceso (Gomaco GP 2600) Esta cuenta con formaleta deslizante y tornillo sinfín, para la distribución del concreto a lo ancho de la máquina, además de tener vibradores de inmersión para el compactado de la mezcla.



**Imagen 13.** Máquina pavimentadora Gomaco GP 2600

Las siguientes son algunas de sus características:

- Pavimentación de hasta 9,75 metros.
- Cilindros de dirección inteligentes.
- Puede hacer virajes hasta de  $360^\circ$  sobre su propio eje.
- Cuenta con 16 vibradores.
- Tornillo sinfín de 406 mm de diámetro con la capacidad de girar hacia adelante y hacia atrás.

### **F. Flotado y allanado de la superficie**

El flotado y allanado de la superficie de concreto se realiza, manualmente, utilizando herramientas adecuadas para llevar a cabo el proceso, se inicia justo después del paso de la máquina extendedora y se realiza durante el tiempo necesario para darle a la superficie un acabado liso.



**Imagen 14.** Flotado manual de la superficie del concreto.

Los bordes a lo largo de la losa se dejaban con el mismo acabado del resto de la superficie utilizando llanetas.

### **G. Cepillado transversal de la superficie**

El estriado lo realiza la máquina Gomaco TC 400, dejando la superficie del concreto con canales de aproximadamente 5 mm de espesor, separados uno del otro 15 mm y con una profundidad de 5 a 6 mm.



**Imagen 15.** Dimensiones del texturizado.

La máquina avanza detrás de la cuadrilla de allanado y es, también, orientada por la misma línea de guía de la extendidora para asegurar la perpendicularidad de las estrías con respecto al eje longitudinal de la carretera.



**Imagen 16.** Texturizado con la maquina Gomaco TC 400.

### **H. Aplicación de antievaporador y curador de la superficie de concreto**

La aplicación del reductor de evaporación en la superficie del concreto se aplica por medio de bomba de espalda, el trabajo es ejecutado por dos personas en el momento que se realiza el allanado, de esta manera, se forma una capa protectora en la superficie del concreto, la cual impide una pérdida de humedad acelerada.



**Imagen 17.** Aplicación del reductor de evaporación.

La membrana de curado es aplicada antes de realizado el estriado de la superficie, y es rociada por la misma máquina (Gomaco TC 400), cuando se pierde el brillo superficial, la máquina realiza varias aplicaciones de membrana, estando el tramo por donde pasa estriado o no, esta

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

aplicación se lleva a cabo tanto en la superficie como en las caras laterales de la losa.



**Imagen 18.** Aplicación de la membrana de curado.

### **I. Corte y sellado de las juntas transversales y longitudinales**

El proceso de corte y sellado se realizó cuando la losa de concreto lo permitía, es decir, cuando alcanzaba la resistencia suficiente para aguantar el peso de la máquina de aserrado y a su operador.



**Imagen 19.** Máquinas de aserrado.

Estos dos últimos procesos no pudieron ser verificados en el momento que se realizaron ya que se efectuaban en horas de la madrugada y no era posible una visita durante su ejecución, aun así durante las visitas para la evaluación de las losas pudo comprobarse que la mayoría de los procesos fueron ejecutados correctamente.

Los procedimientos descritos anteriormente son los utilizados por la empresa FCC para la construcción del pavimento rígido y se apegan al procedimiento descrito en el CR-2010, de esta forma se asegura que la calidad del proceso constructivo es la requerida para el proyecto.

### **Razón de evaporación superficial del concreto**

La razón de evaporación superficial debe estar en todos los casos por debajo de  $1 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{-h})$ , según lo especificado en el CR-2010. El laboratorio LGC realizó los estudios pertinentes para verificar que la evaporación no supere este límite, asegurando que las condiciones ambientales en el momento y lugar de las chorreas no darían como resultado un valor mayor a 1.

Los datos que se obtuvieron en el campo, y utilizando el promedio de las temperaturas del concreto durante la jornada, se obtienen los resultados mostrados en la

Tabla 154, los cuales demuestran lo afirmado por el laboratorio. El valor más alto obtenido fue de  $0,25 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{-h})$ .

### **Inspección final de las losas colocadas**

Se hizo una visita el 9 de septiembre del 2013, para realizar una inspección visual de las losas que fueron colocadas durante los meses de mayo y junio, algunos de estos tramos ya están en uso por los vehículos que pasan por la carretera todos los días y los resultados obtenidos son muy satisfactorios, para esta inspección fue elaborada la lista de verificación para los deterioros del pavimento rígido adjuntada como el Apéndice 12.

A continuación se muestran las imágenes de lo que se observó dos meses después de la colocación de la última chorrea de junio.



**Imagen 20.** Tramo abierto al tránsito desde la estación 210+819,25 hasta la 208+328 (aproximadamente 2,5 km).



**Imagen 21.** Tramo abierto al tránsito.

En las losas que se construyeron y abrieron al tránsito no se observó ningún defecto crítico como lo es el agrietamiento, el despostillamiento en las juntas, esto gracias a la baja relación agua cemento presente en la mezcla por el uso de aditivos que permitían la reducción de agua, tampoco se observaron defectos por hundimiento de la base estabilizada.



**Imagen 22.** Junta transversal correctamente aserrada y sellada.

Las juntas transversales fueron realizadas a cada 4,15 m, con el propósito de controlar el agrietamiento de las losas.



**Imagen 23.** Agrietamiento de la losa a lo largo del aserrado transversal.

En la Imagen 23 se muestra como la grieta sucede en el lugar donde fue aserrada la losa, demostrando como la teoría se cumple en la práctica. Esto sucede en todas las juntas transversales y en la junta longitudinal.



**Imagen 24.** Junta longitudinal sellada.



**Imagen 25.** Canastas de dovelas expuestas por losa defectuosa demolida.

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

Cuando una losa no cumple con los requisitos o la inspección determina que no es funcional, esta es retirada para sustituirla por una que alcance la calidad que se necesita para el proyecto.



**Imagen 26.** Junta transversal con falta de material sellador.



**Imagen 27.** Junta transversal con deficiencia en el sellado.

Es importante evitar estas deficiencias en el material de sello, ya que pueden introducirse materiales poco compresibles ocasionando fisuras o despostillamientos.

En las imágenes 26 y 27 se muestra como en algunos casos, el sellado queda incompleto, posibilitando que se introduzca agua o materiales incompresibles.



**Imagen 28.** Despostillamiento en junta transversal.

En la Imagen 28 se muestra lo que sucede cuando el aserrado se realiza en una zona donde el concreto es débil, posiblemente por un sobre acabado, esto no es común en el proyecto, ya que a lo largo de los 6,2 km analizados existen cerca de 1.500 juntas, de las cuales el 99,7% presenta condiciones aceptables.

En resumen, los daños apreciados en las losas analizadas son despostillamientos y deficiencias en el material de sello, no aparecen grietas o fisuras de ningún tipo. Es recomendable realizar otra inspección cuando las losas entren en funcionamiento al 100%.

# Conclusiones

- El cemento proporcionado por Cemex cumple con las especificaciones del RTCR 383.
- El agregado grueso, el agregado fino, el agua y los aditivos utilizados para el diseño de la mezcla cumplen con las especificaciones indicadas en el CR-2010.
- El revenimiento y la temperatura de la mezcla se evalúa mediante valores promediados por lo que estos resultan satisfactorios y cumplen con los límites de control establecidos por el CR-2010.
- El 100% de los cilindros fallados a los 28 días cumplen con la resistencia a la compresión requerida
- La resistencia a la flexotracción también es evaluada con valores promedio, lo que coloca sus resultados por encima del límite de control inferior.
- El proceso constructivo implementado para el proyecto de Ampliación y Rehabilitación se apega a las especificaciones indicadas en el CR-2010.
- La máquina utilizada para el texturizado de la superficie del pavimento deja surcos perpendiculares al eje longitudinal de 5 mm a cada 15 mm y con profundidades de 4 mm a 5 mm, cumpliendo con la especificación indicada en el CR-2010.
- La razón de evaporación superficial en el tramo Liberia-Bagaces no presenta inconvenientes ya que ninguno de los casos analizados alcanza el valor máximo de  $1 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{-h})$ .
- Se desarrolló el Manual para la Construcción de Losas de Concreto para Pavimento Rígido, al igual que las listas de verificación y hojas de control, las cuales FCC utiliza actualmente.
- Las losas de concreto analizadas no muestran daños extremos, se observaron

despostillamientos en las juntas y deficiencias del sellado en algunos casos.



