



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-008-15

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.

PROYECTO: Diseño y Construcción de Tres Intercambios (A. Cañas, B. Bagaces y C. Liberia) en la Carretera Interamericana Norte, Sección: Cañas-Liberia, Ruta Nacional No. 1

INFORME FINAL



Preparado por:

Unidad de Auditoría Técnica



Documento generado con base en el Art. 6, inciso b) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capít.7, Art. 68 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

San José, Costa Rica
Febrero, 2016

1. Informe Final Informe Final de Auditoría Técnica LM-PI-AT-008-15	2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.. DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN DE TRES INTERCAMBIOS (A. CAÑAS, B. BAGACES Y C. LIBERIA) EN LA CARRETERA INTERAMERICANA NORTE, SECCIÓN: CAÑAS-LIBERIA, RUTA NACIONAL NO. 1	4. Fecha del Informe Febrero, 2016	
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias --**--		
9. Resumen <p><u>Calidad del material de Concreto en el proyecto:</u> Del análisis realizado se indica que los valores de resistencia a la compresión en las muestras de cilindros ensayados así como la temperatura de colocación por los dos laboratorios analizados en este estudio cumplen con los valores especificados en el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales.</p> <p><u>Calidad de las varillas utilizadas en el proyecto:</u> Las características mecánicas del material ensayado cumplen con la norma ASTM A 706, la cual es la solicitada en planos.</p> <p><u>Calidad de los torones utilizadas en el proyecto :</u> Las características evaluadas por el laboratorio del Lanamme cumplen con la norma ASTM A 416, la cual es la especificada en los planos constructivos de los 3 intercambios.</p> <p><u>Exceso de riego de liga en la colocación de sobrecapa de mezcla asfáltica :</u> Se logró observar que se estaba colocando mayor cantidad de riego de liga al necesario en el proyecto, lo cual puede ocasionar deterioros como exudación en la superficie de ruedo. Esto puede ocasionar una disminución en la fricción entre vehículo y superficie de ruedo que aumente la probabilidad de accidentes.</p> <p><u>Pérdida de adherencia entre capas del pavimento debido a un riego de liga ineficiente:</u> durante las giras al proyecto se observó que se estaba colocando un riego de liga que no era uniformemente distribuido en toda el área de colocación lo cual puede ocasionar que las capas no queden correctamente adheridas. Al extraer núcleos de la mezcla asfáltica colocada se observó que en efecto no había adherencia entre capas. Este tipo de situaciones afecta la vida útil de la obra.</p>		
10. Palabras clave PITRA, Varilla, Torones, Concreto, temperatura, Construcción	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 38



**INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.
Diseño y Construcción de Tres Intercambios (A. Cañas, B. Bagaces y C. Liberia) en la Carretera
Interamericana Norte, Sección: Cañas-Liberia, Ruta Nacional No. 1
sección Cañas-Liberia.” LPI NO. 2011LI-000004-0DI00.**

Departamento encargado del proyecto: Unidad Ejecutora de Contrato PIV-1, CONAVI

Laboratorio de verificación de calidad: Consorcio Supervisor de Infraestructura Cacisa & Euroestudios

Empresa contratista: Puentes y Calzadas Infraestructuras S.L.U.

Laboratorio de control de calidad: L.G.C. Ingeniería de Pavimentos S.A.

Monto original del contrato: ₡14.828.360.620,24 (colones)

Plazo original de ejecución: 600 días naturales

Tamaño del proyecto: 3 intercambios

Coordinador General de Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA-LanammeUCR:
Ing. Luís Guillermo Loría Salazar, PhD.

Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR:
Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Audidores:

Ing. Víctor Cervantes Calvo, Auditor Técnico Adjunto
Ing. Francisco Fonseca Chaves, MBA, Auditor Técnico Líder

Asesor Legal :

Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:

El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en el análisis de la información recopilada sobre la evaluación de la calidad del material de acero (varillas y torones) y concreto de las estructuras del proyecto que fue emitida por los laboratorios de verificación de calidad y el LanammeUCR, así como de aspectos constructivos observados durante las giras al proyecto.



TABLA DE CONTENIDOS

1. FUNDAMENTACIÓN	7
2. OBJETIVO DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	7
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN	8
4. ANTECEDENTES	9
5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	10
6. ALCANCE DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	11
7. RESPONSABLES DEL PROYECTO.....	11
8. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR	12
9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-PI-AT-008B-15.....	12
10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA	13
<i>A. SOBRE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROYECTO</i>	<i>13</i>
<i>HALLAZGO 1. LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESIÓN ASÍ COMO LA TEMPERATURA DE COLOCACIÓN CUMPLE CON LOS SOLICITADO POR LAS ESPECIFICACIONES ESPECIALES DEL PROYECTO PARA LOS LABORATORIOS DE LANAMMEUCR Y DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD,.....</i>	<i>13</i>
<i>HALLAZGO 2. LAS VARILLAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO CUMPLEN CON LAS CARACTERÍSTICAS SOLICITADAS EN LA NORMA ASTM A 706.</i>	<i>21</i>
<i>HALLAZGO 3. LOS TORONES UTILIZADOS EN EL PROYECTO CUMPLEN CON LA NORMA ASTM A 416</i>	<i>26</i>
<i>B. SOBRE LOS ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.....</i>	<i>28</i>
<i>HALLAZGO 4. SE OBSERVÓ UN EXCESO DE RIEGO DE LIGA ASFÁLTICO EN COLOCACIÓN DE SOBRECAPA DE MEZCLA ASFÁLTICA</i>	<i>28</i>
<i>HALLAZGO 5. SE DETECTÓ FALTA DE ADHERENCIA ENTRE CAPAS POR PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEFICIENTES EN LA COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE.....</i>	<i>30</i>
11. CONCLUSIONES.....	35
12. RECOMENDACIONES	36
13. REFERENCIAS.....	36



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE LOS PRODUCTOS DE AUDITORÍA TÉCNICA EN EL PROYECTO CAÑAS-LIBERIA	9
TABLA 2. NÚMERO DE INFORMES Y MUESTRA POR MATERIAL ANALIZADO.....	10
TABLA 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 280KG/CM ² ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR	14
TABLA 4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LA TEMPERATURA DE COLOCACIÓN DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO DE LOSA DEL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD (CACISA) EN INTERCAMBIOS.	17
TABLA 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO (F'C DISEÑO = 280 KG/CM ²) DEL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD (CACISA) EN INTERCAMBIOS.	18
TABLA 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO (F'C DISEÑO = 350 KG/CM ²) DEL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD (CACISA) EN INTERCAMBIOS.	19
TABLA 7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO (F'C DISEÑO = 450 KG/CM ²) DEL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD (CACISA) EN INTERCAMBIOS.	20
TABLA 8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA ESFUERZO DE CEDENCIA Y RUPTURA, FLUENCIA, DENSIDAD Y ELONGACIÓN DE LAS MUESTRAS DE VARILLAS DE ACERO EN INTERCAMBIOS SEGÚN DATOS DEL LANAMME....	22
TABLA 9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA FUERZA Y ESFUERZO DE RUPTURA Y DENSIDAD DE LAS MUESTRAS DE VARILLAS DE ACERO EN INTERCAMBIOS SEGÚN DATOS DEL LANAMME.....	26



ÍNDICE DE GRÁFICO

GRÁFICO 1. RESULTADOS DE TEMPERATURA DE COLOCACIÓN DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO DEL LABORATORIO DE LANAMMEUCR EN INTERCAMBIOS.	15
GRÁFICO 2. RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO DEL LABORATORIO DEL LANAMMEUCR EN INTERCAMBIOS	16
GRÁFICO 3. RESULTADOS DE TEMPERATURA DE COLOCACIÓN DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO DE BASTIONES, FUNDACIONES Y PILAS DEL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD (CACISA) EN INTERCAMBIOS.....	17
GRÁFICO 4. RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ($F'c$ DISEÑO = 280 KG/CM ²) DEL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD (CACISA) EN INTERCAMBIOS.	19
GRÁFICO 5. RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ($F'c$ DISEÑO = 350 KG/CM ²) DEL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD (CACISA) EN INTERCAMBIOS.	20
GRÁFICO 6. RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ($F'c$ DISEÑO = 450 KG/CM ²) DEL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD (CACISA) EN INTERCAMBIOS.	21
GRÁFICO 7. RESULTADOS DE ESFUERZO DE CEDENCIA PARA VARILLAS DE ACERO EN INTERCAMBIOS SEGÚN DATOS DEL LANAMME.	22
GRÁFICO 8. RESULTADOS DE ESFUERZO DE RUPTURA PARA VARILLAS DE ACERO EN INTERCAMBIOS SEGÚN DATOS DEL LANAMME.	23
GRÁFICO 9. RESULTADOS DE FLUENCIA (ESFUERZO DE RUPTURA ENTRE ESFUERZO DE CEDENCIA) PARA VARILLAS DE ACERO EN INTERCAMBIOS SEGÚN DATOS DEL LANAMME.	24
GRÁFICO 10. RESULTADOS DE FLUENCIA (ESFUERZO DE RUPTURA ENTRE ESFUERZO DE CEDENCIA) PARA VARILLAS DE ACERO EN INTERCAMBIOS SEGÚN DATOS DEL LANAMME.	24
GRÁFICO 11. RESULTADOS DE DENSIDAD LINEAL (KG POR METRO) PARA VARILLAS DE ACERO EN INTERCAMBIOS SEGÚN SU DESIGNACIÓN, SEGÚN DATOS DEL LANAMME	25
GRÁFICO 12. RESULTADOS DE DENSIDAD LINEAL (PESO POR METRO) PARA TORONES DE ACERO DE DIÁMETRO NOMINAL 15,2 MM EN INTERCAMBIOS, SEGÚN DATOS DEL LANAMME.	27
GRÁFICO 13. RESULTADOS DE CARGA DE RUPTURA PARA TORONES DE ACERO DE DIÁMETRO NOMINAL 15,2 MM EN INTERCAMBIOS, SEGÚN DATOS DEL LANAMME.....	27



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y ASPECTOS CONSTRUCTIVOS. DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN DE TRES INTERCAMBIOS (A. CAÑAS, B. BAGACES Y C. LIBERIA) EN LA CARRETERA INTERAMERICANA NORTE, SECCIÓN: CAÑAS-LIBERIA, RUTA NACIONAL NO. 1

1. FUNDAMENTACIÓN

La Auditoría Técnica externa a proyectos en ejecución para el sector vial, se realiza de conformidad con las disposiciones del artículo 6 de la Ley N°8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N°8603, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Asimismo, el proceso de Auditoría Técnica se fundamenta en el pronunciamiento C-087-2002 del 4 de abril del 2002, de la Procuraduría General de la República, que indica:

“...la fiscalización que realiza la Universidad a través del Laboratorio es una fiscalización externa, que trasciende los contratos de mérito, y por ende, obras específicas, para abarcar la totalidad de la red nacional pavimentada (por ende, proyectos ya finiquitados) y que incluso podría considerarse “superior”, en el sentido en que debe fiscalizar también los laboratorios que realizan análisis de calidad, auditar proyectos en ejecución, entre otros aspectos, evaluar la capacidad estructural y determinar los problemas de vulnerabilidad y riesgos de esa red. Lo cual implica una fiscalización a quienes podrían estar fiscalizando proyectos concretos.” (El subrayado no es del texto original)

2. OBJETIVO DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

El objetivo de esta Auditoría Técnica realizada en el proyecto “Construcción De Tres Intercambios (A. Cañas, B. Bagaces y C. Liberia) en la Carretera Interamericana Norte, Sección: Cañas-Liberia”, es dar a conocer a la Administración, desde el punto de vista externo y constructivo, situaciones derivadas del análisis, con relación a la calidad de los materiales colocados en el proyecto, específicamente, el acero y el concreto, así como los aspectos constructivos, observados durante las diferentes visitas realizadas por el equipo de Auditoría Técnica al sitio en el año 2015.

