UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
LanammeUCR

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Informe: LM-PI-AT-024-17

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Proyecto: Estudios previos, diseño y construcción de la Ruta Nacional Nº 257 - Acceso a la terminal de contenedores de Moín

Informe Final
Preparado por:

Unidad de Auditoría Técnica
LanammeUCR

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, 2018

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Información Técnica del documento

1. Informe Informe de Auditoría Técnica LM-PI-AT-024-17	**2. Copia No.** 1
3. Título y subtitulo: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS PROYECTO: ESTUDIOS PREVIOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA RUTA NACIONAL Nº 257 - ACCESO A LA TERMINAL DE CONTENEDORES DE MOÍN)	**4. Fecha del Informe** Febrero 2018

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

Sobre la información requerida por la auditoría técnica: La Unidad Ejecutora del proyecto no ha respondido en tiempo y forma las solicitudes de información y otras comunicaciones requeridas por el equipo auditor ocasionando atrasos en la ejecución de los análisis realizados por esta entidad fiscalizadora.
Sobre la colocación de concreto: se evidenció que durante las colocaciones de concreto en condiciones de lluvia no se realizaba la debida protección del elemento lo cual puede ocasionar una pérdida de resistencia por el aumento de la relación agua-cemento.
Sobre los muestreos de concreto: se detectó que tanto los laboratorios de control como de verificación de calidad realizaban el muestreo de concreto sin cumplir con lo indicado en la norma ASTM C172 "Práctica Normalizada para muestreo de concreto recién mezclado".
Sobre los resultados de las muestras de concreto: al analizar las muestras de concreto se evidencia que no se cumple con el parámetro de temperatura de colocación para los vanos según los resultados del laboratorio de verificación de calidad y el LanammeUCR. Adicionalmente, se evidenció incumplimiento de la resistencia a la compresión de los alzados del proyecto para las muestras ensayadas por el LanammeUCR.
Sobre los resultados de las muestras de acero de refuerzo: se detectó que a pesar de existir incumplimientos en los parámetros de altura de corrugación y porcentaje de elongación, al realizar el análisis estadístico se determinó que no se rechaza el lote, para los datos ensayados por el LanammeUCR.
Sobre el desempeño de la mezcla asfáltica en caliente: Se evidenció la aprobación de un cambio en las condiciones ofrecidas en los documentos del proyecto con respecto al método de diseño de mezcla de Superpave a Marshall sin que mediara una valoración técnica del alcance de dicha modificación en el desempeño y durabilidad que requiere la capa de ruedo colocada en el proyecto.

10. Palabras clave	**11. Nivel de seguridad:**	**12. Núm. de páginas**
PITRA, Concreto, procesos constructivos, Superpave	Ninguna	70

INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS
Proyecto: Estudios previos, diseño y construcción de la Ruta Nacional Nº 257 - Acceso a la terminal de contenedores de Moín*).*

Departamento encargado del proyecto: Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial, CONAVI

Supervisora del proyecto:
Hasta setiembre 2017 IRRSA
Desde setiembre 2017 Consorcio CACISA-EPTISA

Laboratorio de verificación de calidad:
Hasta setiembre 2017 Vieto
Desde setiembre 2017 CACISA

Empresa contratista: Consorcio del Atlántico, compuesto por las empresas Puentes y Calzadas Infraestructuras SLU y MECO
Laboratorio de control de calidad: *ITP.* Ingeniería Técnica de Proyectos
Monto original del contrato: US$ 71 000 000,00

Plazo original de ejecución: El plazo inicial es de 18 meses, con dos hitos una vía de dos carriles con todos los requisitos de seguridad vial, iluminación y medidas ambientales, debidamente diseñada y construida para el 31 de julio de 2017 y la segunda el 30 de noviembre de 2017 según cartel.

Proyecto: Estudios previos, diseño y construcción de la Ruta Nacional Nº 257 - Acceso a la terminal de contenedores de Moín)

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.
Auditores:
Ing. Erick Acosta Hernández, Auditor Técnico Líder
Ing. Francisco Fonseca Chaves, MBA, Auditor Técnico Adjunto
Ing. Ana Elena Hidalgo, Auditora Técnica Adjunta
Asesor Legal :
Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:
El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en la recopilación y análisis de información documental del proyecto sobre los materiales usados, específicamente, el concreto, el acero de refuerzo y mezcla asfáltica con el fin de establecer comparaciones entre los ensayos realizados por el LanammeUCR y la verificación de calidad y determinar el nivel de cumplimiento con las especificaciones establecidas en los documentos contractuales. Adicionalmente, se evaluaron las prácticas constructivas del proyecto durante la construcción del viaducto. La evaluación se realizó en el periodo comprendido entre febrero a octubre 2017.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

TABLA DE CONTENIDOS

1. FUNDAMENTACIÓN 7
2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS 7
3. OBJETIVOS DEL INFORME 8
3.1. OBJETIVO GENERAL 8
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
4. ALCANCE DEL INFORME 8
5. METODOLOGÍA 9
6. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA 9
7. ANTECEDENTES 10
8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 11
9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-PI-AT-024B-17 13
10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA 14
SOBRE EL ACCESO A LA INFORMACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA TÉCNICA 15
HALLAZGO 1. LAS SOLICITUDES DE INFORMACIÓN Y OTRAS COMUNICACIONES SOBRE EL PROYECTO NO FUERON CONTESTADAS EN TIEMPO Y FORMA LIMITANDO LA EJECUCIÓN DEL PROCESO DE AUDITORÍA TÉCNICA. 15
SOBRE LA REVISIÓN DOCUMENTAL 18
HALLAZGO 2. LA ADMINISTRACIÓN PERMITIÓ UN CAMBIO EN LA METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE SUPERPAVE A MARSHALL SIN QUE EXISTIERA UN ACTO QUE FUNDAMENTARA ESTE CAMBIO. ESTA SITUACIÓN GENERA UNA INCERTIDUMBRE SOBRE EL DESEMPEÑO DE LA CAPA DE RUEDO. 18
SOBRE LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS 21
HALLAZGO 3. SE EVIDENCIA QUE DURANTE LA COLOCACIÓN DE CONCRETO SE PRESENTARON EVENTOS DE LLUVIA SIN LA DEBIDO PROTECCIÓN DEL CONCRETO, CONTRARIO A LO QUE ESPECIFICA EL CR-2010 21

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

HALLAZGO 4. EL PROCEDIMIENTO DE MUESTREO DEL CONCRETO NO SE REALIZA SEGÚN LO INDICADO EN LA NORMA ASTM C172 "PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIÉN MEZCLADO" *26*

SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES *27*

HALLAZGO 5. EXISTE EVIDENCIA DE INCUMPLIMIENTOS EN LOS DATOS DE TEMPERATURA DEL TABLERO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE LOS ALZADOS DEL VIADUCTO. ESTO SEGÚN LO ESTABLECIDO EN EL MANUAL DE ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, CAMINOS Y PUENTES CR-2010, LOS PLANOS DEL PROYECTO Y EN LOS DISEÑOS DE MEZCLA APORTADOS. *27*