# Recomendaciones

- Es importante revisar y controlar el cumplimiento de cada uno de los materiales y procurar que se cumpla lo especificado en el CR-2010.
- Se debe evitar en medida de lo posible las descargas de concreto directamente sobre las canastas de dovelas, ya que se pueden desplazar de su posición.
- Es importante controlar la temperatura de los agregados, ya que este factor puede producir temperaturas elevadas en la bachada de concreto, y así disminuir su resistencia a la compresión y a la flexotracción a los 28 días.
- Después de realizar el aserrado de las juntas transversales y longitudinales, protegerlas con algún material, como pliego plástico antes de su sellado, para impedir que se introduzcan materiales extraños que puedan perjudicar la junta.
- El Manual, producto de este proyecto, se diseñó para el uso del chequeador o inspector del proceso constructivo, por lo que recomiendo se le facilite a dicha persona para la correcta utilización de las hojas de control.
- Seguir el proceso constructivo descrito en el manual adjunto en el Apéndice 7, el cual se apega a las especificaciones del CR-2010.
- Es importante dejar todas las superficies de las losas limpias y sin residuos de concreto que pueden implicar trabajos adicionales y costos extra.
- Es vital para la estabilidad de las juntas, que el sellado se realice a todo lo largo de la misma sin que queden espacios sin sellar al final o al inicio de las mismas.
- Para un correcto uso de la lista de verificación de los deterioros en el pavimento rígido, se recomienda aplicarla después de un amplio espacio de tiempo en el cual las losas hayan sido abiertas al tránsito.

# Referencias:

- Calderón, A. U. (2009). *Aseguramiento de la calidad en materiales para superficies de ruedo de pavimentos flexibles y rígidos en Costa Rica*. San Jose.
- Fregoso, G. G. (1992). *Pavimentos de Concreto, Procedimientos para autoconstrucción*. Mexico DF, Mexico: IMCYC.
- Ramirez, F. (22 de noviembre de 2012). [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net). Recuperado el 6 de Marzo de 2013, de <http://www.slideshare.net/nievesiita/pavimento-flexible-y-rigido#btnNext>.
- Rodríguez, I. A. (1998). *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. Mexico DF: IMCYC.
- MOPT. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010)*.
- Reyes, F. A. (2003). *Diseño racional de pavimentos*. Bogotá, Colombia.
- Altamirano, L. F. (2007). *Deterioro de pavimentos rígidos*. [www.monografias.com](http://www.monografias.com). Recuperado el 22 de octubre del 2013, de [http://www.monografias.com/.../deterioro../deterioro-pavimentos-rigidos.pdf%E2%80%8E](http://www.monografias.com/.../deterioro..../deterioro-pavimentos-rigidos.pdf%E2%80%8E).
- ICCYC. (2004). *Reglamento Técnico de Cementos Hidráulicos*. Recuperado el 5 del 12 del 2013, de <http://www.iccyc.com/pagecreator/paginas/>

# Apéndices

**Apéndice 1.** Resistencias de las vigas a la flexotracción a los 28 días (mayo).

| Fecha (mayo)   | 2    | 3    | 4    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 21   | 23   | 25   | 26   | 27   |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Resistencia a la flexotracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | 46,8 | 49,4 | 52,9 | 51,3 | 51,3 | 53   | 53,9 | 55,3 | 62,9 | 46,6 | 49,8 | 51,3 | 50,9 | 55,7 | 55,2 | 60,2 | 52,6 | 59,2 | 50,8 | 50   | 46,2 |
|  | 51,1 | 45,1 | 47,7 | 55,6 | 49   | 51,5 | 58,3 | 51,7 | 53,8 | 47,6 | 47   | 50,1 | 64,1 | 60,7 | 63,8 | 48,5 | 62,2 | 53   | 56,5 | 48,5 | 49,9 |
|  | 47,1 | 47,6 | 43,7 | 57,9 | 44,7 | 51,8 | --   | 50   | 48,9 | 39,4 | 46   | 57,8 | --   | 53   | 55,1 | 55,8 | 53,9 | 56,6 | 50   | 51,2 | 51,6 |
|  | 48,7 | 46,7 | 46,2 | 50,1 | 56,9 | 57,2 | --   | 53   | 45,9 | 44,9 | 45   | 51,9 | --   | 55,7 | 56,3 | 49   | 50,3 | 50,3 | 48,7 | 51,6 | 52,7 |
|  | 48,7 | 49   | 44,9 | 51,3 | 52,6 | 50,7 | --   | 51,9 | 54,3 | 47,1 | 35,3 | 45,1 | --   | 52,9 | 56,5 | 43,2 | 59,2 | 51,3 | 55,6 | 48,7 | 52,5 |
|  | 41,5 | 45,2 | 45,5 | 55   | 51,7 | 46   | --   | 50,3 | 54,3 | 46,1 | 41,2 | 47,3 | --   | 53,4 | 57,6 | 49,3 | 53   | 56,9 | 60,9 | 52,5 | 48,8 |
|  | 50,8 | 47,6 | 49   | 47,4 | 45,4 | 49   | --   | 43,4 | 53,6 | 49,6 | --   | 46,5 | --   | 54   | 51,3 | 49,4 | 57,9 | 56,6 | 50,6 | 56,2 | 45,7 |
| Promedio diario (kg/cm <sup>2</sup> )                | 47,8 | 47,2 | 47,1 | 52,6 | 50,2 | 51,3 | 56,1 | 50,8 | 53,4 | 45,9 | 45,1 | 50   | 57,5 | 55,1 | 56,6 | 50,8 | 55,6 | 54,8 | 53,3 | 51,3 | 49,6 |

**Apéndice 2.** Resistencias de los cilindros a la compresión a los 28 días (mayo).

| Fecha (mayo)                                      | 2   | 3   | 4   | 6   | 7   | 8   | 10  | 11  | 12  | 14  | 16  | 17  | 18  | 21  | 23  | 25  | 26  | 27  |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) | 450 | 405 | 499 | 491 | 496 | 373 | 472 | 400 | 479 | 496 | 440 | 448 | 440 | 414 | 453 | 453 | 449 | 444 |
|   | 450 | 411 | 497 | 485 | 496 | 387 | 468 | 453 | 445 | 378 | 443 | 438 | 441 | 433 | 452 | 453 | 394 | 447 |
|   | 445 | --  | 441 | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  |
|   | 420 | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  |
| Promedio diario (kg/cm <sup>2</sup> )             | 441 | 408 | 479 | 488 | 496 | 380 | 470 | 426 | 462 | 437 | 442 | 443 | 441 | 424 | 453 | 453 | 422 | 446 |

Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia

**Apéndice 3. Resultados de temperatura y revenimiento del concreto para el mes de mayo.**

| Ensayo     | Revenimiento (cm) |     |     |     |     |     |   |     |     |     |    |     |     |     |     |    |    |     |     |     |     |    |
|------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|
|            | 2                 | 3   | 4   | 6   | 7   | 8   | 9 | 10  | 11  | 12  | 13 | 14  | 15  | 16  | 17  | 18 | 20 | 21  | 23  | 25  | 26  | 27 |
| Resultados | 6                 | 4   | 8   | 6   | 4   | 5,5 | 4 | 4   | 7   | 7   | 3  | 5   | 4   | 7   | 5   | 3  | 2  | 7   | 4   | 6   | 10  | 5  |
|            | 5                 | 5   | 6,5 | 8   | 4   | 4   | 5 | 4   | 4   | 5   | 3  | 5   | 4   | 4   | 4   | 4  | 3  | 6   | 4   | 6   | 10  | 5  |
|            | 5,5               | 5   | 7   | 4   | 4   | 5   | 4 | 6   | 4   | 5   | 4  | 5   | 4,5 | 5   | 4   | 4  | 4  | 6   | 4   | 6   | 10  | 5  |
|            | 5,5               | 5   | 2,5 | 11  | 5   | 3   | 5 | 4,5 | 4   | 5   | 5  | 5   | 4   | 5   | 4   | 4  | -  | 5   | 4   | 5,5 | 6   | 5  |
|            | 5                 | 6,5 | 4   | 5   | 6   | 4   | 4 | 5   | 4   | 4   | 9  | 4   | 4   | 5   | 5   | 5  | -  | 5   | 3   | 6   | 10  | 5  |
|            | 4,5               | 6   | 3   | 4   | 5   | 4   | 5 | 4   | 4   | 4   | 7  | 4   | 4   | 5   | 5   | 5  | -  | 6   | 4   | 5   | 10  | 4  |
|            | 3                 | 8,3 | 7,5 | 6   | 6   | 7   | 4 | 4   | 4   | 3   | 5  | 5   | 4   | 5,5 | 6   | 4  | -  | 6   | 4   | 6   | 4   | 5  |
|            | 3                 | 3,5 | 4   | 8   | 6   | 3,5 | 6 | 4   | 4   | 4   | 6  | 5   | 4   | 4   | 4,5 | 5  | -  | 5   | 5   | 5   | 4   | 4  |
|            | 4                 | 4   | 4   | 9,5 | 6   | 4   | 6 | 4   | 5   | 4   | 5  | 5   | -   | 5   | 4,5 | 6  | -  | 5   | 4   | 4,5 | 4,5 | 4  |
|            | 5                 | 4   | 3,5 | 6   | 7   | 4,5 | 5 | 5   | 6,5 | 6   | 6  | 5   | -   | 4   | 5   | 5  | -  | 6   | 5   | 4   | 4   | 6  |
|            | 4,5               | 5,5 | 4   | 5   | 5   | 4   | - | 5   | 5   | 5,5 | 6  | 7   | -   | 5   | 7   | 6  | -  | 5   | 6   | 9   | 5   | 5  |
|            | 2                 | 8   | 3   | 6   | 4,5 | 6   | - | 4   | 5   | 4   | 5  | 6   | -   | 5   | 5   | 5  | -  | 5   | 5,5 | 8   | 5   | 5  |
|            | 4                 | 6   | 3,5 | 4   | 4,5 | 4   | - | 4   | 4   | 4   | 5  | 5   | -   | 6   | 5,5 | 5  | -  | 6   | 5   | 4   | 4   | 5  |
|            | 3,5               | 8   | 4   | 5   | 8   | 5   | - | 5   | 5   | 4   | 5  | 4,5 | -   | 5   | 5   | 5  | -  | 6   | 4   | 4,5 | 4   | 4  |
|            | 4                 | 7   | 1   | 5   | 7   | 5   | - | 5   | 4,5 | 4   | 3  | 5   | -   | 6   | 4,5 | 5  | -  | 6   | 6   | 4   | 7   | 4  |
|            | 3,5               | 6,5 | 1,5 | 4   | 6   | 5   | - | 5   | 5   | 4   | 3  | 5   | -   | 4   | 5   | 5  | -  | 7   | 3   | 4,5 | 6   | 5  |
|            | 3                 | 5   | 4   | 4   | 5   | 5,5 | - | 5   | 5   | 5   | 5  | 5   | -   | 6   | 5   | 4  | -  | 6   | 5   | 4,5 | 4   | 6  |
|            | 4                 | 4,5 | 3   | 5   | 7   | 8,5 | - | 5   | 4   | 4   | -  | 5   | -   | 6   | 5,5 | 4  | -  | 6   | 5   | 4   | 4,5 | 8  |
|            | 4                 | 3   | 3,5 | 6   | 6   | 7   | - | 5   | 4   | 4   | -  | 6   | -   | 5,5 | 6   | 4  | -  | 5,5 | 5   | 4   | 7   | 8  |
|            | 4                 | 4   | 6,5 | 4   | 5   | 5   | - | 5   | 5   | 4   | -  | 5   | -   | 8,5 | 5   | 4  | -  | 6   | 5   | 3,5 | 7   | 6  |
|            | 3,5               | 4,5 | 3   | 4   | 6   | 4   | - | 5,5 | 5,5 | 4   | -  | 5   | -   | 6   | 5   | 4  | -  | 4,5 | 3   | 4   | 7   | 6  |
|            | 4                 | 5   | 4   | -   | 6   | 5   | - | 5   | 4,5 | 5   | -  | 5,5 | -   | 6   | 3   | 4  | -  | 4   | 4   | 5   | 6   | 6  |
|            | 3                 | 5   | 3,5 | -   | 4,5 | 5   | - | 4   | 5   | 4   | -  | 5   | -   | 6,5 | 4,5 | 4  | -  | 4   | 3   | 4,5 | 6   | 6  |
|            | 4                 | 5,5 | -   | -   | -   | 6   | - | 4   | 5   | 5   | -  | 4   | -   | 5,5 | 5   | 4  | -  | 4   | 4   | 5   | 5   | 4  |
|            | 7                 | 5   | -   | -   | -   | 5   | - | 4   | 4   | 5   | -  | 6   | -   | 5   | 3   | 5  | -  | 4,5 | 2   | 4   | 5   | 3  |
|            | 6                 | 4,5 | -   | -   | -   | 4   | - | 5   | 4   | 5   | -  | 6   | -   | 5   | 4   | 5  | -  | 4,5 | 3   | 1   | 4   | 4  |
|            | -                 | -   | -   | -   | -   | 6   | - | 5   | 4   | 6   | -  | 6   | -   | 5   | 4   | -  | -  | 4   | 3   | 1   | 4,5 | 4  |
|            | -                 | -   | -   | -   | -   | 7   | - | 5   | 5   | 5,5 | -  | 7   | -   | 6   | 5   | -  | -  | 4,5 | 4   | 4   | 4   | 5  |
|            | -                 | -   | -   | -   | -   | 5   | - | 4,5 | 4   | 5   | -  | 5   | -   | 5,5 | 5   | -  | -  | 5   | 4   | 5   | 6   | 4  |
|            | -                 | -   | -   | -   | -   | 5   | - | 5   | 4   | 6   | -  | 6   | -   | 6   | 4   | -  | -  | 6   | 4   | 4,5 | 5   | 3  |
|            | -                 | -   | -   | -   | -   | 5   | - | 4,5 | 5   | 4   | -  | 4   | -   | 4   | 4   | -  | -  | 5,5 | 4   | 4   | 5   | 4  |
|            | -                 | -   | -   | -   | -   | 4,5 | - | 5   | 4   | -   | -  | 3   | -   | 4   | 4   | -  | -  | 5,5 | 4   | 5,5 | 4,5 | 4  |
| -          | -                 | -   | -   | -   | 5   | -   | 4 | 4   | -   | -   | 4  | -   | 3,5 | 4,5 | -   | -  | 4  | 4   | 10  | 5   | 4   |    |
| -          | -                 | -   | -   | -   | 3,5 | -   | 5 | 4   | -   | -   | 4  | -   | 4   | 4   | -   | -  | 5  | 4   | 8   | 4   | 3   |    |
| -          | -                 | -   | -   | -   | 5   | -   | 6 | 4   | -   | -   | 4  | -   | 6   | 5   | -   | -  | 7  | 3   | 8   | 6   | 4   |    |

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

|                 |     |     |     |     |     |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| -               | -   | -   | -   | -   | 5   | - | 5   | 5   | -   | -   | 4   | -   | 5,5 | 4   | -   | -   | 8   | 4   | 8   | 4   | 4   |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | 5   | - | 4   | 5   | -   | -   | 4   | -   | 5   | 4   | -   | -   | 6   | 5   | 8,5 | 5,5 | 5   |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | 5   | - | 5   | 4   | -   | -   | 4   | -   | 5,5 | 5   | -   | -   | 6   | 5   | 8   | 4,5 | 5   |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | 5   | - | 5   | 5   | -   | -   | 4,5 | -   | 5   | 5   | -   | -   | 6   | 5   | 8   | 5   | 5,5 |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | 5   | - | 4,5 | 5   | -   | -   | 5   | -   | 6   | 4   | -   | -   | 6   | 4   | 10  | 5   | 5   |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | 5   | 5   | -   | -   | 4   | -   | 5   | 4   | -   | -   | 6   | 4   | 6   | 5,5 | 6   |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | 5   | -   | -   | -   | 4   | -   | 5   | 6   | -   | -   | 5,5 | 5   | 6   | 6   | 6   |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | 4   | -   | -   | -   | 5   | -   | 5   | -   | -   | -   | 5,5 | 5   | 6   | 5   | 5,5 |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | 6   | -   | -   | -   | 5   | -   | 4,5 | -   | -   | -   | 6   | 5   | 6   | 4,5 | 6   |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | 4   | -   | -   | -   | 4,5 | -   | 5   | -   | -   | -   | 5   | 5,5 | -   | 4,5 | 6   |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | 4   | -   | 5   | -   | -   | -   | 6   | 5   | -   | 4,5 | 5,5 |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 5   | -   | -   | -   | 6   | 4   | -   | 3   | 6   |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 5   | -   | -   | -   | 4   | 5   | -   | 4   | 6   |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 5   | 5   | -   | 5   | 5,5 |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 5   | 5,5 | -   | 4   | 6   |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 5   | -   | 4   | 5   |     |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 5   | -   | 4   | 6   |     |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 4   | -   | 4,5 | 5,5 |     |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 4   | -   | 4   | 4   |     |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 4   | -   | 5   | 5,5 |     |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 5   | -   | 5   | 4   |     |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 5,5 | -   | 5,5 | -   |     |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 5   | -   | 4   | -   |     |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 4   | -   | 6   | -   |     |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 5   | -   | 4   | -   |     |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 5   | -   | 6   | -   |     |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 6   | -   | 5,5 | -   |     |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 6   | -   |     |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 5   | -   |     |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 6   | -   |     |   |
| -               | -   | -   | -   | -   | -   | - | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 6   | -   |     |   |
| <b>Promedio</b> | 4,3 | 5,3 | 4,1 | 5,7 | 5,5 | 5 | 4,8 | 4,7 | 4,6 | 4,6 | 5   | 4,9 | 4,1 | 5,2 | 4,7 | 4,5 | 3   | 5,5 | 4,4 | 5,5 | 5,4 | 5 |

Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia

| Ensayo       | Temperatura (°C) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Fecha (mayo) | 2                | 3  | 4  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 20 | 21 | 23 | 25 | 26 | 27 |
| Resultados   | 31,8             | 31 | 30 | 30 | 31 | 31 | 33 | 31 | 29 | 29 | 30 | 29 | 28 | 28 | 28 | 30 | 32 | 28 | 29 | 29 | 29 | 31 |
|              | 32               | 31 | 30 | 31 | 31 | 31 | 33 | 31 | 31 | 31 | 30 | 29 | 29 | 28 | 30 | 30 | 31 | 30 | 30 | 31 | 29 | 32 |
|              | 30,4             | 31 | 29 | 32 | 31 | 31 | 31 | 30 | 31 | 31 | 31 | 29 | 28 | 29 | 30 | 30 | 32 | 31 | 28 | 31 | 29 | 32 |
|              | 31,5             | 31 | 31 | 32 | 31 | 32 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 29 | 30 | 30 | 30 | 30 | -  | 30 | 31 | 31 | 30 | 32 |
|              | 29,6             | 31 | 31 | 32 | 32 | 32 | 31 | 31 | 31 | 31 | 29 | 30 | 30 | 31 | 30 | 30 | -  | 29 | 30 | 32 | 31 | 31 |
|              | 31,1             | 31 | 31 | 31 | 31 | 32 | 30 | 29 | 31 | 31 | 31 | 30 | 29 | 30 | 30 | 30 | -  | 29 | 30 | 32 | 30 | 31 |
|              | 32,1             | 31 | 31 | 32 | 31 | 30 | 29 | 30 | 31 | 31 | 30 | 30 | 29 | 31 | 30 | 30 | -  | 29 | 30 | 32 | 31 | 32 |
|              | 32               | 31 | 31 | 31 | 31 | 29 | 29 | 30 | 31 | 31 | 30 | 30 | 28 | 31 | 30 | 29 | -  | 29 | 30 | 32 | 32 | 32 |
|              | 31,7             | 31 | 31 | 31 | 31 | 30 | 29 | 30 | 31 | 31 | 30 | 30 | -  | 30 | 30 | 30 | -  | 29 | 29 | 32 | 31 | 31 |
|              | 31,3             | 30 | 31 | 31 | 31 | 29 | 31 | 28 | 30 | 31 | 30 | 30 | -  | 30 | 29 | 30 | -  | 29 | 30 | 32 | 32 | 31 |
|              | 31,4             | 31 | 31 | 31 | 31 | 30 | -  | 28 | 30 | 31 | 29 | 30 | -  | 30 | 29 | 29 | -  | 28 | 30 | 32 | 32 | 31 |
|              | 32               | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | -  | 29 | 31 | 31 | 31 | 29 | -  | 30 | 28 | 31 | -  | 29 | 29 | 32 | 31 | 31 |
|              | 31,4             | 31 | 30 | 30 | 31 | 30 | -  | 31 | 32 | 32 | 32 | 32 | -  | 32 | 31 | 31 | -  | 29 | 30 | 31 | 31 | 30 |
|              | 31,5             | 30 | 31 | 29 | 31 | 30 | -  | 31 | 32 | 32 | 32 | 32 | -  | 31 | 32 | 32 | -  | 29 | 31 | 31 | 31 | 31 |
|              | 31,9             | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | -  | 31 | 33 | 32 | 33 | 32 | -  | 32 | 32 | 32 | -  | 30 | 31 | 31 | 31 | 30 |
|              | 31,8             | 31 | 31 | 29 | 31 | 30 | -  | 32 | 32 | 32 | 32 | 31 | -  | 32 | 31 | 32 | -  | 28 | 30 | 31 | 30 | 31 |
|              | 31,7             | 30 | 31 | 30 | 31 | 30 | -  | 31 | 33 | 33 | 31 | 31 | -  | 31 | 31 | 32 | -  | 31 | 30 | 32 | 30 | 31 |
|              | 31,7             | 30 | 31 | 31 | 31 | 30 | -  | 32 | 32 | 32 | -  | 31 | -  | 31 | 32 | 32 | -  | 31 | 30 | 31 | 31 | 31 |
|              | 30,9             | 31 | 30 | 30 | 31 | 31 | -  | 32 | 32 | 32 | -  | 31 | -  | 31 | 31 | 32 | -  | 31 | 30 | 31 | 31 | 31 |
|              | 30,8             | 31 | 31 | 30 | 31 | 31 | -  | 32 | 33 | 32 | -  | 31 | -  | 31 | 31 | 31 | -  | 31 | 31 | 32 | 30 | 32 |
|              | 31,3             | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | -  | 31 | 31 | 32 | -  | 31 | -  | 30 | 31 | 32 | -  | 31 | 31 | 32 | 30 | 29 |
|              | 31               | 30 | 31 | -  | 31 | 31 | -  | 31 | 31 | 32 | -  | 31 | -  | 31 | 30 | 32 | -  | 31 | 31 | 33 | 30 | 31 |
|              | 30,9             | 30 | 31 | -  | 31 | 31 | -  | 31 | 31 | 33 | -  | 31 | -  | 32 | 31 | 31 | -  | 31 | 31 | 32 | 30 | 32 |
|              | 31,5             | 30 | 31 | -  | 31 | 31 | -  | 31 | 31 | 32 | -  | 31 | -  | 32 | 31 | 31 | -  | 31 | 31 | 32 | 31 | 31 |
|              | 31               | 31 | 30 | -  | -  | 31 | -  | 31 | 31 | 32 | -  | 31 | -  | 31 | 31 | 32 | -  | 31 | 31 | 33 | 31 | 30 |
|              | 30,9             | 31 | 30 | -  | -  | 31 | -  | 31 | 32 | 32 | -  | 31 | -  | 31 | 31 | 31 | -  | 31 | 31 | 32 | 30 | 31 |
|              | 31               | 31 | 31 | -  | -  | 31 | -  | 31 | 31 | 32 | -  | 31 | -  | 32 | 31 | -  | -  | 31 | 31 | 30 | 29 | 31 |
|              | -                | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | 31 | 32 | 32 | -  | 31 | -  | 32 | 31 | -  | -  | 31 | 31 | 32 | 31 | 31 |
|              | -                | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | 31 | 31 | 31 | -  | 31 | -  | 32 | 31 | -  | -  | 31 | 31 | 32 | 31 | 32 |
|              | -                | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | 31 | 31 | 31 | -  | 31 | -  | 31 | 30 | -  | -  | 31 | 31 | 32 | 31 | 32 |
|              | -                | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | 31 | 31 | 31 | -  | 30 | -  | 31 | 31 | -  | -  | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |
|              | -                | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | 31 | 31 | -  | -  | 31 | -  | 31 | 30 | -  | -  | 32 | 32 | 32 | 30 | 32 |
| -            | -                | -  | -  | -  | 31 | -  | 31 | 31 | -  | -  | 30 | -  | 32 | 31 | -  | -  | 32 | 31 | 32 | 30 | 32 |    |
| -            | -                | -  | -  | -  | 30 | -  | 31 | 31 | -  | -  | 31 | -  | 31 | 31 | -  | -  | 31 | 31 | 31 | 31 | 32 |    |
| -            | -                | -  | -  | -  | 31 | -  | 31 | 31 | -  | -  | 31 | -  | 31 | 31 | -  | -  | 31 | 32 | 32 | 30 | 32 |    |
| -            | -                | -  | -  | -  | 31 | -  | 31 | 32 | -  | -  | 30 | -  | 29 | 31 | -  | -  | 31 | 31 | 32 | 31 | 32 |    |
| -            | -                | -  | -  | -  | 29 | -  | 32 | 32 | -  | -  | 31 | -  | 30 | 31 | -  | -  | 31 | 31 | 32 | 30 | 32 |    |

Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia

|                 |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| -               | -      | -  | -  | -  | 30 | -  | 32 | 32 | -  | -  | 30 | -  | 30 | 31 | -  | -  | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | 29 | -  | 33 | 32 | -  | -  | 30 | -  | 31 | 30 | -  | -  | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | 30 | -  | 31 | 31 | -  | -  | 30 | -  | 31 | 29 | -  | -  | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | 28 | -  | 32 | 31 | -  | -  | 30 | -  | 30 | 30 | -  | -  | 31 | 31 | 31 | 31 | 33 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | -  | -  | 30 | -  | 30 | 30 | -  | -  | 32 | 31 | 31 | 31 | 32 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | -  | -  | 31 | -  | 31 | -  | -  | -  | 32 | 31 | 31 | 31 | 32 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | -  | -  | 30 | -  | 30 | -  | -  | -  | 31 | 32 | 31 | 31 | 33 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | -  | -  | 31 | -  | 30 | -  | -  | -  | 31 | 32 | -  | 31 | 33 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | 30 | -  | -  | -  | 31 | 32 | -  | 31 | 32 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 30 | -  | -  | -  | 31 | 32 | -  | 31 | 32 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 30 | -  | -  | -  | 31 | 32 | -  | 31 | 33 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | 32 | -  | 31 | 30 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | 32 | -  | 31 | 33 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | 30 | 33 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | 30 | 31 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | 30 | 31 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | 31 | 31 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | 30 | 31 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | 30 | 30 |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | 29 | -  |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | 29 | -  |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | -  | 28 | -  |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 30 | -  | 28 | -  |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 30 | -  | 28 | -  |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 30 | -  | 28 | -  |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 30 | -  |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 30 | -  |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 30 | -  |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 30 | -  |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 30 | -  |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 30 | -  |    |
| -               | -      | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 31 | -  |    |
| <b>Promedio</b> | 31,341 | 31 | 31 | 31 | 31 | 30 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 30 | 29 | 31 | 30 | 31 | 32 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 |