Se procura que este informe sea una herramienta que le permita a la Administración evaluar las condiciones en que se ha venido desarrollando el proyecto de manera que pueda contribuir a la toma de decisiones sobre aspectos que se deben considerar tanto en este proyecto, como en futuras obras viales para que se logren ejecutar de una manera eficiente, minimizando la posibilidad de atrasos en los plazos de conclusión, gastos adicionales que se presenten por aspectos previsibles y buscando siempre la calidad requerida y esperada en las obras de acuerdo con las especificaciones establecidas y que justifique la inversión realizada.

Este informe se efectuó siguiendo los procedimientos de Auditoría Técnica, mediante la solicitud y revisión de la documentación del proyecto, así como la verificación de las

condiciones indicadas anteriormente durante el proceso constructivo mediante visitas al sitio y ensayos de laboratorio al concreto del pavimento y al acero de refuerzo y de post-tensión.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN

La contratación para este proyecto fue formalizada el 10 de enero de 2014 entre el Estado y la empresa Puentes y Calzadas Infraestructuras S.L.U. y de acuerdo con el Cartel de Licitación, el alcance del proyecto es realizar el diseño final y la ejecución completa y detallada de las obras correspondientes a tres Intercambios (A. Cañas, B. Bagaces y C. Liberia) en la Carretera Interamericana Norte, Ruta Nacional No. 1.

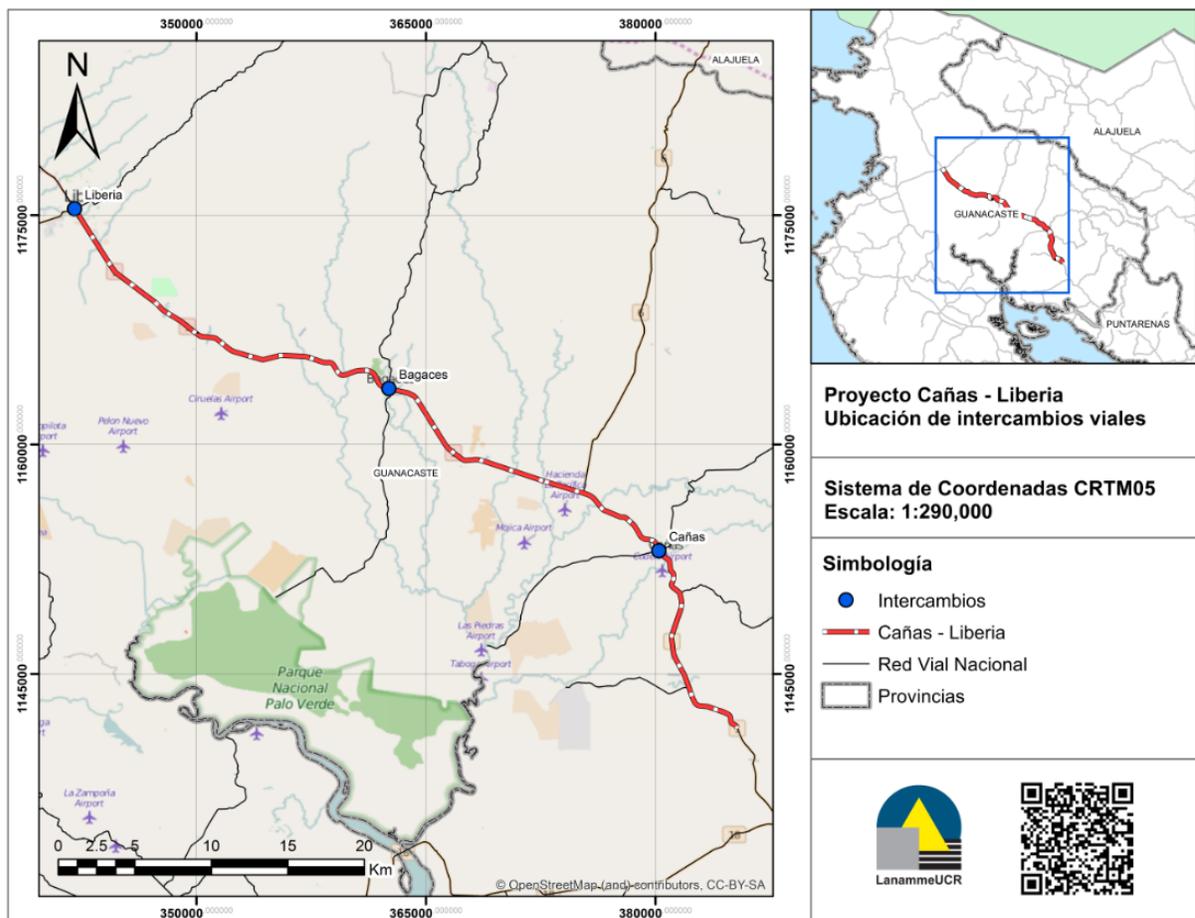


Figura 1. Ubicación del proyecto sobre la Ruta Nacional N°1, sección: Cañas-Liberia

4. ANTECEDENTES

Este informe de Auditoría Técnica forma parte de una estrategia de trabajo que se está desarrollando con el proyecto en mención, en donde se están realizando muestreos de materiales y un monitoreo continuo del proyecto desde el segundo semestre de 2012 y hasta la fecha.

Para este informe se contó con el apoyo del Programa de Ingeniería Estructural (PIE) del LanammeUCR, el cual acompañó al equipo auditor a varias giras y el cual emitió el informe "Inspección de los Intercambios Cañas Bagaces y Liberia", el cual se utilizó como insumo para este informe.

Durante el período comprendido entre los meses de julio a septiembre de 2012, se realizaron los muestreos y ensayos al material de préstamo del proyecto (Tajo Pijije y Tajo Salitral) donde se estaba extrayendo el material en dicho periodo. Posteriormente, en el periodo de enero a diciembre de 2013 se continuó con el muestreo y ensayo del material de préstamo, incluyéndose el muestreo de material de subbase, base estabilizada y por último el concreto para el pavimento hidráulico previsto en el contrato de la carretera. En el año 2014 se procedió a muestreos en las losa de rodamiento y en el concreto de los puentes. En el año 2015 se han realizado los muestreos de concreto en los puentes y los intercambios y de acero en los intercambios que forman parte del proyecto. A manera de antecedentes, es importante mencionar que durante ese periodo se realizaron mediciones del perfil longitudinal tanto en secciones del proyecto en base estabilizada y algunas losas de concreto (superficie de ruedo) para realizar el cálculo de índice de regularidad internacional (IRI), las cuales se reportaron a la Administración en las notas informes LM-IC-D-0842-13 y LM-IC-D-0843-13, respectivamente.

En la siguiente tabla se muestran los productos que esta auditoría técnica ha entregado a la Administración con respecto al proyecto en cuestión, en aras de contribuir con el proceso de mejora continua en el desarrollo de proyectos de infraestructura vial del país.

Tabla 1. Resumen de los productos de auditoría técnica en el proyecto Cañas-Liberia

Fecha de emisión	Nombre	Tipo de documento
Noviembre 2012	LM-IC-D-1373-12: Observaciones al material de préstamo	Nota Informe
Febrero 2013	LM-PI-AT-130-12: Análisis de la calidad del material de préstamo y evaluación del control de tránsito en obra. Periodo: Junio a Noviembre del 2012	Informe Final
Julio 2013	LM-IC-D-0842-13: Valor del IRI medido y calculado por el LanammeUCR en secciones de base estabilizada.	Nota Informe
Julio 2013	LM-IC-D-0843-13: Valor del IRI medido y calculado por el LanammeUCR en secciones de superficie de ruedo (losa de concreto).	Nota Informe
Julio 2013	LM-PI-AT-047-13: Análisis de la calidad del material de préstamo, subbase, base estabilizada y concreto del pavimento. Periodo de muestreo: Enero a Marzo 2013	Informe Final
Enero 2014	LM-PI-AT-066-13: Análisis de la calidad del material de	Informe Final

	préstamo, subbase, base estabilizada y concreto del pavimento. Periodo de muestreo: Abril a Junio 2013	
Febrero 2014	LM-IC-D-0117-14: Análisis de la calidad del material de préstamo, subbase, base estabilizada y concreto del pavimento. Periodo de muestreo: Julio a Octubre 2013	Nota Informe
Mayo 2014	LM-PI-AT-29-14: Análisis general de la calidad del material de préstamo, subbase, base estabilizada y concreto del pavimento rígido. periodo de muestreo: año 2013.	Informe Final
Enero 2015	LM-AT-01-15: Valor del IRI medido y calculado por el LanammeUCR en secciones de superficie de ruedo (losa de concreto).	Nota Informe
Febrero 2015	LM-PI-AT-62-14: Evaluación de la calidad de los materiales y procesos constructivos proyecto: Diseño y Construcción de 18 Puentes en la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, Sección: Cañas-Liberia”	Informe Final
Febrero 2015	LM-AT-38-15: Cálculo de multas estimado a partir del Valor del IRI medido y calculado por el LanammeUCR en secciones de superficie de ruedo (losa de concreto).	Nota Informe
Marzo 2015	LM-AT-45-15: Análisis del espesor de grietas en las barreras de contención tipo New Jersey	Nota
Noviembre 2015	LM-PI-AT-15-14: Evaluación de la calidad de los materiales, la capacidad estructural y funcional de la losa de rodamiento y aspectos constructivos	Informe Final

Adicionalmente, en la siguiente tabla se detallan la cantidad de muestras e informes de laboratorio realizados por el LanammeUCR para los materiales de acero y concreto del pavimento rígido realizados durante el año 2015.

Tabla 2. Número de Informes y muestra por material analizado

Material	Cantidad de informes	Cantidad de Muestras
Varillas	4	42
Torones	2	4
Concreto	8	26

5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

El período de muestreo abarcó todo el año 2015, contando con la colaboración de los laboratorios del LanammeUCR. Se realizaron los muestreos y ensayos a los materiales de acero y concreto del proyecto de construcción de 3 intercambios en la Ruta Nacional 1 sección: Cañas-Liberia. Todos los muestreos de los materiales de concreto y torón se realizaron en campo, en tanto las varillas fueron obtenidas tanto en campo como en el centro de distribución de éstas en San José.

Cabe recalcar que en la mayoría de los muestreos de concreto realizados por el laboratorio de campo del LanammeUCR coincidieron con la presencia del personal del laboratorio de control de calidad "L.G.C. Ingeniería en Pavimentos" y del laboratorio de verificación de calidad "Cacisa & Euroestudios" que realizaron sus muestreo respectivos.

6. ALCANCE DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en presentar un análisis general que resuma el comportamiento general y los resultados de las muestras del material varilla y torones y del concreto de las estructuras de los intercambios en la Ruta Nacional 1 sección: Cañas-Liberia en el periodo de muestreo que comprende el año 2015, comunicado previamente.