HALLAZGO 6. SE PRESENTAN INCUMPLIMIENTOS EN LOS VALORES INDIVIDUALES DE ELONGACIONES Y ALTURAS DE CORRUGACIONES DE LAS VARILLAS DE REFUERZO UTILIZADAS EN EL PROYECTO, SIN EMBARGO, AL REALIZAR EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO SE EVIDENCIA QUE NO SE RECHAZA EL LOTE DE VARILLAS MUESTREADO POR EL LANAMMEUCR, ESTO SEGÚN LO ESTIPULA LA SECCIÓN 107 DEL CR-2010. ..... *41*

11. CONCLUSIONES 47

12. RECOMENDACIONES 48

13. REFERENCIAS 49

14. ANEXOS 51

14.1. OFICIO POE-02-2018-0054 51

14.2. ANÁLISIS DEL OFICIO POE-02-2018-0054 65

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. ZONA DE COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN EL ALZADO DEL INTERCAMBIO. FECHA: 21 DE MARZO DE 2017. FUENTE: LANAMMEUCR 22

FOTOGRAFÍA 2. TRANSICIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO ENTRE CAMIÓN AUTO MEZCLADOR Y BOMBA TELESCÓPICA. FUENTE: LANAMMEUCR 23

FOTOGRAFÍA 3. COLOCACIÓN DE CONCRETO EN EL SITIO DE PROYECTO, CON CONDICIÓN DE LLUVIA PRESENTE. FECHA: 26 DE JUNIO DE 2017. FUENTE: LANAMMEUCR 24

FOTOGRAFÍA 4. EVIDENCIA DE AGUA SOBRE EL CONCRETO (EMPOZAMIENTOS) DURANTE LA COLOCACIÓN BAJO LLUVIA. FECHA: 26 DE JUNIO DE 2017. FUENTE: LANAMMEUCR 24

FOTOGRAFÍA 5. MUESTREO REALIZADO POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN UTILIZANDO LA PALA PARA TOMAR LA MUESTRA. FECHA: 20 DE SETIEMBRE DE 2017. FUENTE: LANAMMEUCR 27

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE OFICIOS ENVIADOS A LA ADMINISTRACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA 11
TABLA 2. OFICIOS ENVIADOS A LA ADMINISTRACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA 15
TABLA 3. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A 28 DÍAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR 28
TABLA 4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR. 30
TABLA 5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR. . 31
TABLA 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD. 37
TABLA 7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD. 37
TABLA 8.RESULTADOS DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS VARILLAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR. 42
TABLA 9.RESULTADOS DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS VARILLAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR. 44
TABLA 10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LABORATORIO DE LANAMMEUCR. 46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR 33
GRÁFICO 2. VALORES DE TEMPERATURA DE COLOCACIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR 34
GRÁFICO 3. VALORES DE REVENIMIENTO DEL CONCRETO FRESCO PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR 35
GRÁFICO 4. VALORES DE CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR 36
GRÁFICO 5. VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN 39
GRÁFICO 6. VALORES DE TEMPERATURA DE COLOCACIÓN PARA LAS MUESTRAS DE CONCRETO ENSAYADAS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN (VIETO) 40

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL PROYECTO. 13

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS PROYECTO: ESTUDIOS PREVIOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA RUTA NACIONAL Nº 257 - ACCESO A LA TERMINAL DE CONTENEDORES DE MOÍN*).*

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 GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

El propósito de las auditorías técnicas que realiza el LanammeUCR en cumplimiento de las tareas asignadas en la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria", Ley Nº 8114, es el de emitir informes que permitan a las autoridades del país, indicadas en dicha ley, conocer la situación técnica, administrativa y financiera de los proyectos viales durante todas o cada una de las etapas de ejecución: planificación, diseño y especificaciones; cartel y proceso licitatorio; ejecución y finiquito. Asimismo, la finalidad de estas auditorías consiste en que la Administración, de manera oportuna tome decisiones correctivas y ejerza una adecuada comprobación, monitoreo y control de los contratos de obra, mediante un análisis comprensivo desde la fase de planificación hasta el finiquito del contrato.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

3. OBJETIVOS DEL INFORME

3.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de esta Auditoría Técnica realizada en el proyecto de Estudios, diseño y construcción de la Ruta Nacional Nº 257 - Acceso a la terminal de contenedores de Moín, es analizar la calidad de los materiales y específicamente, el concreto y el acero. Adicionalmente, se pretende evaluar la documentación del proyecto y los aspectos constructivos.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el cumplimiento de la especificaciones de la mezcla asfáltica del proyecto indicadas en los documentos contractuales.
- Evaluar el cumplimiento de las especificaciones del concreto y el acero de refuerzo a partir de muestreos puntuales realizados por el LanammeUCR y el laboratorio de verificación de calidad del laboratorio de Vieto y asociados.
- Analizar las prácticas constructivas utilizadas en el proyecto.

4. ALCANCE DEL INFORME

El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en presentar un análisis general de los resultados de las muestras de concreto y acero colocados en el proyecto en cuestión, que fueron emitidos por los laboratorios de LanammeUCR y verificación de calidad. Así como el análisis documental y de las prácticas constructivas de la obra en un plazo que comprende de febrero a octubre de 2017.

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 verificación de calidad, tampoco le corresponde a esta Auditoría Técnica, realizar evaluaciones exhaustivas a nivel de proyecto, que son de 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 encontraba en proceso constructivo durante la ejecución de la auditoría técnica.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

La determinación del nivel de cumplimiento contractual y la determinación de corrección de defectos o aplicación de multas es una responsabilidad propia de la Administración.

5. METODOLOGÍA

La labor que se efectúa en un proceso de auditoría se orienta en recopilar y analizar evidencias durante un periodo definido, así como identificar posibles elementos y aspectos que puedan afectar la calidad del proyecto.

Este informe se efectuó siguiendo los procedimientos de Auditoría Técnica, mediante la solicitud y revisión de la documentación del proyecto, cuando fue posible, así como la verificación en sitio de las condiciones indicadas anteriormente durante el proceso constructivo mediante visitas y ensayos de laboratorio.

Las actividades que fueron desarrolladas por el equipo de Auditoría Técnica consistieron en visitar los diversos frentes de trabajo y hacer una revisión de los documentos contractuales relacionados con el proyecto, así como programar muestreos y ensayos a los materiales.

6. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

- Los trabajos del proyecto deberán ser ejecutados de conformidad con los términos del pliego de condiciones y acordes con la última versión descrita en el Sección VI Requisitos de las Obras:
- Ley de Contratación Administrativa (Ley No. 7494 del 02 de mayo de 1995) y sus reformas y su respectivo Reglamento (Decreto Ejecutivo número 33411-H del 27 de setiembre del 2006) y sus reformas.
- El cartel de licitación, incluyendo las Especificaciones Especiales, sus aclaraciones y sus enmiendas.
- La oferta adjudicataria.
- El contrato refrendado por la Gerencia de Gestión de Asuntos Jurídicos del CONAVI.
- “Especificaciones generales para la construcción de caminos, carreteras y puentes (CR-2010)”.
- El código de construcción.
- La norma “AASHTO LRFD Bridge Design Specifications”, de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), edición 2010 o última versión.
- El documento titulado: “Tomo de disposiciones para la construcción y conservación vial”, contiene las disposiciones generales emitidas por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI).
- Estudio de Impacto Ambiental.
- Manual de construcción para caminos, carreteras y puentes (MC-83)

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

- Lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes.
- El Código de Cimentaciones de Costa Rica, edición 2009
- Las Normas para la colocación de dispositivos de seguridad para protección de obras y demás disposiciones contractuales.
- Manual de diseño estándar para la construcción de carreteras, caminos y puentes de Costa Rica (DE-2010) o última versión.
- Reglamento de disposiciones de seguridad para protección de obras, publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 103 del 30 de mayo de 1997, Decreto No. 26041-MOPT.
- Manual técnico de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías".
- Dispositivos obligatorios de visualización de MOPT.
- Manual Centroamericano de Gestión del Riesgo en Puentes, Edición 2010.
- Manual Centroamericano de Normas para Diseño Geométrico de carreteras (SIECA, 3ª edición – 2011).
- Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA, 2000).
- Pesos y Dimensiones, Decreto N° 33773-MOPT, publicado en La Gaceta N° 99 de fecha 24 de mayo de 2007 y sus modificaciones.
- Componentes de seguridad vial, implementación regulada mediante Decreto Ejecutivo No. 33148 y publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 100 del 25 de mayo del 2006
- Normas y diseños para la construcción de carreteras del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Plan Vial.
- Todas aquellas normas ASTM que cuenten con homologación vigente del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO) regirán sobre su homologada (ver Anexo K). El contratista tendrá la obligación de verificar y aplicar toda la normativa INTECO aplicable.

7. ANTECEDENTES

Como parte de la auditoría técnica que el LanammeUCR realiza al proyecto y en aras de contribuir al mejoramiento continúo de la gestión de la Administración, durante el desarrollo de este proceso se emitieron varios oficios y notas informe las cuales se citan a continuación:

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Tabla 1. Resumen de oficios enviados a la Administración durante el proceso de Auditoría

Oficio/ Nota Informe	Fecha de emisión	Asunto	Oficio respuesta de la Administración
LM-AT-36-2017	01/03/2017	Solicitud de información	*
LM-AT-49-2017	22/03/2017	Colocación de concreto en lluvia y acero de refuerzo	*
LM-AT-52-2017	27/03/2017	Remisión de informe de calidad	No aplica
LM-IC-D-0345-17	08/05/2017	Solicitud al Ministro de acceso a la información de los proyectos del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial	No aplica
LM-AT-69-2017	24/05/2017	Muestreo de concreto	POE-03-2017-0629 y POE-03-2017-0656
LM-AT-76-2017	09/06/2017	Temperaturas del concreto	*
LM-AT-93-2017	05/07/2017	Observaciones de gira	POE-03-2017-0822
LM-AT-98-2017	26/07/2017	Remisión de informes de laboratorio	No aplica
LM-AT-103-2017	09/08/2017	Recordatorio de información	*
LM-AT-108-2017	28/08/2017	Consultas varias diseño de pavimentos	*
LM-AT-110-2017	14/09/2017	Solicitud de información	*
LM-AT-111-2017	14/09/2017	Remisión de informes de laboratorio	No aplica
LM-AT-113-2017	14/09/2017	Consulta legal sobre cambios en la oferta del contratista	*
LM-AT-119-2017	25/09/2017	Solicitud de información	*
LM-IC-D-0826-17	31/10/2017	Solicitud al Ministro de acceso a la información de los proyectos del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial	*

(*) No se recibió respuesta

Tal y como se observa en el Tabla 1, la información del proyecto fue solicitada a la Ingeniería de proyecto en 6 ocasiones durante un periodo cinco meses, sin recibir respuesta por parte de la Administración, lo cual dificultó la ejecución de la Auditoría Técnica.

8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objeto del contrato es realizar los estudios previos, el diseño y la construcción de la Ruta Nacional No. 257 (vía de acceso desde la Ruta Nacional No. 32 a la Vía Cantonal de Moín y a la nueva Terminal de Contenedores del Puerto de Moín), a efectos de cumplir con los compromisos adquiridos por el Estado Costarricense al amparo del contrato de concesión de la terminal de contenedores de Moín. El proyecto de diseño y construcción de la Ruta Nacional No. 257 incluye diferentes tramos y tipos de obras, a saber:

- Diseño y construcción total del tramo comprendido entre la estación 0+000 km a la estación 0+150 km aproximadamente, con una sección transversal de 30 m de coronamiento de la obra de suelos y que alojará a nivel de pavimento terminado, 4 carriles de 3,65 m cada uno, espaldones exteriores de 1,80 m, 1,00 m a cada lado de la vía donde se dispondrá de cuneta y media barrera del tipo F doble alta, dos espaldones interiores de 0,60 m, una barrera separadora New Jersey de 1,40 m de

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

ancho y 2,70 m como mínimo a cada lado, donde se alojarán ciclovía y acera, en cada sentido de circulación.

- Diseño y restitución de la estructura de pavimento existente y construcción de la ampliación requerida del camino de acceso a la nueva Terminal de Contenedores y restitución de la estructura de pavimento requerida, en el tramo entre la estación 0+150 km a la estación 1+100 km (aproximadamente), -corresponde al tramo de ruta actualmente construido a nivel de infraestructura de suelos básica y camino de acceso para la construcción de la obra de la terminal de contenedores- estará compuesto de una sección transversal de 30 m de coronamiento de la obra de suelos y que alojará a nivel de pavimento terminado, 4 carriles de 3,65m cada uno, espaldones exteriores de 1,80 m y cunetas de 1,00 m a cada lado de la vía, dos espaldones interiores de 0,60 m, una barrera separadora del tipo F doble alta y 2,70 m como mínimo a cada lado, donde se alojarán ciclovía y acera, en cada sentido de circulación.
- La transición entre el tramo inicial y el viaducto, deberá tener una pendiente máxima del 4% y un sistema de confinamiento a fin de evitar la disposición de taludes.
- Diseño y construcción de viaducto desde la estación 1+100 km (aproximadamente) a la estación 2+047 km (aproximadamente) que alojará la misma sección transversal descrita anteriormente a nivel de pavimento terminado, respetando los gálibos mínimos sobre la vía férrea, sobre el río Moín y sobre la calle cantonal. La estación 2+047 km es el límite entre la carretera (Ruta Nacional No. 257) y la plataforma de la Terminal de Contendores de Moín (TCM).
- Diseño y construcción de intersección semaforizada a nivel, en el empalme entre la Ruta Nacional No. 32 y la Ruta Nacional No. 257 (camino de acceso a la nueva Terminal de Contendores de Moín, indicado en a. y b.) que permita la totalidad de los giros previsibles y necesarios para garantizar la seguridad en ambas vías (Rutas Nacionales No. 32 y No. 257). El diseño deberá incluir todos los elementos necesarios para la semaforización, que se implementará en etapa constructiva
- Diseño y construcción de una intersección a desnivel en el cruce de la vía cantonal y la Ruta Nacional No. 257 (camino de acceso a la nueva Terminal de Contenedores de Moín). Dicha intersección se diseñará a la cota de rasante con una media de +4.0m, sobre el nivel medio del mar, incluida en el interior del derecho de vía de la Ruta Nacional No. 257.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