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

**Apéndice 4.**Resistencias de las vigas a la flexotracción a los 28 días (junio).

| Fecha (junio)  | 4    | 5    | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12 | 13   | 14    | 17    | 19    | 20    | 21    | 22 | 23    | 24    | 25 |
|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|----|
| Resistencia a la flexotracción (kg/cm <sup>2</sup> ) | 46,9 | 58   | 54    | 47,1  | 55,3  | 46    | 52    | 54,9  | 56 | 52,1 | 54,7  | 55    | 55    | 50    | 56    | 56 | 47    | 50    | 44 |
|  | 55,8 | 54   | 52,8  | 51,3  | 57,9  | 48,7  | 52    | 68    | 52 | 51   | 62,2  | 47    | 57    | 48    | 55    | 51 | 56    | 47    | 50 |
|  | 54,3 | 60,1 | 49,9  | 51,7  | 52,3  | 51,3  | 59    | 53,9  | 51 | 51,3 | 55,3  | 51    | 47    | 52    | 45    | 60 | 47,7  | 52    | 46 |
|  | 53,4 |      | 62,1  | 42,7  | 48,7  | 44    | 46    | 52,6  | 56 | 49   | 56    | 52    | 49    | 49    | 51    | 54 | 47    | 51    | 44 |
|  | 56,9 |      | 56,7  | 47    | 60,1  | 49,3  | 53    | 55,6  | 51 | 60   | 54,3  |       | 51    | 58    | 59    | 61 | 48    | 51    |    |
|  | 55,6 |      | 50,3  | 50    | 51,7  | 46,7  | 43    | 52,4  | 44 | 59   | 52,3  |       | 46    | 50    | 59    | 54 | 55    | 47    |    |
|  | 52,2 | 53,6 | 51,7  | 49,3  | 60,5  | 48    | 56    | 54    | 54 | 57   | 58,3  |       | 46    | 52    | 47    | 56 | 60    | 43    |    |
|  |      |      |       |       |       | 46,7  |       |       |    |      |       |       |       |       |       |    |       | 54    |    |
|  |      |      |       |       |       |       |       |       |    |      |       |       |       |       |       |    |       | 53    |    |
|  |      |      |       |       |       |       |       |       |    |      |       |       |       |       |       |    | 46    |       |    |
| Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )                       | 54   | 56   | 53,93 | 48,44 | 55,21 | 47,59 | 51,57 | 55,91 | 52 | 54,2 | 56,16 | 51,25 | 50,14 | 51,29 | 53,14 | 56 | 51,37 | 48,71 | 46 |

**Apéndice 5.**Resistencias de los cilindros a la compresión a los 28 días (junio).

| Fecha (junio)                                     | 3   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13    | 14    | 17  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23    | 24  |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|
| Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) | 393 | 433 | 421 | 408 | 444 | 444 | 435 | 449 | 417,3 | 473,7 | 405 | 436 | 476 | 430 | 458 | 476,9 | 425 |
|   | 390 | 453 | 435 | 425 | 430 | 430 | 426 |     | 440   | 451,7 | 416 | 456 | 457 | 447 | 453 | 465   | 429 |
|   |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |     |     |     |     |     | 484   |     |
| Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )                    | 392 | 443 | 428 | 417 | 437 | 437 | 431 | 449 | 429   | 463   | 411 | 446 | 467 | 439 | 456 | 475   | 427 |



Apéndice 6. Resultados de temperatura y revenimiento del concreto para junio.

| Ensayo     | Revenimiento (cm) |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |     |    |     |     |     |     |     |
|------------|-------------------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
|            | 3                 | 4   | 6   | 7   | 8  | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 17 | 19  | 20 | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  |
| Resultados | 4                 | 10  | 4   | 5,5 | 5  | 5   | 12  | 4   | 6   | 5   | 6   | 4  | 3,5 | 6  | 7   | 8   | 5   | 5   | 4   |
|            | 5                 | 7   | 4   | 5   | 5  | 5   | 6   | 3   | 8   | 5   | 8   | 4  | 6   | 5  | 6   | 8   | 5   | 6   | 4   |
|            | 5                 | 4   | 4   | 4   | 5  | 5   | 5   | 4   | 6   | 5   | 4   | 5  | 4   | 6  | 6   | 7   | 6   | 7   | 8   |
|            | 6                 | 5,5 | 5   | 4,5 | 5  | 4   | 5   | 4   | 6   | 6   | 3   | 3  | 5   | 4  | 6   | 8,5 | 6   | 6   | 4,5 |
|            | 5                 | 3,5 | 5   | 5   | 5  | 5   | 6   | 5   | 4   | 6   | 3   | 4  | 5   | 4  | 5   | 4   | 5   | 5   | 4   |
|            | 5                 | 3,5 | 5   | 7,5 | 4  | 5   | 6   | 5   | 4   | 4   | 4   | 4  | 3   | 4  | 5   | 4   | 5   | 1   | 3   |
|            | 6                 | 4   | 7   | 6,5 | 5  | 6   | 6   | 5   | 3,5 | 4,5 | 4   | 6  | 2,5 | 3  | 5   | 5   | 4,5 | 3   | 3,5 |
|            | 13                | 4   | 5   | 9   | 5  | 6   | 6,5 | 5   | 5   | 4   | 4   | 6  | 6   | 4  | 5   | 5,5 | 3   | 3   | 5   |
|            | 13                | 4   | 5   | 7   | 4  | 6   | 5   | 2,5 | 5   | 5   | 3   |    |     | 4  | 5   | 4   | 4   | 5   | 4   |
|            | 4                 | 4   | 4   | 6   | 5  | 5,5 | 4   | 4   | 3,5 | 5   | 4   |    |     | 6  | 5,5 | 5   | 3,5 | 4   | 5   |
|            | 4                 |     | 3   | 5   | 5  | 6   | 6   | 4   | 5   | 4   | 4   |    |     | 7  | 4,5 | 5   | 3   | 3   |     |
|            | 8                 |     | 5,5 | 4   | 4  | 7   | 6   | 2,5 | 2,5 | 8   | 3   |    |     | 4  | 5   | 5   | 3   | 9   |     |
|            | 4                 |     | 5   | 5   | 4  | 6   | 5   | 5,5 | 3   | 6   | 2,5 |    |     | 4  | 4   | 6   | 3,5 | 7   |     |
|            | 8,5               |     | 3,5 | 4   | 4  | 5   | 6   | 4,5 | 3   | 6   | 3   |    |     | 6  | 4   | 6,5 | 4   | 7   |     |
|            | 6,5               |     | 8   | -   | 4  | 6   | 5   | 3   | 5   | 6   | 3   |    |     | 8  | 4   | 6   | 4   | 6   |     |
|            | 7                 |     | 4,5 | 4   | 9  | 5   | 4   | 3   | 3   | 5   | 3   |    |     | 5  | 4   | 4   | 4   | 6   |     |
|            | 6                 |     | 3,5 | 3   | 7  | 7   | 4   | 4   | 5,5 | 5   | 4   |    |     | 5  | 3,5 | 5   | 3   | 5   |     |
|            | 6                 |     | 4   | 5   | 6  | 7   | 3   | 5   | 5   | 5   | 4   |    |     | 4  | 4   | 4   | 3   | 6   |     |
|            | 5                 |     | 4   | 4   | 5  | 6   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   |    |     | 5  | 4,5 | 4,5 | 2,5 | 6   |     |
|            | 5,5               |     | 4   | 3   | 5  | 6   | 3   | 5   | 4   | 4   | 4   |    |     | 5  | 4   | 4   | 2,5 | 5,5 |     |
|            | 6                 |     | 4   | 4   | 5  | 6   | 3   | 5   | 4   | 4   | 4   |    |     | 5  | 4   | 5   | 5   | 7   |     |
|            | 7,5               |     | 5   | 4   | 6  | 6   | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   |    |     | 8  | 4   | 6   | 4   | 7   |     |
|            | 5,5               |     | 4   | 4   | 5  | 6   | 5   | 4   | 5   | 3,5 | 5   |    |     | 8  | 5   | 5   | 3   | 8   |     |
|            | 5                 |     | 4,5 | 6   | 7  | 6   | 4   | 5   | 8   | 4   | 7   |    |     | 10 | 4   | 5   | 3   | 6   |     |
|            | 5                 |     | 5   | 4   | 6  | 7   | 5   | 4   | 5   | 3   | 6   |    |     | 8  | 5   | 5   | 3,5 | 5   |     |
|            | 4                 |     | 5   | 5   | 5  | 6   | 15  |     | 5   | 3   | 6   |    |     | 6  | 4   | 5   | 4   | 6   |     |
|            |                   |     | 5   | 6   | 5  | 5   | 7   |     | 6   | 3,5 | 6   |    |     | 6  | 5   | 4   | 4   | 5   |     |
|            |                   |     | 5   | 4   | 5  | 6   | 13  |     | 6   | 4   | 6   |    |     | 5  | 9   | 5   | 4   | 4   |     |
|            |                   |     | 6,5 | 4   | 9  | 4   | 7   |     | 5   | 3   | 5   |    |     | 6  | 8   | 6   | 9   | 3   |     |
|            |                   |     | 5   | 7   | 6  | 7   | 7   |     | 5   | 3   | 7   |    |     | 4  | 8,5 | 5   | 6   | 4   |     |
|            |                   | 8,5 | 6   | 4   | 9  | -   |     | 5   | 3   | 6   |     |    | 5   | 7  | 4   | 6   | 6   |     |     |
|            |                   | 6   | 5   | 5   | 10 |     |     | 6   | 4   | 6   |     |    | 4   | 8  | 6   | 5   | 5   |     |     |

Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia

|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------|-----|---|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                 |     |   | 5,5 | 4 | 5   | 7   |     |     | 4,5 | 4   | 5   |     |     | 6   | 7,5 | 8   | 6   | 6   |     |
|                 |     |   | 4,5 | - | 4   | 6   |     |     | 4   | 4   |     |     |     | 5   | 4   | 5   | 5   | 5   |     |
|                 |     |   | 6   |   | 4   | 6   |     |     | 4   | 5   |     |     |     | 5   | 5   | 5   | 5,5 | 5   |     |
|                 |     |   | 4   |   | 5   | 6   |     |     | 6   | 4   |     |     |     |     | 5   | 6   | 5   | 4   |     |
|                 |     |   | 5   |   | 7   | 8   |     |     | 14  | 5   |     |     |     |     | 5   | 7   | 5   | 4   |     |
|                 |     |   | 6   |   | 5   | 6   |     |     | 10  | 5   |     |     |     |     | 5,5 | 5,5 | 4   | 4   |     |
|                 |     |   | 5   |   | 5   | 7   |     |     | 9   | 12  |     |     |     |     | 6   | 5,5 | 8   | 5   |     |
|                 |     |   | 6   |   | 5   | 4   |     |     | 8   | 7   |     |     |     |     | 5   | 4   | 7   | 4,5 |     |
|                 |     |   | 5   |   | 5   | 5   |     |     | 7   | 6   |     |     |     |     | 8   | 4   | 7   | 4,5 |     |
|                 |     |   | 4   |   | 5   | 4   |     |     | 3,5 | 6   |     |     |     |     | 5   | 5   | 6   | 5   |     |
|                 |     |   | 3   |   | 4   | 4   |     |     | 5   | 4   |     |     |     |     | 4   | 5   | 5   | 5   |     |
|                 |     |   | 4   |   | 5   | 5   |     |     | 4   | 4   |     |     |     |     | 5   | 5,5 | 8   | 8   |     |
|                 |     |   | 4   |   |     | 5   |     |     | 4   | 12  |     |     |     |     | 5   | 7   | 7   | 6   |     |
|                 |     |   |     |   |     | 5   |     |     | 5   | 4,5 |     |     |     |     | 5,5 | 6   | 7   |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     | -   | 4   |     |     |     |     | 6   |     | 8   |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     | 5   |     |     |     |     | 5   |     | 6   |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     | 5   |     |     |     |     | 6   |     | 7   |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     | 4   |     |     |     |     | 6   |     | 5   |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     | 6   |     |     |     |     | 6   |     | 6   |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 6,5 |     |     |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 6,5 |     |     |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 4   |     |     |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 4   |     |     |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 6   |     |     |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 6,5 |     |     |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 5   |     |     |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 6   |     |     |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 6   |     |     |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 6   |     |     |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 5,5 |     |     |     |     |
|                 |     |   |     |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 6   |     |     |     |     |
| <b>Promedio</b> | 6,1 | 5 | 4,9 | 5 | 5,2 | 5,9 | 5,9 | 4,2 | 5,3 | 4,9 | 4,6 | 4,5 | 4,4 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 5   | 5,3 | 4,5 |

Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia

| Ensayo     | Temperatura (°C) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|            | 3                | 4  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 17 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| Resultados | 31               | 29 | 28 | 31 | 29 | 29 | 27 | 30 | 32 | 29 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 29 | 28 | 29 | 32 |
|            | 30               | 29 | 31 | 30 | 31 | 29 | 31 | 30 | 32 | 30 | 30 | 31 | 32 | 30 | 29 | 30 | 30 | 29 | 32 |
|            | 30               | 31 | 31 | 30 | 31 | 29 | 31 | 31 | 31 | 31 | 30 | 31 | 31 | 31 | 31 | 29 | 31 | 30 | 32 |
|            | 29               | 29 | 31 | 29 | 31 | 29 | 31 | 30 | 31 | 31 | 29 | 31 | 31 | 31 | 29 | 29 | 31 | 31 | 32 |
|            | 29               | 32 | 31 | 28 | 31 | 29 | 32 | 30 | 32 | 31 | 28 | 31 | 31 | 31 | 31 | 30 | 31 | 31 | 32 |
|            | 29               | 32 | 31 | 27 | 31 | 29 | 31 | 30 | 32 | 31 | 30 | 32 | 31 | 31 | 30 | 31 | 31 | 31 | 30 |
|            | 29               | 31 | 30 | 28 | 30 | 30 | 30 | 30 | 32 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 28 | 31 | 32 | 32 |
|            | 28               | 32 | 30 | 29 | 30 | 30 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 30 | 31 | 32 | 32 |
|            | 29               | 32 | 30 | 29 | 31 | 29 | 31 | 31 | 32 | 31 | 31 |    |    | 31 | 31 | 29 | 32 | 31 | 32 |
|            | 30               | 32 | 31 | 28 | 31 | 29 | 31 | 31 | 32 | 31 | 31 |    |    | 31 | 30 | 30 | 31 | 31 | 31 |
|            | 30               |    | 29 | 29 | 30 | 28 | 31 | 30 | 32 | 31 | 31 |    |    | 31 | 30 | 30 | 30 | 31 |    |
|            | 30               |    | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |    |    | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |    |
|            | 30               |    | 30 | 29 | 30 | 29 | 31 | 31 | 32 | 31 | 31 |    |    | 31 | 31 | 31 | 30 | 32 |    |
|            | 29               |    | 31 | 32 | 30 | 29 | 31 | 31 | 32 | 31 | 31 |    |    | 31 | 31 | 31 | 31 | 32 |    |
|            | 29               |    | 30 | 32 | 30 | 29 | 32 | 31 | 31 | 31 | 31 |    |    | 31 | 31 | 31 | 32 | 32 |    |
|            | 31               |    | 31 | 30 | 30 | 30 | 32 | 31 | 31 | 31 | 31 |    |    | 31 | 31 | 31 | 32 | 32 |    |
|            | 30               |    | 31 | 31 | 30 | 30 | 32 | 31 | 32 | 31 | 31 |    |    | 31 | 31 | 31 | 29 | 32 |    |
|            | 29               |    | 31 | 32 | 30 | 30 | 31 | 31 | 32 | 31 | 31 |    |    | 30 | 31 | 31 | 31 | 32 |    |
|            | 30               |    | 31 | 32 | 30 | 29 | 31 | 31 | 32 | 29 | 31 |    |    | 30 | 30 | 31 | 32 | 32 |    |
|            | 30               |    | 31 | 32 | 30 | 30 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |    |    | 30 | 31 | 31 | 31 | 31 |    |
|            | 31               |    | 31 | 32 | 31 | 30 | 31 | 31 | 31 | 31 | 32 |    |    | 30 | 30 | 31 | 32 | 32 |    |
|            | 31               |    | 31 | 31 | 30 | 30 | 31 | 31 | 32 | 31 | 31 |    |    | 30 | 30 | 31 | 31 | 31 |    |
|            | 31               |    | 32 | 31 | 30 | 30 | 31 | 31 | 32 | 31 | 31 |    |    | 31 | 30 | 31 | 32 | 31 |    |
|            | 30               |    | 32 | 31 | 30 | 30 | 31 | 31 | 32 | 31 | 31 |    |    | 31 | 29 | 31 | 31 | 31 |    |
|            | 31               |    | 32 | 31 | 30 | 30 | 29 |    | 32 | 31 | 32 |    |    | 31 | 30 | 31 | 31 | 32 |    |
|            |                  |    | 31 | 30 | 30 | 30 | 31 |    | 31 | 31 | 31 |    |    | 31 | 30 | 31 | 31 | 31 |    |
|            |                  |    | 31 | 31 | 29 | 30 | 31 |    | 31 | 31 | 31 |    |    | 31 | 30 | 31 | 31 | 32 |    |
|            |                  |    | 31 | 31 | 29 | 30 | 30 |    | 32 | 31 | 34 |    |    | 31 | 31 | 31 | 32 | 32 |    |
|            |                  |    | 30 | 30 | 29 | 31 | 31 |    | 31 | 31 | 31 |    |    | 31 | 31 | 31 | 31 | 32 |    |
|            |                  |    | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 |    | 31 | 32 | 31 |    |    | 30 | 31 | 28 | 30 | 31 |    |
|            |                  | 30 | 31 | 29 | 30 |    |    | 31 | 32 | 31 |    |    | 30 | 31 | 29 | 30 | 32 |    |    |
|            |                  | 30 | 31 | 29 | 31 |    |    | 31 | 31 | 31 |    |    | 30 | 31 | 29 | 29 | 32 |    |    |
|            |                  | 31 | 31 | 29 | 32 |    |    | 31 | 30 |    |    |    | 30 | 30 | 30 | 29 | 31 |    |    |
|            |                  | 31 |    | 29 | 31 |    |    | 31 | 30 |    |    |    | 29 | 29 | 30 | 30 | 31 |    |    |

Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia

|                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                 |    | 31 |    | 29 | 31 |    |    | 30 | 29 |    |    |    |    | 28 | 31 | 31 | 31 |    |    |
|                 |    | 31 |    | 28 | 31 |    |    | 29 | 29 |    |    |    |    | 27 | 31 | 31 | 30 |    |    |
|                 |    | 31 |    | 30 | 31 |    |    | 28 | 30 |    |    |    |    | 28 | 30 | 31 | 31 |    |    |
|                 |    | 31 |    | 31 | 32 |    |    | 29 | 29 |    |    |    |    | 27 | 30 | 31 | 31 |    |    |
|                 |    | 31 |    | 31 | 32 |    |    | 29 | 30 |    |    |    |    | 28 | 30 | 31 | 31 |    |    |
|                 |    | 32 |    | 31 | 31 |    |    | 28 | 29 |    |    |    |    | 28 | 31 | 31 | 30 |    |    |
|                 |    | 31 |    | 29 | 32 |    |    | 27 | 30 |    |    |    |    | 28 | 30 | 31 | 30 |    |    |
|                 |    | 31 |    | 30 | 32 |    |    | 29 | 30 |    |    |    |    | 28 | 31 | 30 | 31 |    |    |
|                 |    | 31 |    | 31 | 32 |    |    | 30 | 29 |    |    |    |    | 28 | 30 | 31 | 31 |    |    |
|                 |    | 31 |    |    | 32 |    |    | 29 | 29 |    |    |    |    | 27 | 30 | 31 | 31 |    |    |
|                 |    |    |    |    | 32 |    |    | 27 | 30 |    |    |    |    | 28 | 30 | 30 |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    | 29 | 28 |    |    |    |    | 28 |    | 31 |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    | 31 |    |    |    |    | 28 |    | 31 |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    | 29 |    |    |    |    | 28 |    | 31 |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    | 30 |    |    |    |    | 28 |    | 32 |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    | 32 |    |    |    |    | 28 |    | 31 |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 28 |    |    |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 29 |    |    |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 31 |    |    |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 29 |    |    |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 29 |    |    |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 29 |    |    |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 28 |    |    |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 28 |    |    |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 28 |    |    |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 27 |    |    |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 28 |    |    |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 27 |    |    |    |    |    |
|                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 28 |    |    |    |    |    |
| <b>Promedio</b> | 30 | 31 | 31 | 30 | 30 | 30 | 31 | 31 | 31 | 30 | 31 | 31 | 31 | 31 | 29 | 30 | 31 | 31 | 32 |

Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia

**Apéndice 7.** Manual para el proceso constructivo de las losas de pavimento rígido con el sistema de formaleta deslizante.

Construcción


Hoja Técnica  
Edición 2110201101  
Identificación No. 408858  
Plastocrete®935

## Plastocrete® 935

Aditivo reductor de agua-plastificante y retardante controlado de fraguado.

---

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>Descripción</b>          | Aditivo líquido reductor de agua, plastificante y retardante controlado de fraguado para concreto. Cumple con la norma ASTM C 494 Tipo D.  |
| <b>Usos</b>                 | Plastocrete® 935 se utiliza en la elaboración de concretos convencionales y en general para todo tipo de estructuras de concreto, especialmente diseñado para climas extremos y prolongados tiempos de transporte. Buena compatibilidad con cementos compuestos.   |
| <b>Ventajas</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aumenta la trabajabilidad y plasticidad del concreto.</li> <li>■ Permite reducir hasta el 10% del agua de mezclado.</li> <li>■ Permite el transporte del concreto a largas distancias o por tiempos prolongados.</li> <li>■ Permite tener retardos de fraguado controlados.</li> </ul>  |
| <b>Modo de Empleo</b>       | Agregue Plastocrete® 935 junto con el agua de mezcla durante la preparación del concreto.  |
| <b>Dosificación</b>         | De 0,4% a 0,6% del peso del cemento (3,0 a 5,0 ml/kg de cemento).  |
| <b>Datos Técnicos</b>       | Tipo: aditivo líquido a base de lignosulfonato modificado.<br>Color: café oscuro.<br>Densidad: 1,24 kg/l aprox.  |
| <b>Precauciones</b>         | La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y las condiciones de la obra.   |
| <b>Medidas de Seguridad</b> | En caso de contacto con la piel, lave la zona afectada inmediatamente con abundante agua y jabón. En caso de contacto con los ojos, lave enseguida con agua abundante durante 15 minutos y acuda al médico. En caso de ingestión no provoque el vómito y solicite atención médica. Para mayor información y en caso de derrames consulte la hoja de seguridad.   |
| <b>Almacenamiento</b>       | Doce (12) meses en su envase original bien cerrado, bajo techo, en un lugar fresco y seco  |
| <b>Advertencia</b>          | Toda la información contenida en este documento y en cualquiera otra asesoría proporcionada, fueron dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika Mexicana de los productos siempre y cuando hayan sido correctamente almacenados, manejados y aplicados en situaciones normales y de acuerdo a las recomendaciones de Sika Mexicana. La información es válida únicamente para la(s) aplicación(es) y el(los) producto(s) a los que se hace expresamente referencia. En caso de cambios en los parámetros de la aplicación, como por ejemplo cambios en los sustratos, o en caso de una aplicación diferente, consulte con el Servicio Técnico de Sika Mexicana previamente a la utilización de los productos Sika. La información aquí contenida no exonera al usuario de hacer pruebas sobre los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. En todo caso referirse siempre a la última versión vigente de la Hoja Técnica del Producto. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras condiciones generales vigentes de venta y suministro. |



1

Plastocrete®935 1/2

Apéndice 9. Ficha técnica del aditivo Sikament-195

Construcción


Hoja Técnica  
Edición 1, 2010  
Identificación No. 096560  
Sikament®-195

## Sikament®-195

Aditivo reductor de agua de rango medio-plastificante de corto retardo con exclusión de aire.

---

|   |  |
|---|--|
| <b>Descripción</b>                                      | Aditivo líquido multipropósito, reductor de agua de rango medio, plastificante y de corto retardo de fraguado con exclusión de aire para concreto. <b>No contiene cloruros.</b> Cumple con la norma <b>ASTM C 494 Tipo A</b> y <b>ASTM C 1017 Tipo II.</b>   |
| <b>Usos</b>   | <b>Sikament®-195</b> se utiliza en la elaboración de concretos para todo tipo de estructuras, especialmente diseñado para emplearse como reductor de agua, plastificante o fluidificante con sólo variar la dosificación. Permite tener concretos con baja inclusión de aire.  |
| <b>Ventajas</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aumenta las resistencias mecánicas.</li> <li>■ Permite acabados superficiales de alta calidad.</li> <li>■ Permite una mayor adherencia al acero de refuerzo.</li> <li>■ Reduce la permeabilidad.</li> <li>■ Se puede redosificar en obra para facilitar la colocación y/o bombeo del concreto sin afectar los tiempos de fraguado.</li> </ul> |
| <b>Modo de Empleo</b><br><b>Aplicación del Producto</b> | <p><b>Como plastificante</b><br/>Agregue <b>Sikament®-195</b> al concreto ya mezclado, en este caso debe ampliarse el tiempo de mezclado medio minuto por cada metro cúbico de concreto.</p> <p><b>Como reductor de agua</b><br/>Agregue <b>Sikament®-195</b> junto con el agua de mezcla durante la preparación del concreto.</p>   |
| <b>Dosificación</b>                                     | <p><b>Como plastificante (ASTM C 1017 Tipo II)</b><br/>De 0.4% a 0.7% del peso del cemento (3.0 a 6.0 ml/kg de cemento)</p> <p><b>Como reductor de agua (ASTM C 494 Tipo A)</b><br/>De 0.4% a 0.7% del peso del cemento (3.0 a 6.0 ml/kg de cemento)</p>   |
| <b>Datos Técnicos</b>                                   | <p>Color: Café oscuro.</p> <p>Densidad: 1.20 kg/l aprox.</p>   |
| <b>Precauciones</b>                                     | <p>La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y las condiciones de la obra.</p> <p>Cuando se empleen redosificaciones del aditivo antes de colocar o bombear el concreto, la dosis total (primera y segunda dosis) no deberá exceder de 1,2% del peso del cemento (10,0 ml/kg de cemento).</p>   |



1
Sikament®-195 1/2

Apéndice 10. Hoja de control del concreto.