Es importante aclarar que la toma de muestras del proyecto por parte de la Auditoría Técnica dentro del proceso de fiscalización, no tiene como finalidad cumplir la función del control ni la verificación de calidad y tampoco le corresponde a esta Auditoría Técnica, realizar evaluaciones exhaustivas a nivel de proyecto que son competencia propia de la Administración, no obstante la Unidad de Auditoría Técnica sí se asegura de realizar muestreos aleatorios y no sesgados. El presente informe no pretende ser un dictamen final de la calidad del proyecto, sino un insumo para que la Administración realice una revisión de los resultados obtenidos por el LanammeUCR, en contraste con los controles propios, tanto de la verificación como del control de calidad por parte del contratista, controles que deben existir en todo proyecto de obra vial.

Por otro lado, se reitera que la Auditoría Técnica corresponde a una descripción de los hechos observados en un momento determinado. Es un instrumento específico del proyecto, los datos presentados en los informes emitidos por esta unidad sirven como referencia para que la Administración tome las acciones correctivas respectivas, máxime que el proyecto en cuestión se encuentra en proceso constructivo. La determinación del cumplimiento contractual y corrección de defectos o aplicación de multas corresponde a la Administración.

7. RESPONSABLES DEL PROYECTO

a) Responsables por parte de la Administración:

- Entidad ejecutora del contrato: Unidad Ejecutora PIV-1, CONAVI
- Laboratorio de Verificación de Calidad, por parte de la Administración: la verificación de calidad está a cargo del Consorcio Supervisor de Infraestructura Cacisa & Euroestudios (C&E) que es el organismo de ensayo encargado de efectuar los ensayos de verificación de calidad a los materiales y procesos constructivos que realiza el Contratista en este proyecto.

b) Responsables por parte de la empresa constructora:

- Contratista: La empresa Contratista "Puentes y Calzadas Infraestructuras S.L.U.", adjudicataria de la Licitación Pública No LPI No. 2012LI-000005-0DE00 Proyecto: Diseño y la Construcción de Tres Intercambios (A. Cañas, B. Bagaces y C. Liberia) en la Carretera Interamericana Norte, Sección: Cañas-Liberia, Ruta Nacional No. 1



- Laboratorio de Autocontrol de Calidad: el consultor de calidad del Contratista y laboratorio de autocontrol es el organismo de ensayo LGC Ingeniería de Pavimentos SA, quien es la empresa encargada de efectuar los ensayos de control de calidad a los materiales y procesos constructivos que realiza el Contratista en este proyecto,

8. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR

- Ing. Luís Guillermo Loria Salazar. PhD. (Coordinador General del Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA-LanammeUCR)
- Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. (Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR)
- Ing. Víctor Cervantes Calvo (Auditor Técnico Adjunto)
- Ing. Francisco Fonseca Chaves. (Auditor Técnico Líder)
- Lic. Miguel Chacón Alvarado (Asesor Legal)

9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-PI-AT-008B-15

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-157-15 de 17 de diciembre de 2015 se envía el informe preliminar LM-PI-AT-008B-15 a la parte auditada para que sea analizado y de requerirse, se proceda a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría, por lo que se otorga un plazo de 15 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe para el envío de comentarios al informe preliminar. Dicho plazo se extendía hasta el 21 de enero de 2016.

Como parte del proceso de Auditoría se propone una reunión el viernes 8 de enero de 2016 con el auditado, la cual no se realiza por la ausencia de los auditados.

El día 21 de enero de 2016 se recibe en las instalaciones del LanammeUCR el oficio UE-124-2014 con asunto: Diseño y Construcción de Tres Intercambios (A. Cañas, B. Bagaces y C. Liberia) en la Carretera Interamericana Norte, Sección: Cañas-Liberia, Ruta Nacional No. 1 LPI NO. 2011LI-000004-0DI00. Respuesta a Oficio LM-AT-157-15. Se Incluye además un anexo a este oficio por parte de la Supervisora oficio PCIN-INO 388.

Por tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en mención y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el informe LM-PI-AT-014-15 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley.

10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Todos los hallazgos y observaciones declarados por el equipo de auditoría técnica en este informe se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría técnica, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de las mediciones realizadas y la recolección y análisis de evidencias.

Se entiende como hallazgo de auditoría técnica, un hecho que hace referencia a una normativa, informes anteriores de auditoría técnica, principios, disposiciones y buenas prácticas de ingeniería o bien, hace alusión a otros documentos técnicos y/o legales de orden contractual, ya sea por su cumplimiento o su incumplimiento.

Por otra parte, una observación de auditoría técnica se fundamenta en normativas o especificaciones que no sean necesariamente de carácter contractual, pero que obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería, principios generales, medidas basadas en experiencia internacional o nacional. Además, tienen la misma relevancia técnica que un hallazgo.

Por lo tanto las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones deben ser atendidas planteando acciones correctivas y preventivas, que prevengan el riesgo potencial de incumplimiento.

A. SOBRE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROYECTO

Hallazgo 1. La resistencia del concreto a la compresión así como la temperatura de colocación cumple con lo solicitado por las especificaciones especiales del proyecto para los laboratorios de LanammeUCR y de verificación de calidad,

Con los resultados de los ensayos realizados al concreto muestreado en el proyecto, tanto por el laboratorio del LanammeUCR como por el laboratorio de verificación de calidad, durante el periodo de auditoría, se realizó un análisis estadístico de cumplimiento de acuerdo a la sección 107 "Aceptación del Trabajo" del CR-2010, con la cual se permite estimar el porcentaje de valores fuera de los límites de la especificación.

Laboratorio del LanammeUCR.

A continuación se describen los resultados del LanammeUCR.

Como se puede observar en el Tabla 3, se evalúan los 3 tipos de concreto utilizados en los principales elementos de los intercambios. De cada concreto se evalúan 2 parámetros: temperatura de colocación y resistencia a la compresión a los 28 días.

Es importante mencionar que para los elementos que forman parte de la losa, a saber fundaciones y alzados de pilas y bastiones, la temperatura máxima de colocación es de 30 grados centígrados y para las losas es de 25 grados centígrados, de acuerdo con el CR-2010. Por otra parte, en el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y Especiales,

documento de prevalencia en este proyecto, se establece que la temperatura máxima permitida para todos los concretos es de 32°C. Es criterio de esta Auditoría Técnica que las especificaciones especiales de un proyecto no deberían ser menos rigurosas que las especificaciones generales existentes en la normativa nacional, esto con el fin de asegurar un producto de calidad que cumpla con el mínimo solicitado para el resto de los proyectos del Estado. Sin embargo, el análisis mostrado a continuación se basa en las especificaciones del proyecto.

Tabla 3. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras de concreto de resistencia a compresión de 280kg/cm² ensayadas por el LanammeUCR

Concreto	Descripción	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)	Condición
280 kg/cm ²	Temperatura	10 a 32°C	7	0.950	47.45	Aprobado
	Resistencia a la compresión	Mínimo de 280 kg/cm ²	7	11.738	47.45	Aprobado
350 kg/cm ²	Temperatura	10 a 32°C	13	0.456	46.438	Aprobado
	Resistencia a la compresión	Mínimo de 350 kg/cm ²	13	7.684	46.438	Aprobado
450 kg/cm ²	Temperatura	10 a 32°C	5	1.994	50	Aprobado
	Resistencia a la compresión	Mínimo de 450 kg/cm ²	5	13.173	50	Aprobado

Del análisis estadístico realizado, se puede observar que tanto los parámetros de temperatura de colocación de la mezcla de concreto fresco como la resistencia a la compresión a los 28 días para las distintas resistencias cumplen, ya que el porcentaje estimado fuera de los límites es menor al máximo permitido por la sección 107 del CR-2010.

En el Gráfico 1 se muestran los datos individuales en los que se observa el comportamiento de cada muestra ensayada por el LanammeUCR para el parámetro de temperatura de colocación.

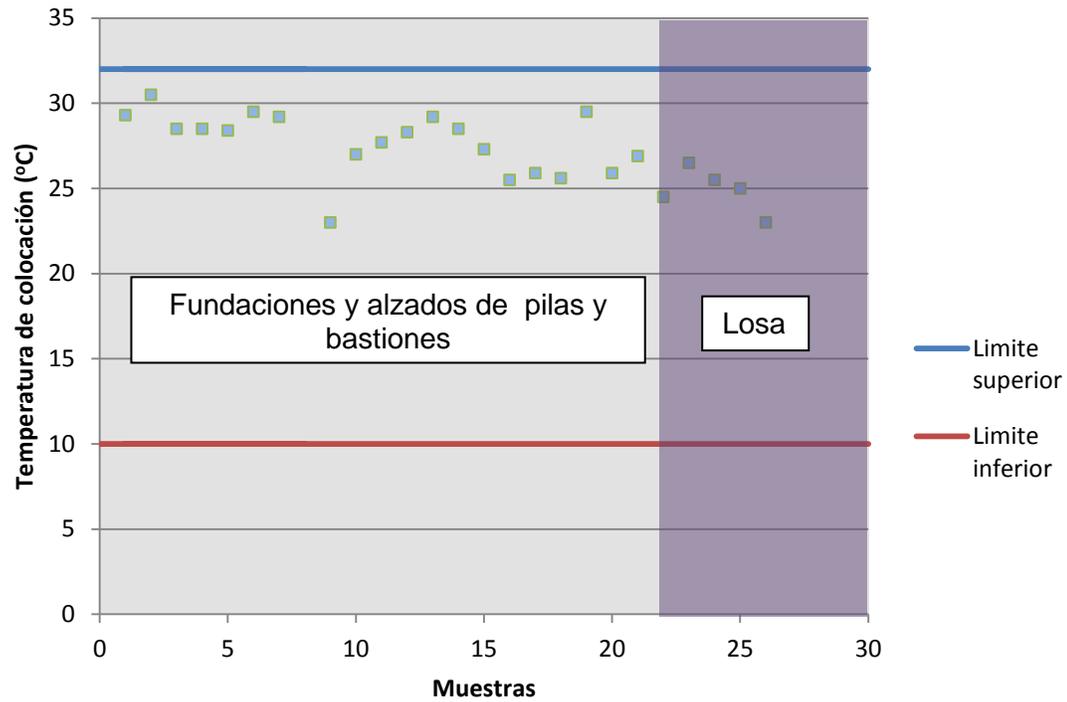


Gráfico 1. Resultados de temperatura de colocación de las muestras de concreto del Laboratorio de LanammeUCR en intercambios.

En el caso de la resistencia a la compresión, los datos individuales se muestran en el Gráfico 2, para todas las resistencias evaluadas por el LanammeUCR. Se hace la debida división entre las distintas resistencias características por elemento estructural.