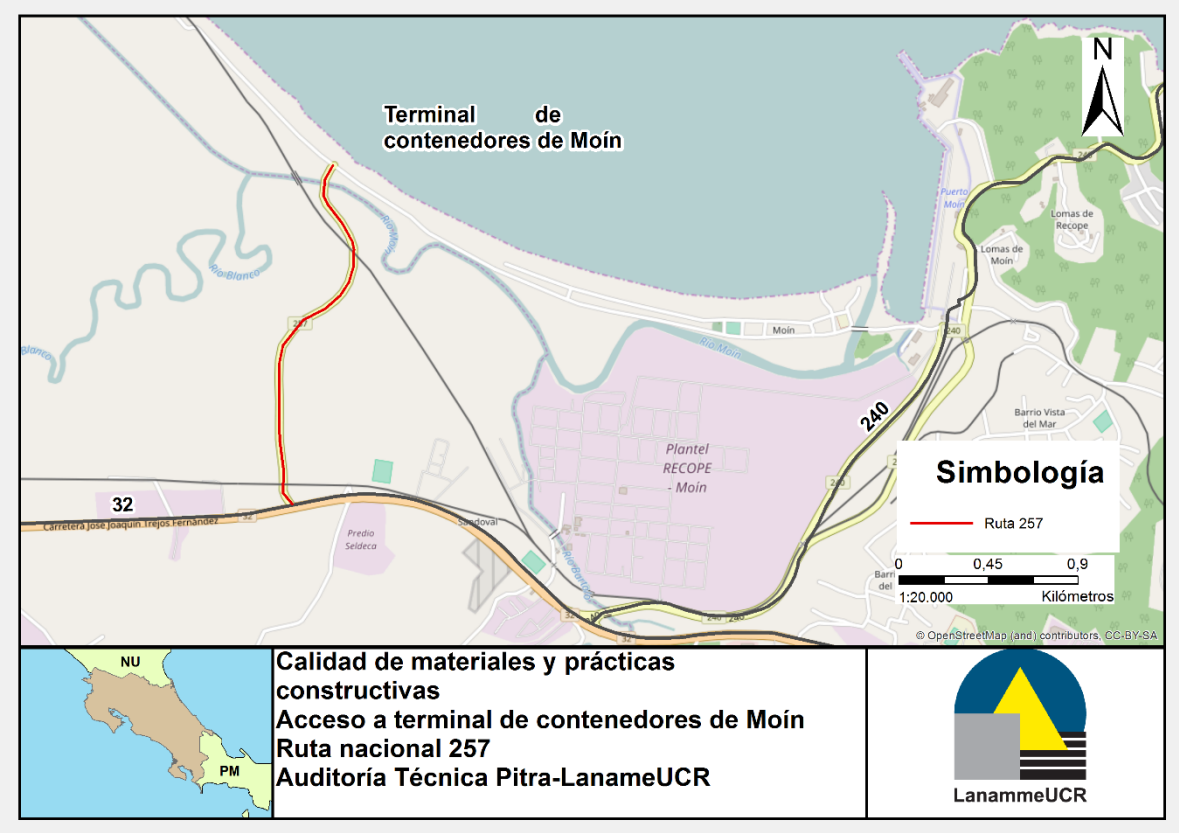


Figura 1. Ubicación del proyecto.

9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR LM-PI-AT-024B-17

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-159-17 del 20 de diciembre de 2017, se envía el informe preliminar LM-PI-AT-024B-17 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 25 de enero de 2018.

Como parte del proceso de Auditoría se propone una reunión el jueves 11 de enero de 2018 con el auditado con el fin de comentar aspectos relacionados con el informe. Esta reunión contó con la participación de los ingenieros Oldemar Sagot y Carlos Jimenez por parte del Unidad Ejecutora Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial ; el Ing. Jeyfer Martinez y el Lic. Reynaldo Vargas de la Auditoría Interna de Conavi; y por parte del LanammeUCR, el Ing. Francisco Fonseca, la Ing. Ana Hidalgo, el Ing Erick Acosta y la Ing. Wendy Sequeira.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Mediante oficio POE-02-2018-0054 del 25 de enero del 2018, el Ing Carlos Jimenez y el Ing. Oldemar Sagot, adjuntó el documento CDA-01-182-2018-CO de la empresa contratista Consorcio del Atlántico, en el cual se enuncian los comentarios de la constructora sobre el informe preliminar LM-PI-AT-024B-17. El oficio es firmado por Jose Ramón, Director Técnico del consorcio. 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-024-17 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley.

En el anexo del informe se adjunta el oficio POE-02-2018-0054 de la Unidad Ejecutora Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial y el análisis realizado por el equipo auditor, donde se hacen las aclaraciones correspondientes.

10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

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.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

SOBRE EL ACCESO A LA INFORMACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA TÉCNICA

Hallazgo 1. Las solicitudes de información y otras comunicaciones sobre el proyecto no fueron contestadas en tiempo y forma limitando la ejecución del proceso de auditoría técnica.

Como parte de etapa de ejecución del proceso de Auditoría Técnica, se ha solicitado información actualizada del proyecto, como estimaciones de pago, diseños y resultados de calidad de materiales, entre otros datos relevantes, así como consultas y solicitudes de aclaración vía oficio y sus respetivos recordatorios, según se evidencia en el Tabla 2, sin que a la fecha se haya completado el envío de toda la información solicitada. La información solicitada de esta forma trata sobre temas que podrían aclarar y conformar el criterio del equipo auditor sobre posibles hallazgos y observaciones realizadas durante el proceso de revisión documental y visitas al proyecto.

Tabla 2. Oficios enviados a la Administración durante el proceso de Auditoría

Oficio	Elaborado	Recibido	Asunto	Observaciones
LM-AT-014-2017	26/01/2017	30/01/2017	Oficio de inicio de auditoría y solicitud de información.	No se solicito respuesta
LM-AT-036-2017	02/03/2017	02/03/2017	Recordatorio de solicitud de información de LM-AT-014-2017 sobre el proyecto. Se solicitan especificaciones especiales, órdenes de modificación y de servicio, estudios geotécnicos y cronograma. Plazo de respuesta de 5 días hábiles adicionales. **El plazo venció el 09/03/2017.**	Pendiente. Información se remitió incompleta.
LM-IC-D-0345-17	08/05/2017	09/05/2017	Informe al Ministro sobre acceso a la información al proyecto.	No hay
LM-AT-069-2017	24/05/2017	25/05/2017	Observaciones sobre las prácticas de muestreo de concreto fresco. Solicitud de información sobre planos, diseño y documentos de control de calidad del proyecto. **El plazo de respuesta venció el 08/06/2017.**	Respuesta por medio de POE-03-2017-0629 y POE-03-2017-0656 (Remisión de oficio al contratista)