HOJA DE CONTROL DE CONCRETOS



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

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| <b>Fecha:</b> _____     | <b>Actividad</b> _____ |
| <b>Proveedor:</b> _____ |                        |

|   |                    |                                 |                     |                             |
|---|--------------------|---------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| <b>Datos del Diseño de Mezcla del Concreto:</b> |                    | Temperatura ambiente: _____ °C  | %H: _____ %         | V viento: _____ km/h        |
| Resistencia Requerida: _____                    | kg/cm <sup>2</sup> | Tamaño Máximo de Agregado _____ | Relación A/C: _____ | Contenido de Cemento: _____ |

|                    |          |          |
|--------------------|----------|----------|
| Contiene Aditivos: | Sí _____ | No _____ |
|--------------------|----------|----------|

| N°             | Fecha | Número o Identificación del | Volumen m <sup>3</sup> | Tiempo de Uso del Concreto   |                        |                                |                        | Ensayos al Inicio de Fabricación |          | Localización       |      |        |                  | Aspecto del concreto (segregación) |                |
|----------------|-------|-----------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------------|----------|--------------------|------|--------|------------------|------------------------------------|----------------|
|                |       |                             |                        | 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 |
| 1              |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |
| 2              |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |
| 3              |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |
| 4              |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |
| 5              |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |
| 6              |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |
| 7              |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |
| 8              |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |
| 9              |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |
| 10             |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |
| 11             |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |
| 12             |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |
| 13             |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |
| 14             |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |
| 15             |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |
| Volumen Total: |       |                             |                        |                              |                        |                                |                        |                                  |          |                    |      |        |                  |                                    |                |

Página 1

**Observaciones:**

---



---



---



---

|  |              |  |              |
|--|--------------|--|--------------|
| <b>Recepción (Nombre y Cargo)</b>                | <b>Firma</b> | <b>V'B' (Nombre y Cargo)</b>                 | <b>Firma</b> |
| Rafael Campos<br>Chequeador de Losa de Pavimento |              | Salvador Carranza<br>Ingeniero de Pavimentos |              |

Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia



**Apéndice 11.** Ficha de control de ejecución, pavimento de concreto hidráulico.



**FICHA CONTROL EJECUCIÓN** *conavi*

**No. 00001**

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

|        |     |     |     |
|--------|-----|-----|-----|
| Fecha: | DIA | MES | AÑO |
|        |     |     |     |

|                                  |  |  |                  |
|----------------------------------|--|--|------------------|
| PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO |  |  | <b>PPI N° 09</b> |
|----------------------------------|--|--|------------------|

| ACTIVIDAD  | RESPONSABLE Y FIRMA | APROBADO | NO APROBADO |
|--|---------------------|----------|-------------|
| 1 SENALIZACIÓN Y SEGURIDAD EN LA VÍA<br>(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 ALLANADO 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               |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>LUGAR</b><br>Marque con x en ( ) | ( ) TRAMO 1: CAÑAS - BAGACES<br>( ) TRAMO 2: BAGACES - LIBERIA |
| <b>LADO:</b>                        |  |

| INICIO GENERAL | FIN GENERAL |
|----------------|-------------|
| Km:            | Km:         |

|                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>NOMBRE</b><br><br>CHEQUEADOR | <b>NOMBRE</b><br><br>INSPECCIÓN |
| FIRMA:                          | FIRMA:                          |

|                                 |                             |
|---------------------------------|-----------------------------|
| <b>NOMBRE</b><br><br>INSPECCIÓN | <b>NOMBRE</b><br><br>FIRMA: |
| FIRMA:                          | FIRMA:                      |

Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia

**Apéndice 12.** Lista de verificación de deterioros en el pavimento rígido.



**FIGHA CONTROL**



**No. 00001**

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

|        |     |     |     |
|--------|-----|-----|-----|
| Fecha: | DIA | MES | AÑO |
|        |     |     |     |

|  |  |             |
|--|--|-------------|
| <b>DETERIOROS EN EL PAVIMENTO RÍGIDO</b> |  | <b>MCLC</b> |
|--|--|-------------|

| 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             |                                |
|--|--------------------------------|
| <b>LUGAR</b><br>Marque con<br>x en ( ) | ( ) TRAMO 1: CAÑAS - BAGACES   |
|  | ( ) TRAMO 2: BAGACES - LIBERIA |
|  | LADO:                          |

| INICIO GENERAL | FIN GENERAL |
|----------------|-------------|
| Km:            | Km:         |

**NOMBRE**  
  
*Chequeador* FIRMA:

**NOMBRE**  
  
*Jefe Control de calidad* FIRMA:

Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia

**Apéndice 13.** Programa de puntos de inspección PPI 9.

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

**ORGANIZACIÓN:** Ampliación y Rehabilitación de la Ruta Nacional No. 1, Interamericana Norte, Sección Cañas- Liberia

**PPI NÚM.:** 9      **ACTIVIDAD :** Construcción de pavimento de concreto hidráulico con refuerzo

| INSP. NUM. | DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN                                 | PROCED. O NORMA | TIPO DE INSPECC. | INTENSIDAD DE MUESTREO         | RESPONS.                                      | P.E. | ESPECIFICACIONES  |
|------------|---|-----------------|------------------|--------------------------------|---|------|---|
| 1          | Señalización y seguridad ocupacional                        | PC1             | Visual           | Cada frente de trabajo/ diario | Encargado de Seguridad Ocupacional y Tránsito | X    | 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.                                     |
| 2          | Tendido de líneas guía de la extendidora                    | PC1             | Visual           | Diaria por frente de trabajo   | Encargado de pavimentos                       |      | Se verificará que se haya realizado el trazo para colocación de bastones y la correspondiente nivelación del hilo guía.   |
| 3          | * Colocación y anclaje de los pasadores de carga (dovelas)  | PC1             | Visual           | Diaria por frente de trabajo   | Encargado de pavimentos                       |      | Revisar la existencia del equipo y materiales de sujeción de las canastillas. Marcar el lugar de colocación de dovelas, para después ejecutar el corte.   |
| 4          | ** Colocación y anclaje de los pasadores de carga (dovelas) | PC1             | Visual           | Diario por frente de trabajo   | Encargado de pavimentos                       |      | La instalación de las dovelas se hará de tal forma de garantizar el fijado de manera que se reduzca al mínimo la posibilidad de que se muevan durante el proceso de pavimentación.  |
| 5          | Limpieza superficial y humedecimiento                       | PC1             | Visual           | Diaria por frente de trabajo   | Chequeador de pavimentos                      |      | La limpieza será realizada utilizando barredora mecánica y aire a presión. El humedecimiento será realizado con camión cisterna. Estas actividades estarán realizadas previo a la colocación del concreto con una anticipación de por lo menos 1 hora.    |
| 6          | Descarga y manejo del concreto en el sitio de colocación    | PC1             | Visual           | Diario por frente de trabajo   | Chequeador de pavimentos                      |      | El concreto quedará distribuida uniformemente y de tal manera que no se dificulte su colocación con la máquina pavimentadora.   |
| 7          | Segregación en el punto de descarga de la mezcladora        | PC1             | Visual           | Diaria por frente de trabajo   | Chequeador de pavimentos                      |      | Se minimizará colocando un tubo de bajada al extremo del canalón de manera que el concreto caiga verticalmente en el centro del cucharón de recepción, tolva, carretilla o moldes. Deberán tomarse medidas semejantes en los extremos de otros canalones. |
| 8          | Ensayos de control de calidad                               | PC1             | Visual           | Diaria por frente de trabajo   | Chequeador de pavimentos                      |      | 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. Se controlará que la altura y la cantidad de concreto frente a la pavimentadora .     |

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**

|    |  | <b>PROGRAMA DE PUNTOS DE INSPECCIÓN</b><br>Formato 351 (Edición 1)               |                  |                              |                          | Revisión: 1<br>Fecha: 12/02/2013<br>Página 2 de 2 |   |
|--|--|--|------------------|------------------------------|--------------------------|---|---|
| <b>ORGANIZACIÓN:</b> Ampliación y Rehabilitación de la Ruta Nacional No. 1, Interamericana Norte, Sección Cañas- Liberia |  |  |                  |                              |                          |   |   |
| <b>PPI NÚM.:</b> 9   |  | <b>ACTIVIDAD :</b> Construcción de pavimento de concreto hidráulico con refuerzo |                  |                              |                          |   |   |
| INSP. NUM.   | DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN  | PROCED. O NORMA  | TIPO DE INSPECC. | INTENSIDAD DE MUESTREO       | RESPONS.                 | P.E.  | ESPECIFICACIONES  |
| 9  | Flotado y allanado de la superficie                                  | PC1  | Visual           | Diario por frente de trabajo | Chequeador de pavimentos |   | Se minimizará el trabajo manual excesivo. No se aplicará agua para realizar el acabado de la superficie. Se mantendrá un cuidado especial sobre la velocidad de la máquina de colocación. No se texturizará mientras se observe la presencia de agua. |
| 10   | Cepillado transversal de la superficie                               | PC1  | Visual           | Diario por frente de trabajo | Chequeador de pavimentos |   | La máquina texturizadora se instalará paralela a la superficie de rodamiento. Los surcos deberán tener entre 3 y 5 mm de profundidad, 3mm de ancho y espaciados de 12 a 20 mm. Se evitará el traslape de las estrías.                                 |
| 11   | Colocación de Antievaaporador y Curador de la superficie de concreto | PC1  | Visual           | Diaria por frente de trabajo | Chequeador de concretos  |   | 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.                                       |
| 12   | Corte de las juntas transversales                                    | PC1  | Visual           | Diario por frente de trabajo | Chequeador de pavimentos |   | El corte se ejecutará de preferencia en concreto con superficie endurecida, a fin de evitar despostillamiento de juntas y se realizará hasta una profundidad de 60mm. Se ejecutará el sellado de juntas previo a la apertura al tráfico.              |
| 13   | Sello de juntas  | PC1  | Visual           | Diario por frente de trabajo | Chequeador de pavimentos |   | Se limpiará el polvo y cualquier otro material que persista en la junta, previo a la colocación del material de respaldo. El material sellador de juntas se colocará por debajo de la superficie.   |

**OBSERVACIONES:**

| Aprobado (nombre y cargo)                  | Fecha | Firma |
|--|-------|-------|
| Salvador Carranza- Ingeniero de Pavimentos |       |       |

**Control de calidad de los procesos de elaboración, colocación y curado de losas de concreto de cemento hidráulico del proyecto ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional 1, Carretera Interamericana Norte, Sección Cañas-Liberia**