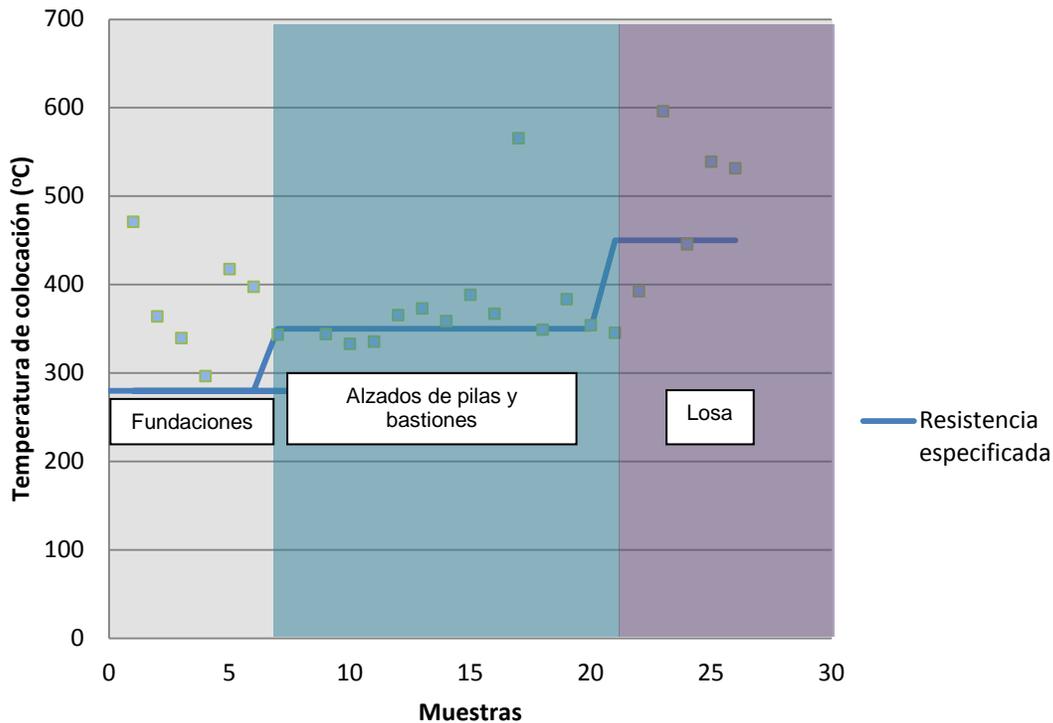


Gráfico 2. Resultados de resistencia a compresión de las muestras de concreto del Laboratorio del LanammeUCR en intercambios

Laboratorio de Verificación de Calidad

Para el laboratorio de Verificación de Calidad se desglosaron los datos por mes y por resistencia con el fin de proceder al análisis estadístico. En el caso de la temperatura de colocación esta se agrupo en una sola categoría ya que las especificaciones especiales establecen la misma temperatura sin distinción de elemento.

En la Tabla 4 se puede observar que para los todos los meses de 2015 se presentan porcentajes fuera de los límites de la especificación menores al máximo permitido para la temperatura de colocación.

Tabla 4. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para la temperatura de colocación de las muestras de concreto de losa del Laboratorio de Verificación de Calidad (CACISA) en intercambios.

Mes	Cantidad de datos n	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido	Condición
oct-14	27	18,88%	37,22%	aprobado
nov-14	25	17,59%	37,80%	aprobado
dic-14	34	6,45%	35,47%	aprobado
ene-15	31	5,55%	36,17%	aprobado
feb-15	71	15,90%	30,00%	aprobado
abr-15	49	9,94%	32,70%	aprobado
may-15	64	12,25%	30,68%	aprobado
jun-15	53	15,68%	32,11%	aprobado
jul-15	65	19,22%	30,56%	aprobado
ago-15	36	31,28%	35,04%	aprobado
sep-15	24	16,61%	38,11%	aprobado
TOTAL	479	15,55%	30,00%	aprobado

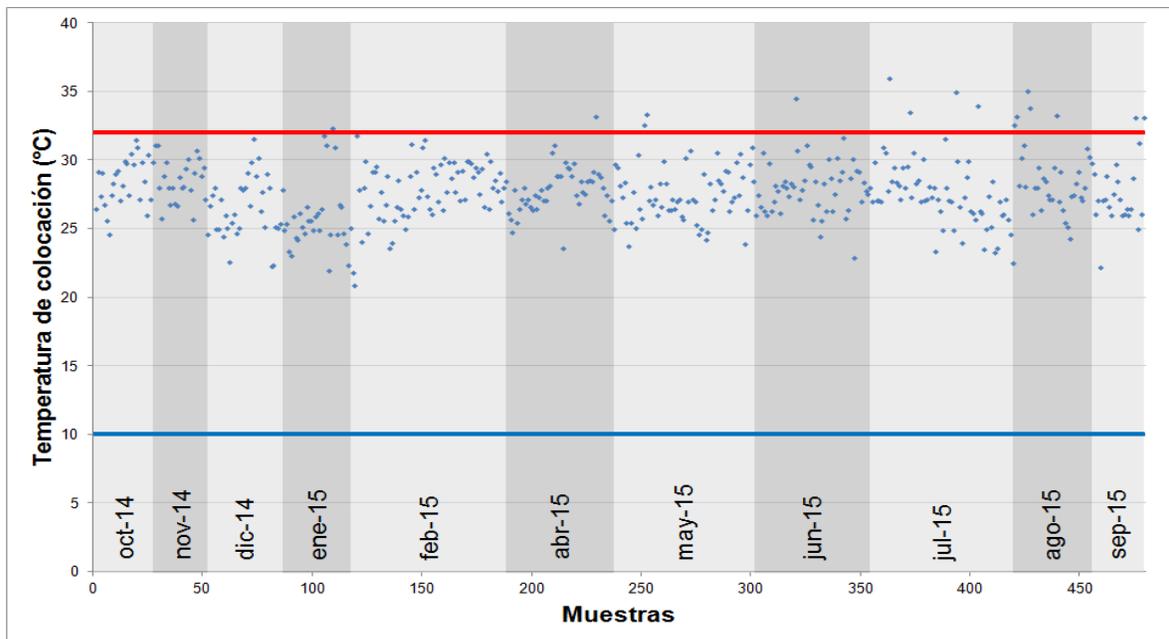


Gráfico 3. Resultados de temperatura de colocación de las muestras de concreto de bastiones, fundaciones y pilas del Laboratorio de Verificación de Calidad (CACISA) en intercambios.

Temperaturas de colocación mayores a las especificidades pueden aumentar el riesgo al agrietamiento plástico por lo que es importante mantener este parámetro dentro de los valores permitidos por las especificaciones especiales del proyecto, tanto para la losa como para los demás elementos de los intercambios.

En cuanto a las resistencias del concreto de 280 kg/cm², se observa que el porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación es menor al máximo porcentaje permitido para la cantidad de muestras ensayadas por lo cual cumple con lo solicitado. Esta información se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 5. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para la resistencia a compresión de las muestras de concreto ($f'c$ diseño = 280 kg/cm²) del Laboratorio de Verificación de Calidad (CACISA) en intercambios.

Mes	Cantidad de datos n	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido	Condición
Oct-14	18	0,24%	40,29%	Aprobado
Nov-14	18	3,42%	40,29%	Aprobado
Dic-14	15	1,05%	41,67%	Aprobado
Ene-15	8	2,79%	46,44%	Aprobado
Feb-15	46	0,25%	33,18%	Aprobado
Abr-15	13	0,29%	42,76%	Aprobado
May-15	29	1,79%	36,68%	Aprobado
Jun-15	15	1,13%	41,67%	Aprobado
Jul-15	12	1,58%	43,37%	Aprobado
TOTAL	174	0,75%	30,00%	Aprobado

En el Gráfico 4 se muestran los datos individuales por mes para esta resistencia.

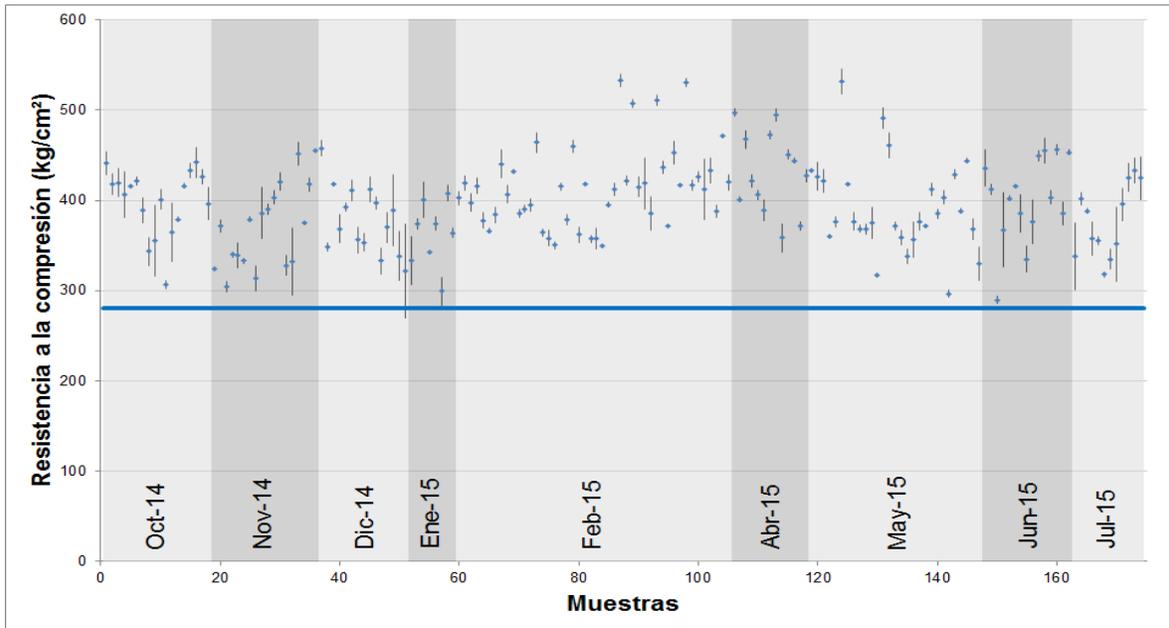


Gráfico 4. Resultados de resistencia a compresión de las muestras de concreto ($f'c$ diseño = 280 kg/cm^2) del Laboratorio de Verificación de Calidad (CACISA) en intercambios.

En cuanto al concreto de 350 kg/cm^2 se evidencia en la Tabla 6 que el porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación es menor al máximo porcentaje permitido para la cantidad de muestras analizadas, a excepción del mes de julio del 2015, donde se presenta un incumplimiento.

Tabla 6. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para la resistencia a compresión de las muestras de concreto ($f'c$ diseño = 350 kg/cm^2) del Laboratorio de Verificación de Calidad (CACISA) en intercambios.

Mes	Cantidad de datos n	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido	Condición
Oct-14	9	4,22%	45,55%	Aprobado
Nov-14	7	11,18%	47,45%	Aprobado
Dic-14	4	12,13%	-	-
Ene-15	4	13,29%	-	-
Feb-15	11	5,72%	44,03%	Aprobado
Abr-15	10	0,53%	44,75%	Aprobado
May-15	9	17,55%	45,55%	Aprobado
Jun-15	4	22,68%	-	-
Jul-15	9	48,10%	45,55%	Rechazado
TOTAL	67	13,72%	30,33%	Aprobado

Nota: "-" No se cuenta con suficientes datos para realizar análisis estadístico

Los datos individuales que se utilizaron para el análisis estadístico mostrado en la tabla anterior se muestran en el Gráfico 5.