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Oficio	Elaborado	Recibido	Asunto	Observaciones
LM-AT-076-2017	07/06/2017	13/06/2017	Se informa sobre altos valores de la temperatura del concreto fresco. Recordatorio de la información faltante solicitada en LM-AT-032-2017 del 2 de marzo. Se solicitan especificaciones especiales, órdenes de modificación y de servicio, estudios geotécnicos y cronograma.	Con referencia: POE-03-2017-0629(LM-AT-69-2017).Con referencia: POE-03-2017-0656(LM-AT-69-2017).información faltante
LM-AT-093-2017	06/07/2017	10/07/2017	Observaciones sobre prácticas de colocación de concreto estructural. Se solicita informar sobre las acciones correctivas.	Pendiente. Oficio de respuesta POE-03-2017-0822
LM-AT-103-17	16/08/2017	16/08/2017	Solicitud de información pendiente de los oficios LM-AT-036-17 (2/03/2017) y LM-AT-069-17 (25/03/2017), y actualización de informes de laboratorio y estimación de obras. **El plazo de respuesta venció el 23/08/2017**.	Pendiente de respuesta
LM-AT-108-2017	28/08/2017	01/09/2017	Consultas sobre diseño de y análisis de fatiga del pavimento. Se indica plazo de 10 días hábiles para responder, **este plazo venció el 15/09/2017**	Pendiente de respuesta
LM-AT-110-2017	14/09/2017	19/09/2017	Solicitud de información: autocontrol y verificación de calidad base estabilizada, actualización de los planos estructurales. Recordatorio de información solicitada por **LM-AT-103-17.** Se indica plazo de 10 días hábiles para responder, **este plazo venció el 03/10/2017**.	Pendiente de respuesta
LM-AT-119-2017	25/09/2017	03/10/2017	Solicitud de información Estudios de Suelos Control de calidad de pilotes, ficha de y control de calidad de apoyos. Se indica plazo de respuesta de 10 días hábiles. **El plazo venció el 18/10/2017**	Pendiente de respuesta

Fuente: LanammeUCR

Cabe destacar que el actuar por parte de la Unidad Ejecutora fue informado en dos ocasiones ante el Despecho del Señor Ministro de Obras Públicas y Transportes por medio del oficio LM-IC-D-0345-17 del 8 de mayo de 2017 (Recibido el 9 de mayo de 2017) y el LM-IC-D-0826-17 (recibido el 15 de noviembre de 2017), siendo este último contestado por medio del oficio POR-02-2017-1323 (recibido el 15 de noviembre de 2017) donde nuevamente la información solicitada se remite de forma incompleta, específicamente, la solicitada mediante los oficios LM-AT-101-17 (recibido el 01 de setiembre de 2017) y el LM-

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

AT-119-2017 (recibido el 03 de octubre de 2017), por lo que nuevamente se emitió un oficio de recordatorio (LM-AT-148-17) con el detalle de la información faltante, sobre la justificación del cambio en la metodología de mezcla y el envío de los estudios geotécnicos que incluyan el análisis completo sobre el riesgo de licuefacción del suelo, el estudio de amenaza sísmica, y los estudios hidrológicos e hidráulicos, todos los anteriores en sus versiones finales aprobadas.

La remisión de información tardía e incompleta por parte de la Unidad Ejecutora ha limitado el proceso de fiscalización, en términos del atraso en la ejecución de la auditoría y los análisis por realizar durante la etapa de revisión documental, como ejemplo de las consecuencias que han traído dichos atrasos y omisiones, se cita el siguiente ejemplo, luego de revisado el oficio POE-02-2018-0054 del 23 de enero del 2018 remitido por la Unidad Ejecutora donde se indica lo siguiente:

> *"(...) por un error nuestro no fueron incluidos, la justificación del diseño de mezcla asfáltica escogida así como los documentos relacionados con los estudios sobre la licuefacción del suelo asociados a la construcción de las cimentaciones profundas del proyecto. Así las cosas, se adjunta copia del oficio CDA-01-138-2017-CO del 21 de setiembre del 2017, referente a la mezcla asfáltica y un disco compacto con documentos sobre licuefacción."*

Una vez revisada esta nueva documentación remitida por la Unidad Ejecutora, se determinó que se encuentra incompleta una vez más. No se adjunta el documento específico sobre el análisis de licuefacción, según se indica en el apartado 2.1 del documento titulado "Estudio Geotécnico para el cálculo de pilotes del puente de Moín" elaborado por Uriel & Asociados S.A. de Ingeniería Geotécnica de fecha 16 de febrero de 2017:

> *" 2.1 Documentación de referencia*
>
> *Para la redacción de este informe se ha utilizado la siguiente documentación de referencia:*
>
> *- (...)*
>
> *-Cálculos de licuefacción elaborados por Ginprosa."*

La ausencia de este documento evitó que la Unidad de Auditoría Técnica del PITRA-LanammeUCR completara el análisis sobre la consideración de este fenómeno geotécnico y el riesgo asociado con la seguridad del viaducto ante un sismo de determinadas

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

características. Por lo tanto, no fue posible evidenciar la consideración del efecto de la susceptibilidad a la licuefacción de suelo en el cálculo y dimensionamiento de las cimentaciones profundas que sostienen el viaducto, dudas como las que se enlistan a continuación no pudieron ser resueltas durante la ejecución de este informe, según consta en el memorándum LM-IC-IG-02-18:

1. ¿Cuál es el espesor de la capa susceptible a la licuefacción?
2. ¿Es suficiente la longitud de 30 m de los pilotes, considerando la capa susceptible a la licuefacción y a la longitud de empotramiento que debería tener el pilote en un estrato competente?.
3. ¿En el apartado 3.2.3 en el punto 3 de las salvedades, se indican unos “factores correctores” por tratarse de pilotes preexcavados y no hincados, no se tiene clara la procedencia de estos factores?
4. De igual manera en el mismo apartado que el del punto anterior, solo que en el punto 4 de las salvedades, se indica que se va a utilizar un “factor de correlación N_k” que tampoco se tiene clara la procedencia del mismo.
5. En apartado 3.3.2 se indica que se utilizará un “factor de resistencia” de 0,8 para cargas ascendentes (tracciones), pero este valor no se encuentra en la tabla 10.5.5.2.4-1 del manual de AASHTO, por lo que no se tiene clara su procedencia.

A pesar de que se indica que en los apéndices se encuentran los resultados de los cálculos realizados, con las consideraciones del estudio de suelos, no se muestra claramente el tratamiento dado por la presencia de la capa susceptible a licuación.

Es criterio del equipo auditor este tipo de situaciones limitaron la labor de esta Auditoría Técnica por lo que se espera sea solventada para futuras solicitaciones de información.

SOBRE LA REVISIÓN DOCUMENTAL

Hallazgo 2. La Administración permitió un cambio en la metodología del diseño de mezcla asfáltica en caliente de Superpave a Marshall sin que existiera un acto que fundamentara este cambio. Esta situación genera una incertidumbre sobre el desempeño de la capa de ruedo.