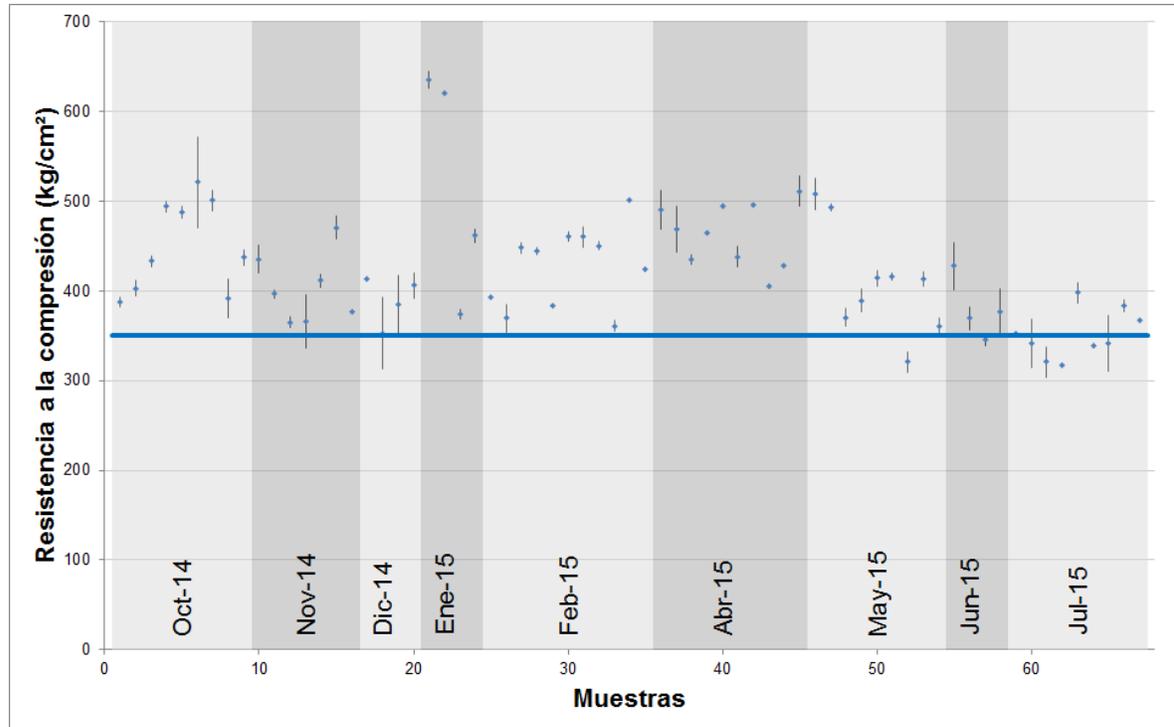


Gráfico 5. Resultados de resistencia a compresión de las muestras de concreto ($f'c$ diseño = 350 kg/cm²) del Laboratorio de Verificación de Calidad (CACISA) en intercambios.

Finalmente, para la resistencia de 450kg/cm² se puede observar que el lote se acepta, al igual que los anteriores, ya que el porcentaje estimado de datos fuera de los límites es menor al máximo permitido por la especificación, esto en función a los datos analizados que se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para la resistencia a compresión de las muestras de concreto ($f'c$ diseño = 450 kg/cm²) del Laboratorio de Verificación de Calidad (CACISA) en intercambios.

Mes	Cantidad de datos n	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido	Condición
Abr-15	25	0,02%	37,80%	Aprobado
May-15	25	3,12%	37,80%	Aprobado
Jun-15	30	3,63%	36,42%	Aprobado
Jul-15	40	2,82%	34,24%	Aprobado
TOTAL	120	1,74%	30,00%	Aprobado

Los datos individuales de resistencia de 450 kg/cm^2 a los 28 días se pueden apreciar en el Gráfico 6 .

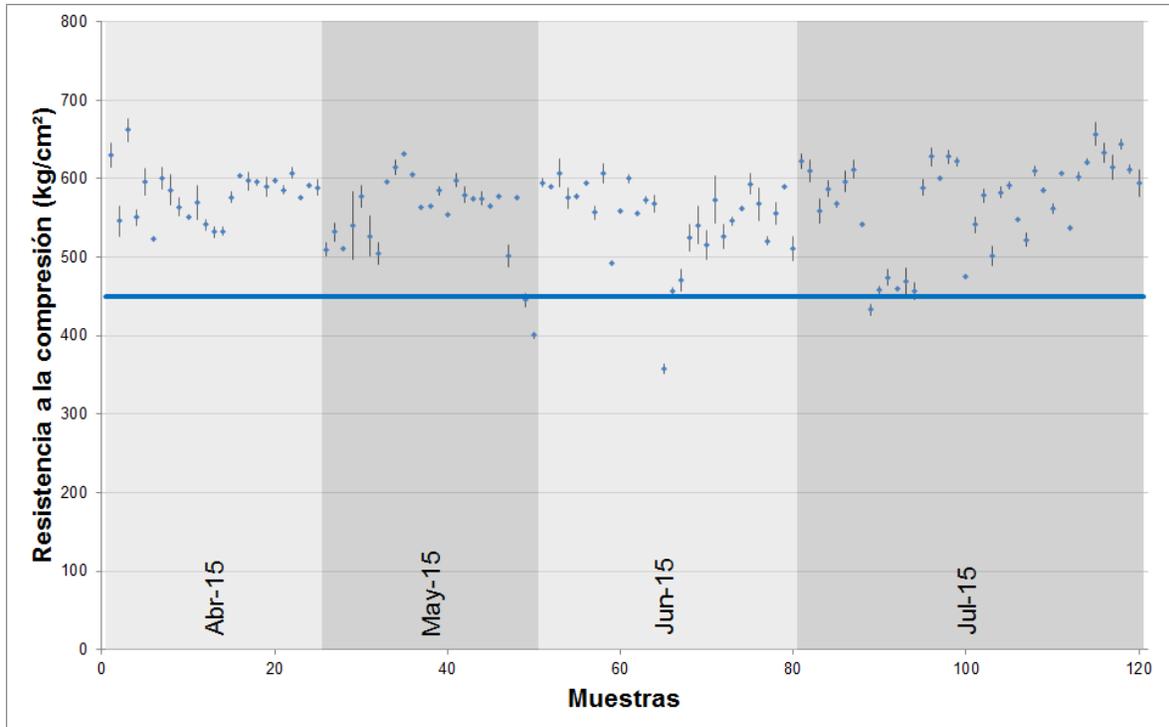


Gráfico 6. Resultados de resistencia a compresión de las muestras de concreto ($f'c$ diseño = 450 kg/cm^2) del Laboratorio de Verificación de Calidad (CACISA) en intercambios.

Hallazgo 2. Las varillas utilizadas en el proyecto cumplen con las características solicitadas en la norma ASTM A 706.

Con las varillas recolectadas por el LanammeUCR se procedió a realizar los ensayos respectivos que se requieren para comprobar que cumplen con la norma ASTM 706, la cual es la especificada en los planos constructivos de los 3 intercambios. Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 9.

Asimismo, para todos los diámetros de las varillas se debe cumplir con un esfuerzo de cedencia mínimo de 420 MPa y el máximo 540 MPa, el cual se puede observar que cumple según el análisis estadístico realizado en la Tabla 8. Los valores individuales obtenidos para el esfuerzo de cedencia se muestran en el Gráfico 7.

Tabla 8. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para esfuerzo de cedencia y ruptura, fluencia, densidad y elongación de las muestras de varillas de acero en intercambios según datos del Lanamme.

Propiedad	Límite inf.	Límite sup.	Cant. de datos n	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido
Esfuerzo cedencia (MPa)	420	540	30	0,99%	36,42%
Esfuerzo ruptura (MPa)	550		42	0,04%	33,87%
Fluencia	1,25		30	0,62%	36,42%
Densidad (kg/m), #3	0,55	0,57	3	36,20%	-
Densidad (kg/m), #4	0,984	1,004	9	36,22%	45,55%
Densidad (kg/m), #5	1,542	1,562	12	11,85%	43,37%
Densidad (kg/m), #6	2,225	2,245	18	100,00%	40,29%
Densidad (kg/m), #7	3,032	3,052	24	100,00%	38,11%
Densidad (kg/m), #8	3,963	3,983	30	100,00%	36,42%
Densidad (kg/m), #9	5,05	5,07	36	100,00%	35,04%
Densidad (kg/m), #10	6,394	6,414	42	100,00%	33,87%
Elongación (%), #3 a #6	14		13	7,13%	42,76%
Elongación (%), #7 a #11	12		28	0,00%	36,94%

Nota: "-" No se cuenta con suficientes datos para realizar análisis estadístico

Esfuerzo de cedencia

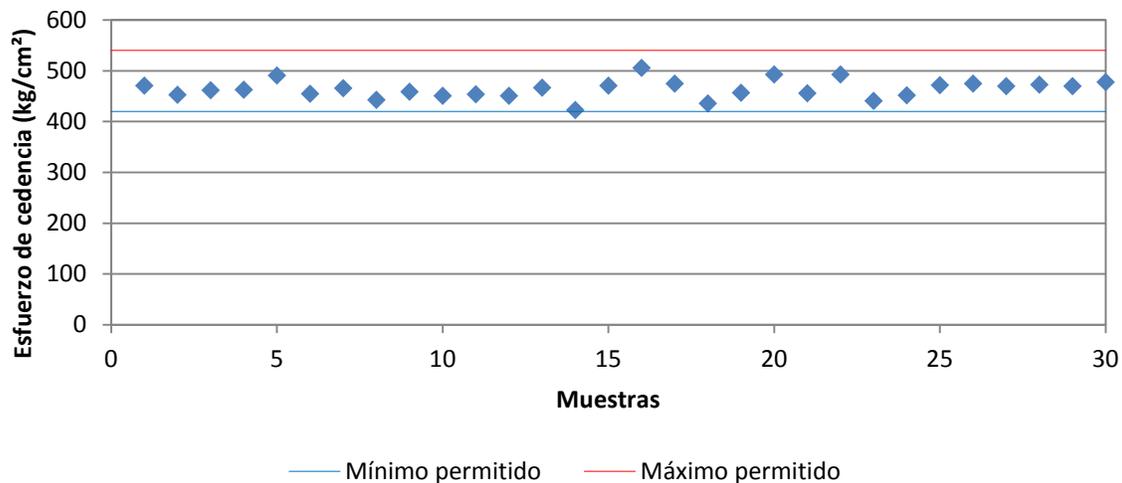


Gráfico 7. Resultados de esfuerzo de cedencia para varillas de acero en intercambios según datos del Lanamme.

De manera similar la norma (ASTM International, 2014) presenta un límite inferior para el esfuerzo de ruptura que, según lo observado en la Tabla 8 cumple, ya que el porcentaje fuera de los límites es menor al máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido para la cantidad de datos analizados. Los valores individuales obtenidos se muestran en el Gráfico 8.

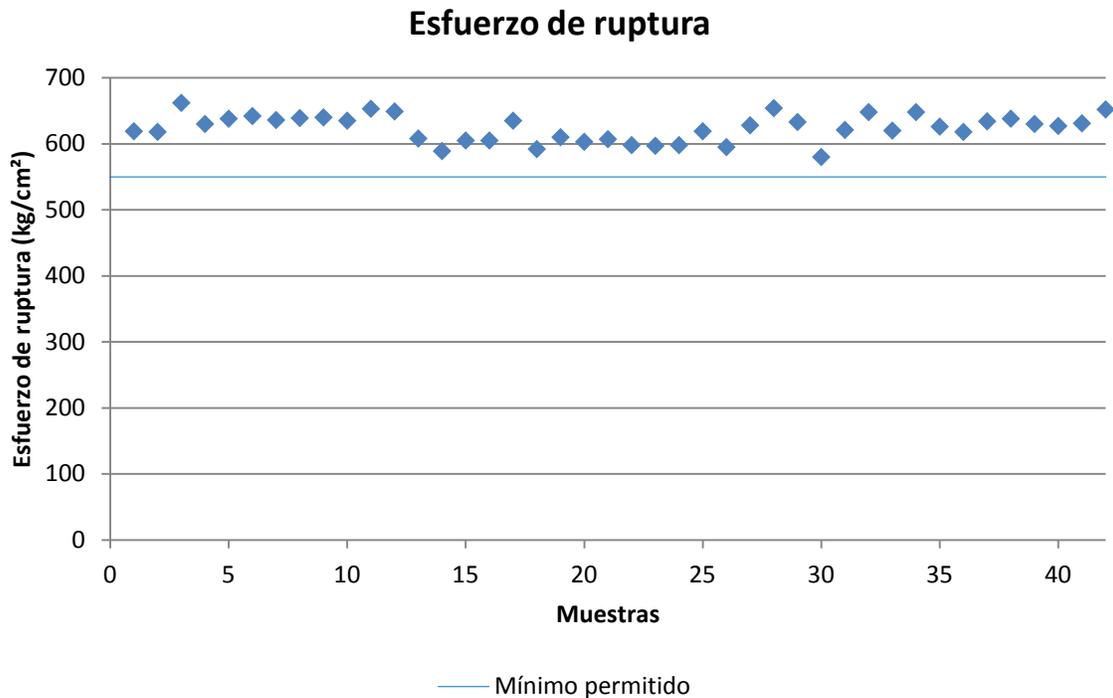


Gráfico 8. Resultados de esfuerzo de ruptura para varillas de acero en intercambios según datos del Lanamme.

A partir de estos dos parámetros (esfuerzo de cedencia y esfuerzo de ruptura) se obtiene el factor de fluencia que para todas las varillas no puede ser menor a 1,25. Para todas las varillas evaluadas se cumple con esta normativa, tal como se aprecia en la Tabla 8. Los valores individuales de las muestras evaluadas se presentan en el Gráfico 9.

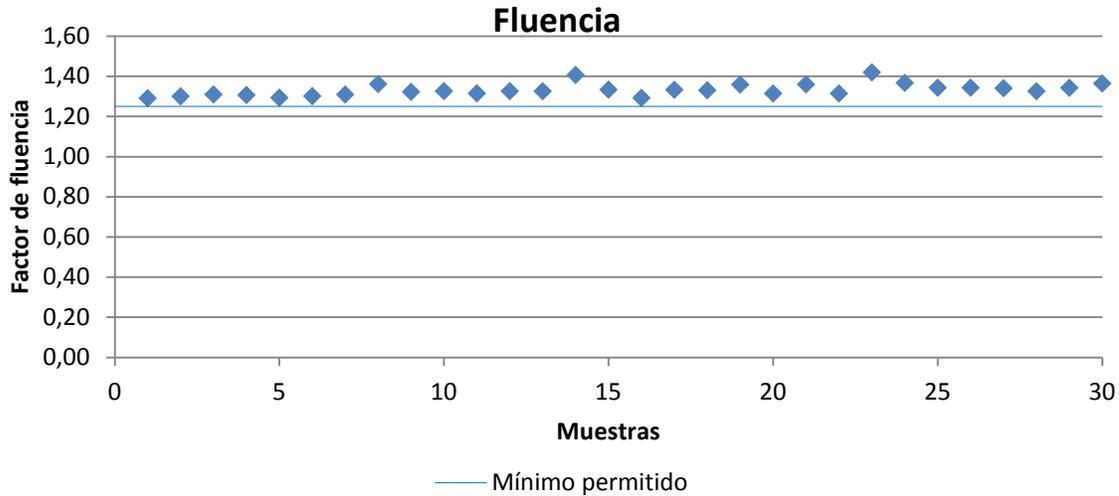


Gráfico 9. Resultados de fluencia (esfuerzo de ruptura entre esfuerzo de cedencia) para varillas de acero en intercambios según datos del Lanamme.

Para los resultados de elongación requerida la norma (ASTM International, 2014) se especifica un valor de 14% para varillas 3, 4, 5 y 6 y un valor de 12% para varillas mayores (de la 7 a la 11). Se puede observar en la Tabla 8 que el porcentaje de elongación que presenta incumplimiento es menor al permitido por lo que el lote cumple para ambas categorías. Los resultados de los especímenes ensayados se muestran en el Gráfico 10.

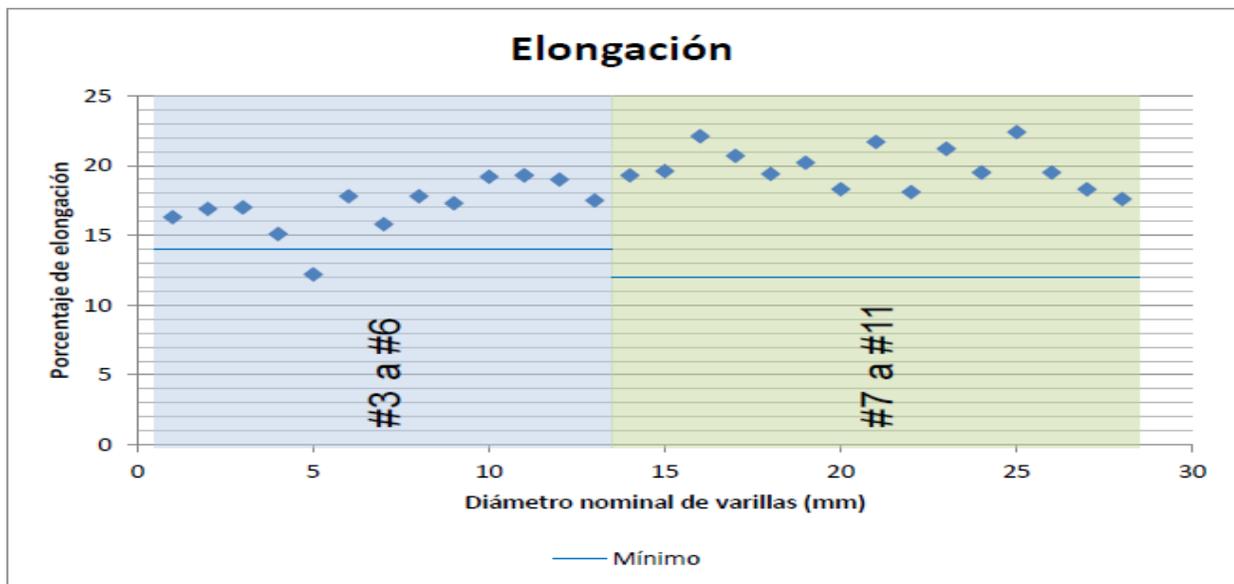


Gráfico 10. Resultados de fluencia (esfuerzo de ruptura entre esfuerzo de cedencia) para varillas de acero en intercambios según datos del Lanamme.

Finalmente, se revisó que la densidad lineal de las varillas fuera la especificada por la norma ASTM 706 (ASTM International, 2014) . De la Tabla 8 se observa que todas las varillas cumplen con la densidad mínima En el Grafico 11 se observa mejor el comportamiento.

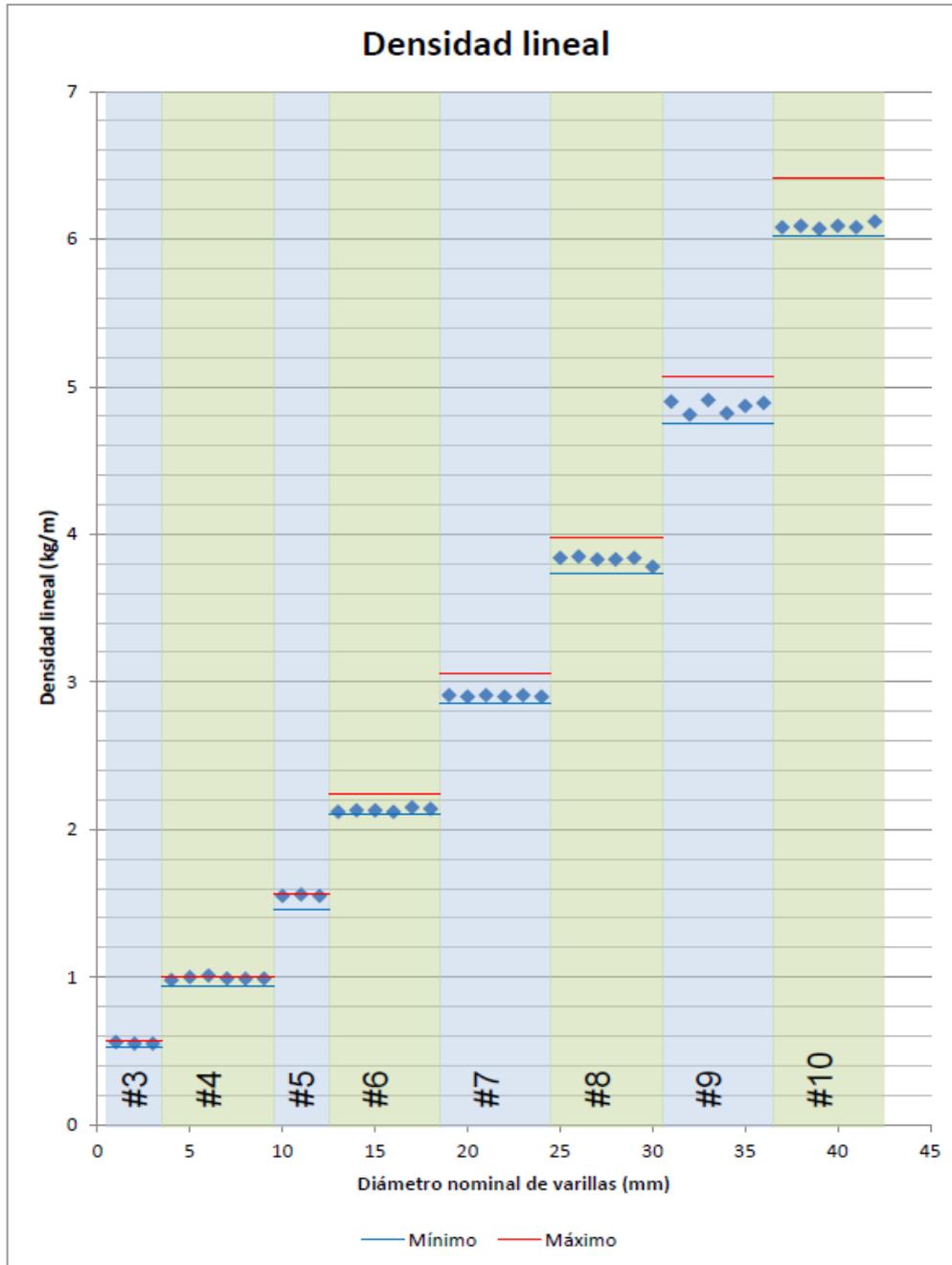


Gráfico 11. Resultados de densidad lineal (kg por metro) para varillas de acero en intercambios según su designación, según datos del Lanamme.

Es criterio de esta Auditoría que todas las características mecánicas y físicas del material cumplen según las especificaciones solicitadas en planos;.

Hallazgo 3. Los torones utilizados en el proyecto cumplen con la norma ASTM A 416

Con los torones recolectados por el LanammeUCR se procedió a realizar los ensayos respectivos que se requieren para comprobar que cumplen con la norma ASTM A406 la cual es la especificada en los planos constructivos de los 3 intercambios. Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para fuerza y esfuerzo de ruptura y densidad de las muestras de varillas de acero en intercambios según datos del Lanamme.