Como parte del proceso de revisión documental del proyecto se analizaron las especificaciones de la estructura del pavimento indicadas en los documentos del proyecto (cartel, oferta del contratista y especificaciones entre otros) aprobados por la Unidad Ejecutora determinándose lo siguiente:

En el folio 3-025 de la oferta del contratista se indica lo siguiente:

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

*"(...) Se considera una **mezcla asfáltica de tipo Superpave** de acuerdo con lo especificado en la Sección 401 del CR-2010. Para efectos de seleccionar los parámetros de diseño se ha considerado que **la mezcla posee un módulo de 400.000 psi**. (...)" Lo resaltado no es del texto original*

Por otro lado, en el diseño de mezcla asfáltica aprobado por la Unidad Ejecutora se declara lo siguiente:

"(...) 3.7.3.- Capa 1: Carpeta asfáltica

*Se considera una mezcla asfáltica en caliente según **métodos de diseño Marshall** de acuerdo con lo especificado en la normativa vigente. Para efectos de seleccionar los parámetros de diseño se ha considerado que **la mezcla posee un módulo de 450.000 psi**, equivalente a un valor de estabilidad Marshall de 1.100 kg (...)" Lo resaltado no es del texto original*

Con respecto a la diferencia encontrada, debe considerarse que la oferta del contratista es la manifestación de la voluntad del participante a fin de celebrar un contrato con la Administración y que en caso de adjudicarse, este no puede ser modificado por el contratista en términos de las características fundamentales bienes o servicios ofrecidos, el precio y los plazos de entrega. Por lo tanto, el contratista al formular su oferta se obliga a cumplir cabalmente con lo ofertado, incluyendo las características técnicas de los bienes o servicios respectivos.

Es importante señalar que según el cartel se deben considerar estas definiciones:

- **Anteproyecto Preliminar:** *"Es el desarrollo de la propuesta técnica del oferente a nivel de diseño de anteproyecto conceptual que será motivo de revisión y evaluación por parte de la Administración, en la etapa de valoración de ofertas."*
- **Anteproyecto Definitivo:** *"Es el desarrollado durante la Etapa de Diseño; mantendrá la misma estructura del Anteproyecto Preliminar, pero con la propuesta de solución definitiva, con base en el criterio formado después de realizar y analizar todos los estudios pertinentes." (subrayado no es parte del original)*

La Administración contratante puede, como parte de sus potestades de imperio y dentro de los términos del cartel, de aprobar o improbar una modificación a determinada propuesta

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

técnica, por medio de un acto administrativo debidamente motivado y razonado, orientado al resguardo del interés público que se busca satisfacer con la contratación, especialmente considerando las implicaciones técnicas y económicas de la modificación que se trate.

En vista de lo anterior, en la etapa de anteproyecto preliminar se ofreció como metodología de diseño para la mezcla asfáltica en caliente el método Superpave. Sin embargo, la mezcla asfáltica utilizada en el proyecto se diseño mediante la metodología Marshall, según se pudo evidenciar en el diseño de pavimentos aportado por la Unidad Ejecutora y en los muestreos realizados por el LanammeUCR. Como consecuencia de este cambio observado por el equipo auditor se le solicitó a la Unidad Ejecutora, por medio del oficio LM-AT-108-17 (fecha recibido el 01 de setiembre de 2017), referirse a este cambio y adjuntar la documentación técnica que lo respalda a pesar de que el diseño de mezcla aprobado del proyecto se evidencia que la mezcla utilizada en el proyecto fue diseñada con el método Marshall.

Adicionalmente, se le solicitó remitir el análisis de fatiga y deformación permanente del diseño de la estructura del pavimento aprobada, según se solicita en la página 126 del cartel de licitación (oficio DVOP-5170-17), dado que dicho análisis no se observa en la oferta del contratista ni en el diseño de pavimentos y mezcla asfáltica aprobado por la Unidad Ejecutora. Los resultados de este análisis podrían brindar información adicional sobre el desempeño futuro de la estructura, sin que a la fecha se pudiera evidenciar la existencia de la información.

Considerando la previsión de la cantidad de tráfico pesado y carga proveniente de la nueva Terminal de Contenedores de Moín y la importancia que esta ruta reviste para el país en términos de brindar acceso al nuevo puerto principal de entrada y salida de mercancías, es que a criterio de esta Auditoría Técnica, el análisis del desempeño de la mezcla asfáltica debió ser más riguroso, con el fin de conocer los alcances sobre riesgo asociado con la limitada información sobre el comportamiento y durabilidad que ofrecen los métodos convencionales de diseño de mezclas, a diferencia de los que ocurre con el método de diseño Superpave de mezclas asfálticas que evalúa más a fondo las propiedades y comportamiento del ligante asfáltico, los agregados y el comportamiento de la mezcla bajo condiciones de fatiga y deformación permanente.

El Cartel de Licitación del proyecto establece que el pavimento se diseñará para un tráfico máximo previsto de 6000 (seis mil) vehículos pesados por día para los 25 años de periodo de diseño, que equivalen a un total de 124.942.950 (ciento veinticuatro millones novecientos cuarenta y dos mil novecientos cincuenta) ejes equivalentes totales y que a su vez consideran 110.592.369 (ciento diez millones quinientos noventa y dos mil trescientos sesenta y nueve) de ejes equivalentes provenientes de camiones articulados de 5 ejes.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Así las cosas, es criterio de esta Auditoría Técnica que debido al cambio del método de diseño, entre la etapa de anteproyecto preliminar y anteproyecto definitivo, debió ser ejecutado con un acto administrativo previo donde se evidencien las valoraciones técnicas y económicas que llevaron a la aprobación de este cambio. El único criterio emitido por parte de la Administración corresponde al oficio CDA-01-138-2017-CO 21 de setiembre del 2017 adjunto al oficio POE-02-2018-0054 del 23 de enero de 2018 emitido posterior a la aprobación del diseño de pavimentos (19 de julio de 2017), como parte del descargo a este informe de auditoría.

Finalmente, es criterio de este equipo auditor que existe la posibilidad de que se requiera ejecutar actividades de mantenimiento adelantadas en el proyecto con el fin de sostener las condiciones funcionales de la Ruta Nacional No. 257, esto debido al deterioro ocasionado por los vehículos pesados cargados a baja velocidad y otras variables asociadas con el medio ambiente como la temperatura y la lluvia.