Propiedad	Límite inf.	Límite sup.	Cant. de datos n	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido
Densidad (kg/m) d=15,2	1,09	1,11	4	46,62%	-
Fuerza ruptura (kN) d=15,2	261	NA	4	0,79%	-
Esfuerzo ruptura (MPa)	1.825	NA	4	0,41%	-

NA: No Aplica

Nota: "-" No se cuenta con suficientes datos para realizar análisis estadístico

Debido a que no se tiene el número de muestras necesario, no se realizó el análisis estadístico acorde a la sección 107.05 Aceptación del Trabajo del CR-2010. En el Gráfico 12 se muestran los resultados individuales para cada muestra de densidad lineal.

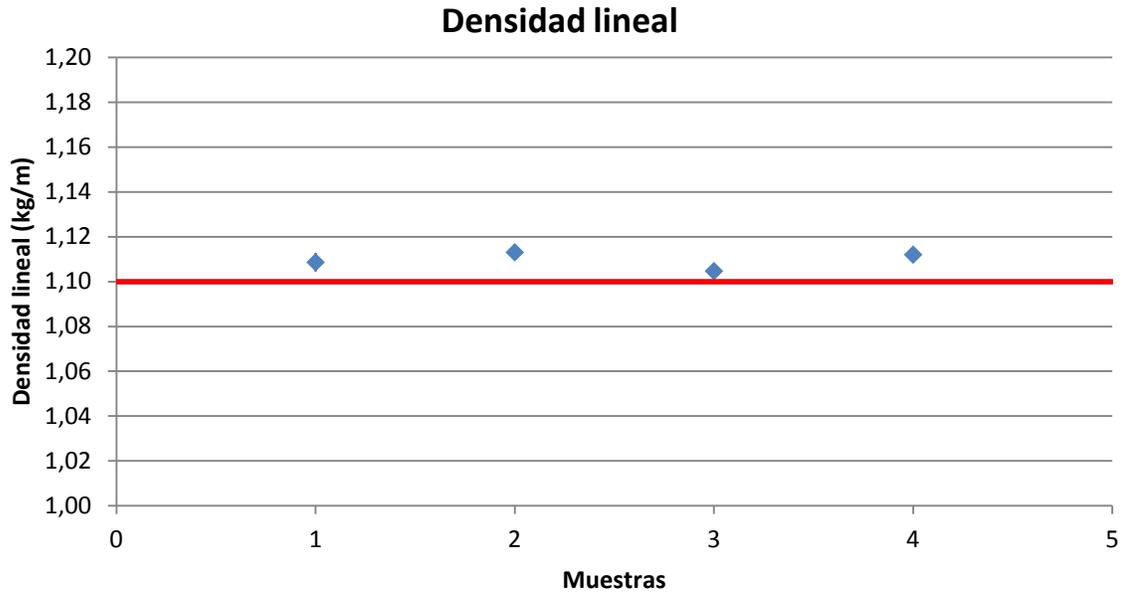


Gráfico 12. Resultados de densidad lineal (peso por metro) para torones de acero de diámetro nominal 15,2 mm en intercambios, según datos del Lanamme.

Tal y como se puede observar en el gráfico anterior, para todas las muestras analizadas se observa que la densidad lineal se encuentra cercana al valor especificado en la norma aunque en todos los casos es mayor, por lo tanto cumple con el valor solicitado en la norma de 1,10 kg/m. En el siguiente gráfico se muestran los valores individuales obtenidos por las muestras de torón a la carga de ruptura.

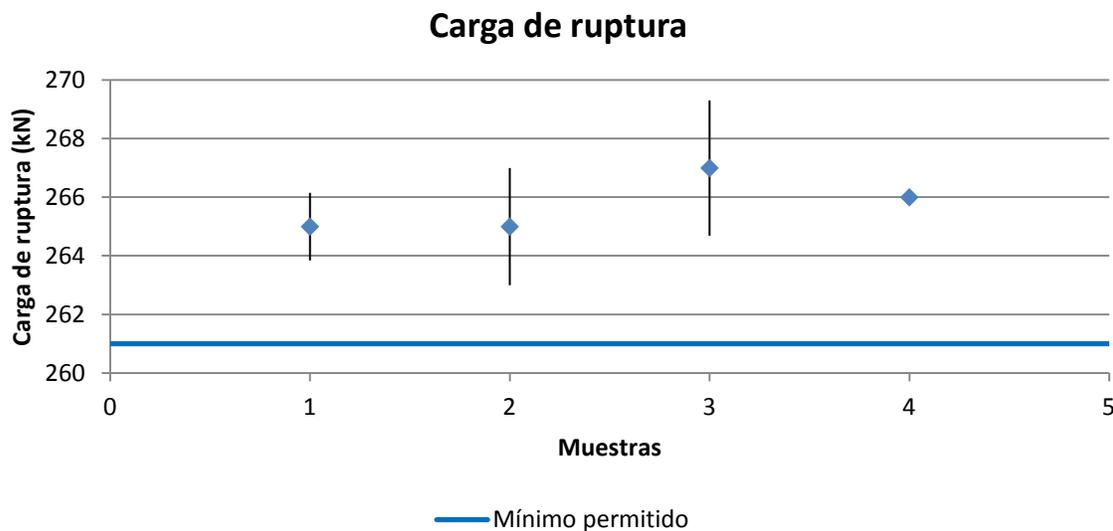


Gráfico 13. Resultados de carga de ruptura para torones de acero de diámetro nominal 15,2 mm en intercambios, según datos del Lanamme.

Como se puede apreciar en el gráfico anterior, los valores alcanzados por las muestras de torón se encuentran dentro del valor solicitado, por lo que el material evaluado cumple con el parámetro analizado.

B. SOBRE LOS ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.

Hallazgo 4. Se observó un exceso de riego de liga asfáltico en colocación de sobrecapa de mezcla asfáltica

En la gira realizada por el equipo auditor el día 10 de setiembre de 2015 se tenían programadas actividades de colocación de mezcla asfáltica en caliente en los ramales del intercambio de Liberia. Debido a condiciones meteorológicas adversas en la planta de producción de Meco en La Uruca, la mezcla no pudo ser producida por lo que no se pudo observar la colocación de este material. Sin embargo, el equipo auditor pudo observar la sección que iba a ser colocada en el sentido Liberia Cañas, en la cual se colocó el día anterior "traba" y riego de liga (ver Fotografía 1).



Fotografía 1. Mezcla colocada en los sobre el tablero del intercambio de Liberia. Ubicación: Sobre la Ruta 1 ,Intercambio de Liberia Sección Cañas Liberia, Fecha 10 de setiembre de 2015. Fuente: LanammeUCR.

El equipo auditor pudo observar un exceso de riego colocado como se puede apreciar en la Fotografía 7. Al consultar con el encargado del frente de trabajo indicó que se estaba usando una dosificación de 0,8 litros de emulsión por metro cuadrado. Al consultar al inspector este indicó que se estaba usando una dosificación de 0,7 litros por metro cuadrado, la cual es alta para una capa de 5 centímetros y considerando que está colocada sobre un tablero de un puente en el cual la infiltración es casi nula.

En relación a las especificaciones técnicas relacionadas con la aplicación de riego, el CR-2010, indica en la sección 414.) Riego de Liga Asfáltica (Tack Coat), específicamente en el punto 414.06, se menciona que:

“...Se aplicará la emulsión asfáltica de conformidad con la Subsección 411.08 a una tasa de dosificación de 0,15 a 0,70 litros por metro cuadrado”

Además en esa misma sección se indica que:

“..Si se aplicará exceso de cemento asfáltico, se eliminará de la superficie ” (El subrayado no es parte del texto original).



Fotografía 2. Exceso de riego de liga en el tablero del intercambio de Liberia. Ubicación: Sobre la Ruta 1, Intercambio de Liberia. Sección Cañas Liberia, Fecha 10 de setiembre de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Un exceso de riego de liga podría modificar las características de la mezcla asfáltica, por ejemplo el contenido de asfalto, provocando posibles problemas de exudación en la superficie y consecuentes problemas de fricción en la superficie de rueda lo cual es un riesgo para los usuarios de la vía.

En el oficio PCIN-INO 388 anexado al oficio UE-124-2014 presentado por el la Unidad Ejecutora, la supervisión indica que en visita realizada a esta sección el día 28 de diciembre no se detectaron evidencias de exudación, y añaden que el tramo seguirá en observación por parte de la supervisión. Adicionalmente en el oficio PYCI-06-2016 el contratista indica

el día anterior a la visita se realizaron ensayos de medición de riego de liga en los cuales obtuvieron un valor de $0,50 \text{ l/m}^2$. A pesar de esto el hallazgo se mantiene ya que es una situación que fue observada en el momento de la visita.

Hallazgo 5. Se detectó falta de adherencia entre capas por procesos constructivos deficientes en la colocación de mezcla asfáltica en caliente.

En la gira realizada por el equipo auditor el día 15 de julio de 2015 se tenían programadas actividades de colocación de mezcla asfáltica en caliente en los ramales del intercambio de Liberia. (ver Fotografía 3).



Fotografía 3. Mezcla colocada en los ramales del intercambio de Liberia. Ubicación: Sobre la Ruta 1 ,Intercambio de Liberia Sección Cañas Liberia , Fecha 15 de julio de 2015. Fuente: LanammeUCR.

El equipo Auditor pudo observar riego de liga no uniforme durante la colocación de esta carpeta como se puede observar en la Fotografía 4. Se debe considerar que el objetivo de un riego de liga es aportar la adherencia entre las capas existentes con la capa asfáltica nueva para que actúen eficientemente como un solo paquete estructural ante las cargas que pasarían sobre él.

Según el CR-2010 Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes, CR-2010, en la sección 414.) Riego de Liga Asfáltica (Tack

Coat), específicamente en el punto 414.06, referente a la aplicación del cemento asfáltico se menciona que:

“...Cuando un riego de liga no pueda ser aplicado con un sistema de distribución por aspersores, se aplicará el riego de liga de manera uniforme, mediante distribuidores manuales o por cualquier otro tipo de método autorizado por el Contratante”. (El subrayado no es parte del texto original).

Así por ejemplo, en la Fotografía 9 se observan franjas en la superficie donde no se aplicó riego de liga (riego en líneas, que no cubre la totalidad del área por pavimentar). En estas franjas sin ligante asfáltico, la nueva capa de mezcla asfáltica colocada encima puede que no tenga la adherencia requerida con las capas subyacentes.



Fotografía 4. Riego no uniforme en los ramales del intercambio de Liberia . Ubicación: Sobre la Ruta 1, Intercambio de Liberia Sección Cañas Liberia . Fecha 15 de julio de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Además, durante esta visita al proyecto se pudo observar que también se utilizaba la "traba" (mezcla asfáltica extendida manualmente en espesores pequeños antes de la colocación con pavimentadora) como parte de las acciones de colocación (Fotografía 5 y 6). Este tipo de práctica es inadecuada ya que esta consiste en una primera capa delgada de mezcla asfáltica que será imposible de compactar eficientemente debido a su espesor y a la segregación térmica que se produce al extenderla, obteniendo una disminución en la temperatura de forma acelerada.

Tal como indicaron los encargados de la colocación de la mezcla asfáltica, el argumento para su utilización es la búsqueda de que la emulsión asfáltica no se despegue de la

superficie sobre la que colocará la mezcla asfáltica en caliente una vez que la vagoneta de suministro de mezcla asfáltica rueda sobre ella.

Sin embargo, para responder a este argumento es importante señalar dos puntos:

1) Sea en bacheos o en colocación de capas de mezcla asfáltica con pavimentadora, no se comprende la necesidad de lanzar y extender mezcla ("traba") en toda la superficie a pavimentar a pesar de que la emulsión asfáltica solo se despegaría bajo la huella de la vagoneta.