SOBRE LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS

Hallazgo 3. Se evidencia que durante la colocación de concreto se presentaron eventos de lluvia sin la debido protección del concreto, contrario a lo que especifica el CR-2010

Durante el día 21 de marzo esta entidad fiscalizadora evidenció la colocación de concreto hidráulico en elementos de alzados del viaducto del proyecto, bajo condiciones de lluvia. Esto se puede observar en las fotografías 1 y 2

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

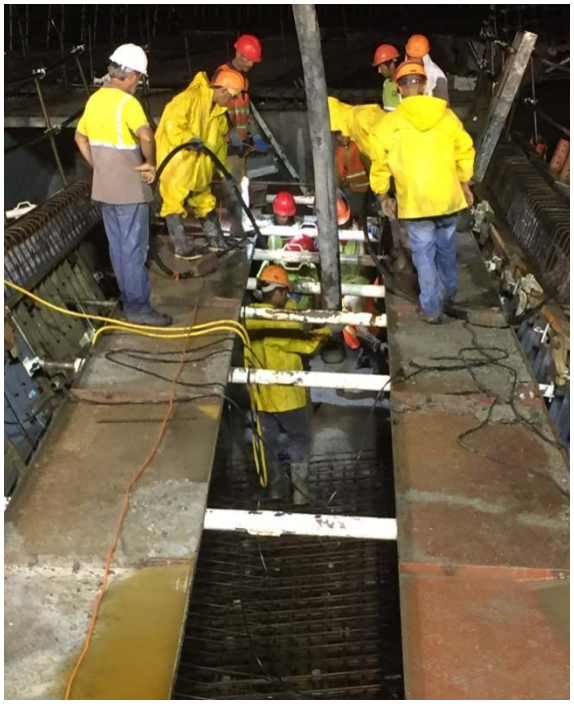
Fotografía 1. Zona de colocación del concreto en el alzado del intercambio. Fecha: 21 de marzo de 2017. Fuente: LanammeUCR

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Fotografía 2. Transición de la mezcla de concreto entre camión auto mezclador y bomba telescópica. Fuente: LanammeUCR

Esta situación fue informada a la Administración por medio del oficio LM-AT-049-17 del 24 de marzo de 2017. Una situación similar fue evidenciada en la visita realizada los días 26 y 27 de junio de 2017 en la cual incluso se evidenció la acumulación de agua durante la colocación de concreto del vano del intercambio. Esto se muestra en la fotografía 3 y 4.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.



Fotografía 3. Colocación de concreto en el sitio de proyecto, con condición de lluvia presente. Fecha: 26 de junio de 2017. Fuente: LanammeUCR

Fotografía 4. Evidencia de agua sobre el concreto (empozamientos) durante la colocación bajo lluvia. Fecha: 26 de junio de 2017. Fuente: LanammeUCR

Nuevamente, esta situación se informó a la Administración por medio del oficio LM-AT-093-17 del 6 de julio de de 2017, evidenciando la falta de corrección de este aspecto, dado que después de 3 meses de haberse comunicado en el primer oficio se encontró una situación similar. A la fecha no se han contestado ninguno de los oficios mencionados.

El Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras. Caminos y Puentes de Costa Rica (CR-2010) en la sección 552 "Concreto estructural" apartado 552.10 "Temperatura y condiciones ambientales" inciso d) establece:

"a.) (...)

d) Lluvia: Siempre durante e inmediatamente después de la colocación se debe proteger al concreto de la lluvia." (MOPT, 2010)

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Es conocida la afectación que puede tener un elemento de concreto bajo condiciones de colado con lluvia, donde directamente se puede ver afectada la relación agua-cemento y en consecuencia la resistencia esperada del concreto, en caso de no proveerse alguna protección.

Por otro lado, es importante guardar las precauciones necesarias con las probetas obtenidas por los laboratorios durante el colado bajo condiciones de lluvia, dado que los resultados obtenidos a partir de estas no necesariamente serán representativos de la resistencia del concreto colado en el elemento, y sus condiciones de construcción, principalmente si se presentan condiciones adversas de lluvia en el elemento mientras el concreto está en condición fresca.

Sobre la colocación del concreto y las condiciones de lluvia, el ACI 301S-10 "Especificaciones para concreto estructural" en el apartado 5.3.2.1.a "Clima húmedo" establece:

> *"No se debe colocar concreto mientras llueva (...) a menos que se brinde la protección adecuada y, cuando se requiera, se obtenga la aprobación de la protección propuesta. No se debe permitir que el agua de lluvia aumente el agua de la mezcla ni que dañe la superficie del concreto."* (Instituto Americano del Concreto, 2006)

Son evidentes las condiciones de lluvia que presenta la zona donde se ejecutan los trabajos, de ahí que es criterio del equipo auditor que deban tomarse las previsiones del caso por medio de un Plan de Contingencia debidamente aprobado por la Administración para enfrentar este tipo de situaciones durante el colado del concreto estructural y que las coladas no deban suspenderse por plazos superiores a los exigidos por las especificaciones del proyecto y que generen riesgos potenciales a la calidad de los elementos colados con concreto. Mediante oficio CDA-01-182-2018-CO del 18 de enero del 2018 adjunto al descargo del informe por parte de la Ingeniería de Proyecto se presenta un plan de contingencia para el colado de elemento de concreto en condiciones de lluvia el cual es satisfactorio según lo evaluado por el equipo auditor.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Hallazgo 4. El procedimiento de muestreo del concreto no se realiza según lo indicado en la norma ASTM C172 "Práctica Normalizada para muestreo de concreto recién mezclado"

El 23 de mayo durante una gira técnica por parte del equipo auditor se evidenció que, tanto el laboratorio de verificación de calidad (Vieto) como el de autocontrol de calidad (ITP) tomaron la muestra de concreto fresco sin seguir lo que indica la norma ASTM C172 "Práctica Normalizada para muestreo de concreto recién mezclado", ya que ambos laboratorios tomaron la muestra de la primera parte de la amasada.

Según la norma ASTM C172 para el muestreo de camiones mezcladores de tambor giratorio el concreto se debe *"recoger en dos o más porciones tomado a intervalos regularmente espaciados durante la porción media de la amasada."* *Además indica que se debe muestrear "pasando repetidamente un recipiente a través de la corriente de descarga o desviando completamente la descarga en un contenedor de muestras."* (El subrayado no es parte de original). (Instituto Americano del Concreto, 2010). Esto con el fin de poder obtener una muestra representativa del concreto que se está colocando.

Esta situación fue notificada mediante oficio LM-AT-069-17 del 24 de mayo de 2017 de forma oportuna. Sin embargo, estas situaciones se siguieron dado tanto en los muestreos presenciados por los técnicos del Laboratorio de Concreto y Agregados del LanammeUCR como por los auditores del proyecto.

Únicamente durante una visita realizada el 7 de junio se observó que se realizaba el muestreo de acuerdo a lo indicado por la normativa, a pesar de que se tiene evidencia de muestreos realizados de manera incorrecta el 23 de mayo, 25 de mayo, 20 de setiembre (Fotografía 5) y el 18 de octubre, todos del presente año. De los muestreos realizados por parte del LanammeUCR destaca la situación ocurrida el día 18 de octubre de 2017, ya que durante una colada de concreto la ingeniería de proyecto del contratista impidió tomar la muestra en dos porciones al laboratorio de LanammeUCR.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Fotografía 5. Muestreo realizado por el Laboratorio de Verificación utilizando la pala para tomar la muestra. Fecha: 20 de setiembre de 2017. Fuente: LanammeUCR

Es criterio del equipo auditor que este tipo de acciones puede ocasionar que la muestra tomada no sea representativa del concreto que se está colocando en obra, lo que genera un riesgo de que los resultados obtenidos de las pruebas no sean fieles al concreto que se está colocando en la obra.

SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES

Hallazgo 5. Existe evidencia de incumplimientos en los datos de temperatura del tablero y la resistencia a la compresión del concreto de los alzados del viaducto. Esto según lo establecido en el Manual de especificaciones para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, los planos del proyecto y en los diseños de mezcla aportados.