2) Una amplia lista de informes de esta Auditoría Técnica de conservación vial (ver referencias) e incluso una reciente publicación titulada "Buenas prácticas constructivas en la aplicación de riego de liga para la colocación de sobrecapas asfálticas" ha evidenciado que a pesar del uso de la traba, hay sectores de la emulsión que se despegan, es decir se eliminan de la superficie, debido a otras razones como superficies que no fueron barridas adecuadamente. En el caso de los bacheos, sucede lo mismo cuando el fondo del bache aún presenta material granular fino suelto.

Esta situación se observó también en la gira del 10 de setiembre (ver Fotografía 5 y 6) en la que se observó la "traba" utilizada en el tablero del intercambio de Liberia. En esta actividad todavía se cuenta con menos argumentos para utilizar la "traba" ya que el material subyacente es una losa de concreto por lo que la emulsión va a tener menor oportunidad de ser removida por el paso de las vagonetas.



Fotografía 5 y 6. Uso de "traba" en las actividades de colocación de mezcla asfáltica en caliente . Ubicación: Sobre la Ruta 1 ,Intercambio de Liberia Sección Cañas Liberia , Fecha 15 de julio y 10 de setiembre de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Debido a esto, en conjunto con el Laboratorio de Campo del LanammeUCR se procedió a obtener núcleos de la mezcla asfáltica con el fin de evaluar la adherencia entre capas. Esto se realizó durante la gira de 30 de setiembre de 2015.



Fotografía 7 y 8. Extracción de núcleos en la carpeta asfáltica . Ubicación: Sobre la Ruta 1 , Ramales Intercambio de Liberia Sección Cañas Liberia , Fecha 30 de setiembre de 2015. Fuente: LanammeUCR.



Fotografía 9 y 10. Extracción de núcleos en la carpeta asfáltica. Ubicación: Sobre la Ruta 1 Ramales ,Intercambio de Bagaces Sección Cañas Liberia , Fecha 30 de setiembre de 2015. Fuente: LanammeUCR.

Como se puede observar en las Fotografías 7,8, 9 y 10, la carpeta no queda adherida a los núcleos como se debería de obtener en caso de una buena adherencia entre la carpeta y la base estabilizada colocada en la capa inferior tanto en el intercambio de Liberia como en el intercambio de Bagaces.

De acuerdo con las observaciones aportadas por el Auditado en el oficio UE-124-2014, se realizaron acciones correctivas para mejorar el riego de adherencia y la colocación de traba. En cuanto al riego de adherencia en las imágenes aportadas por el auditado se observa que a pesar de que el riego es más uniforme que el observado por esta Auditoría no se logra

establecer una cobertura doble o triple como recomiendan las buenas prácticas internacionales (Ver Figura 2).

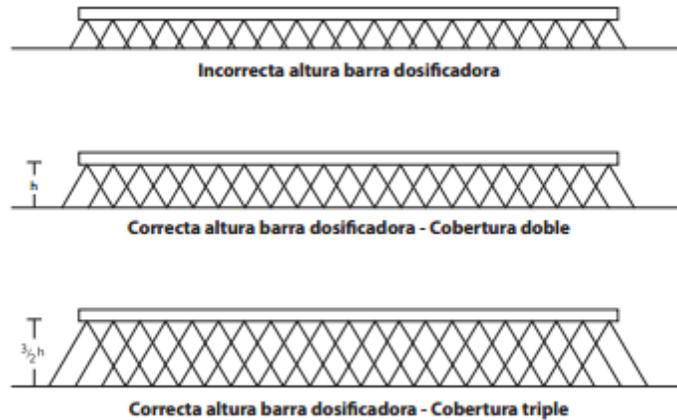


Figura 2. Diagrama de altura de barra rociadora para cobertura deseada (Guerrero-Aguilera, 2015)

Por otra parte, la supervisión del proyecto informó en el mismo oficio que la colocación de traba en el proyecto fue detectada en su momento y que el contratista procedió a corregirlo al colocar traba únicamente en las zonas de las huellas de las vagonetas.

La colocación de “traba” no es en sí una actividad aceptada y practicada a nivel internacional en el mantenimiento de carreteras. Tampoco constituye parte de procedimientos de trabajos con mezcla asfáltica de la forma en que se ha extendido en Costa Rica.

Finalmente al sacar núcleos se detectó que en todos los casos en que se sacaron en sobrecapas colocadas en el proyecto estos salieron desligados.

Por estas razones, es criterio de esta Auditoría Técnica que el uso de la "traba" no es adecuado ni favorece la calidad de los trabajos de colocación de mezcla asfáltica. Este tipo de práctica al igual que el riego de liga no uniforme generan una pérdida de adherencia entre capas que genera una superficie de falla, la cual, disminuye la vida útil del pavimento y que puede favorecer la aparición de deterioros prematuros en el mismo.



11. CONCLUSIONES

- 11.1** Con respecto a las muestras de concreto evaluadas tanto por el laboratorio de Verificación de Calidad como por el LanammeUCR, se concluye que los valores de resistencia a la compresión a los 28 días del concreto para las diferentes resistencias especificadas son satisfactorias. En el caso de la temperatura de colocación se comprueba que los valores obtenidos tanto por el Lanamme como por el laboratorio de Verificación de Calidad cumplen con lo requerido en el Pliego de Especificaciones Especiales del proyecto. No obstante, es importante aclarar que existen diferencias entre las especificaciones del proyecto y las establecidas en el CR-2010, siendo estas últimas más estrictas en cuanto a la temperatura requerida en todos los elementos de los puentes.
- 11.2** Con respecto a los varillas de acero que han sido colocadas en el proyecto se indica que cumplen con todas las características evaluadas por el LanammeUCR y que son acordes con lo solicitado en los planos constructivos. Con respecto a los torones utilizados en las superestructuras de los intercambios cumplen con los parámetros evaluados, los cuales son solicitados por la norma ASTM A 416, referenciada en los planos para este material.
- 11.3** El exceso de riego de liga colocado en el tablero del puente puede generar exudación en la carpeta asfáltica, que puede disminuir la fricción entre la superficie de rodamiento y las llantas del vehículo aumentando la probabilidad de accidentes.
- 11.4** Con respecto a la colocación de riego de liga de manera no uniforme contraviene lo indicado en el CR-2010. Además al obtener núcleos se observa que no hay una adecuada adherencia entre las capas lo cual afecta la vida útil del pavimento.

12. RECOMENDACIONES

Le corresponde a la Administración definir e implementar las medidas correctivas y preventivas pertinentes, que contribuyan a subsanar los hallazgos y observaciones planteados en el presente informe. A continuación se indican algunas recomendaciones.

A la Ingeniería de Proyecto y la Unidad Ejecutora PIV I

- 12.1 Se recomienda que las especificaciones especiales de un proyecto no sean menos rigurosas que las especificaciones generales existentes en la normativa nacional, con el fin de asegurar un producto de calidad que cumpla con el mínimo solicitado para el resto de los proyectos del Estado.
- 12.2 Se recomienda hacer muestreos aleatorios a las varillas de acero de refuerzo colocadas en los proyectos de obra pública con el fin de hacer ensayos que aseguren la calidad de las mismas.
- 12.3 Velar para que se cumpla con la correcta colocación de mezcla asfáltica tanto en los tableros de los intercambios como en los ramales de éstos con el fin de garantizar el buen uso de los recursos públicos.

13. REFERENCIAS

- ASTM International. (2014). *Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement*. Pennsylvania.
- ASTM International. (2015). *Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete*. Pennsylvania.
- Castillo, R. (2015). *INSPECCION DE LOS INTERCAMBIOS DE CAÑAS, BAGACES Y LIBERIA*. LanammeUCR, PIE, San José.
- Cervantes-Calvo, V., & Fonseca-Chaves, F. (2015). *Evaluación de la calidad de los materiales, la capacidad estructural y funcional de la losa de rodamiento y aspectos constructivos*. LANAMME, PITRA, San José.
- Cervantes-Calvo, V., & Fonseca-Chaves, F. (2014). *LM-PI-AT-62-2014 Evaluación de la calidad de los materiales y procesos constructivos proyecto: Diseño y Construcción de 18 Puentes en la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, Sección: Cañas-Liberia*. San José.
- Cervantes-Calvo, V., Fonseca-Chaves, F., & Hidalgo-Arroyo, A. (2013). *Análisis de la calidad del material de préstamo, subbase, base estabilizada y concreto del pavimento. Periodo de muestreo: Abril a Junio 2013*. San Jose.
- Cervantes-Calvo, V., Fonseca-Chaves, F., & Hidalgo-Arroyo, A. (2013). *Análisis de la calidad del material de préstamo, subbase, base estabilizada y concreto del pavimento. Periodo de muestreo: Enero a Marzo 2013*. San José.
- Cervantes-Calvo, V., Fonseca-Chaves, F., & Hidalgo-Arroyo, A. (2012). *LM-PI-AT-130-12: Análisis de la calidad del material de préstamo y evaluación del control de tránsito en obra*. San José.



- Cervantes-Calvo, V., Fonseca-Chaves, F., & Hidalgo-Arroyo, A. (2014). *LM-PI-AT-29-14 Análisis de la calidad del material de préstamo, subbase, base estabilizada y concreto del pavimento. Periodo de muestreo: Julio Octubre 2013*. San José.
- Cervantes-Calvo, V., Fonseca-Chaves, F., & Hidalgo-Arroyo, A. (2014). *LM-PI-AT-29-14 Análisis general de la calidad del material de préstamo, subbase, base estabilizada y concreto del pavimento rígido. periodo de muestreo: año 2013*. San José.
- Guerrero-Aguilera, S. (2015). *Buenas prácticas constructivas en la aplicación de riego de liga para la colocación de sobrecapas asfálticas*. LanammeUCR, PITRA, San José.
- Guerrero-Aguilera, S., Rodríguez-Morera, J. D., & Salas-Chaves, M. (2015). *Prácticas Constructivas en Obras de Conservación Vial de la Red Vial Nacional de Pavimentación*. San José.
- MOPT. (2010). *Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes*. San José.
- Neville, A. (2010). *Tecnología del Concreto*. Reino Unido: Pearson.
- PITRA, Guerrero-Aguilera, S. A., Salas-Chaves, M., Sequeira-Rojas, W., & Loría-Salazar, G. (2015). *Buenas prácticas constructivas en la aplicación de riego de liga para la colocación de sobrecapas asfálticas*. San José.
- Rodríguez-Morera, J. D., & Salas-Chaves, M. (2014). *Prácticas Constructivas en Obras de Conservación Vial de la Red Vial Nacional de Pavimentación*. San José.
- Valverde-Cordero, C., Garro-Mora, J. F., Naranjo-Ureña, R., Ruiz-Cubillo, P., Barrantes-Jimenez, R., & Loria-Salazar, L. G. (2015). *Informe de Evaluación del Proyecto san José - Caldera Ruta Nacional 27, Año 2014-2015 INF-PI-UGERVN-14-2014*. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.



EQUIPO AUDITOR

Preparado por:
Ing. Victor Cervantes Calvo
Auditor Técnico

Preparado por:
Ing. Francisco Fonseca Chaves
Auditor Técnico

Aprobado por:
Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.
Coordinadora Unidad de Auditoría
Técnica PITRA

Aprobado por:
Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D.
Coordinador General PITRA

Visto Bueno de Legalidad:
Lic. Miguel Chacón Alvarado
Asesor Legal Externo LanammeUCR