Con los resultados de los ensayos realizados al concreto del proyecto por el laboratorio del LanammeUCR y por el laboratorio de verificación de la calidad de Vieto y Asociados durante el periodo de la auditoría técnica, se procedió a evaluar su cumplimiento según los planos constructivos aprobados y las especificaciones del proyecto.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

- **Resultados del LanammeUCR:**

A continuación se muestran los resultados de los ensayos realizados en el proyecto por el laboratorio de concreto y agregados del LanammeUCR durante el periodo de la auditoría.

Tabla 3. Resultados de las muestras de resistencia a la compresión del concreto a 28 días ensayadas por el LanammeUCR

Informe	Muestra	Fecha de Moldeo	Elemento	Temp. (°C)	Cont. de aire (%)	Revenimiento (mm)	Resistencia a 28 días (kg/cm2)
I-0207-17	0321-17	21/02/2017	Prelosas	28,5	2,1	210	486
I-0343-17	0616-17	05/04/2017	Prelosas	31,5	2,8	140	266
I-0495-17	0731-17	02/05/2017	Vano N°2 Margen Izq	26,0	1,4	240	494
I-0495-17	0732-17	02/05/2017	Vano N°2 Margen Izq	27,0	1,7	230	565
I-0620-17	0957-17	07/06/2017	Prelosas	28,5	2,9	195	464
I-0734-17	1112-17	26/06/2017	Viga Vano 5 Fase 2	26,7	3,2	150	537
I-0734-17	1113-17	26/06/2017	Viga Vano 5 Fase 2	26,3	2,5	240	497
I-0734-17	1115-17	27/06/2017	Vano N°15 Losa dovela-O	28,9	1,6	260	562
I-0734-17	1116-17	27/06/2017	Vano N°15 Losa dovela-O	28,4	1,0	250	548
I-0807-17	1360-17	19/07/2017	Dovela LI Vano 15	28,4	1,6	215	558
I-0807-17	1361-17	19/07/2017	Vano 9 MI	28,7	1,4	225	625
I-0807-17	1362-17	20/07/2017	Losa Vano 12 MI	28,5	1,1	225	600
I-0807-17	1363-17	20/07/2017	Losa Vano 12 MI	28,2	1,2	225	614
I-0207-17	0317-17	20/02/2017	Pila N°7 Alzado	30,0	3,4	210	399
I-0284-17	0558-17	21/03/2017	Pila N°6 Alzado	28,5	-	50	314
I-0284-17	0559-17	21/03/2017	Pila N°6 Alzado	27,0	-	230	350
I-0343-17	0618-17	05/04/2017	Pila N°9 Alzado	28,6	1,7	225	282
I-0574-17	0886-17	24/05/2017	Zapata Bastión N°1	29,0	3,4	205	339
I-0574-17	0887-17	24/05/2017	Zapata Bastión N°1	-	3,6	220	378
I-0574-17	0888-17	24/05/2017	Zapata Bastión N°1	-	3,6	195	278
I-0574-17	0891-17	25/05/2017	Zapata Pila N°14	-	2,7	215	338
I-0495-17	0734-17	03/05/2017	Zapata N°16 Margen Der	30,5	2,2	205	392
I-0495-17	0735-17	03/05/2017	Zapata N°16 Margen Der	29,0	3,5	165	354
I-0495-17	0736-17	04/05/2017	Zapata Pila N°15	28,5	2,1	200	304

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Informe	Muestra	Fecha de Moldeo	Elemento	Temp. (°C)	Cont. de aire (%)	Revenimiento (mm)	Resistencia a 28 días (kg/cm2)
			Margen Der				
I-0495-17	0737-17	04/05/2017	Zapata Pila N°15 Margen Der	28,0	1,4	210	261
I-0807-17	1358-17	18/07/2017	Alzada Pila 13	27,6	2,2	205	396
I-0207-17	0316-17	20/02/2017	Pila N°14 Pilote N°10	30,0	1,1	240	338
I-0207-17	0318-17	20/02/2017	Pila N°9 Pilote N°1	30,0	2,2	220	407
I-0207-17	0319-17	21/02/2017	Pila N°4 Pilote N°1	28,0	0,7	250	340
I-0207-17	0320-17	21/02/2017	Pila N°4 PiloteN°3	28,0	1,9	230	350
I-0343-17	0614-17	04/04/2017	Pila N°16 Pilote N°6	28,0	1,6	230	307
I-0343-17	0615-17	05/04/2017	Pila N°16 Pilote N°1	29,2	3,0	230	291
I-0343-17	0617-17	05/04/2017	Pila N°13 Pilote N°2	30,4	1,7	215	282
I-0574-17	0885-17	23/05/2017	Pila N°10 Pilote N°07	29,0	1,9	230	343
I-0574-17	0889-17	25/05/2017	Pila N°2 Pilote N°11	-	0,8	220	343
I-0574-17	0890-17	25/05/2017	Pila N°10 Pilote N°2	-	3,7	220	381
I-0495-17	0733-17	03/05/2017	Pila N°7 Pilote N°5	29,0	1,6	240	281
I-0734-17	1114-17	27/06/2017	Pilote N°6 Pila N°5	28,2	1,1	235	354
I-0734-17	1117-17	28/06/2017	Pilote N°13 Pila N°5	29,2	1,4	235	349
I-0807-17	1357-17	18/07/2017	Pilote N°5 Bastión 2 MI	27,7	1,7	225	407
I-0807-17	1359-17	19/07/2017	Pilote N°11 Bastión 2	29,3	1,0	220	388
I-0620-17	0958-17	07/06/2017	Cunetas Concreto 250	36,5	3,2	50	257
I-0734-17	1118-17	28/06/2017	Muro entre calzada 1+050	29,3	1,0	260	310

* Texto en rojo, no cumple el límite mínimo o máximo

Con estos resultados la Unidad de Auditoría Técnica realizó un análisis estadístico donde se obtiene un porcentaje total estimado de valores fuera de los rangos de trabajo (PFL) según los parámetros en estudio, el cual se desglosa a continuación.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Tabla 4. Análisis estadístico de los resultados de las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR.

Análisis Estadístico		Temperat.	Temperat. Tableros	Cont. de aire	Revenim.	Revenim. Tableros y pilotes	Resistencia 28 días			
							Tablero	Alzados	Pilotes	Otros
Elementos estructurales	**n**	25	13	41	15	28	13	13	15	2
	GL	24	12	40	14	27	12	12	14	1
	LSE	30	25	6	215	295	-	-	-	-
	LIE	10	10	-	85	165	450	350	300	250
	Promedio (x)	29,1	28,1	2,0	189,7	223,0	524,3	337,3	344,1	283,5
	Deviación estándar (S)	1,8	1,4	0,9	60,2	25,7	92,3	46,9	40,9	37,5
	ICS	0,48	-2,21	4,4	0,4	2,8	-	-	-	-
	ICI	10,7	12,8	-	1,7	2,3	0,8	-0,3	1,1	0,9
	PIS	31,68%	97,62%	0,00%	34,00%	0,47%	-	-	-	-
	PII	0,00%	0,000001%	-	5,19%	1,62%	21,83%	60,44%	14,99%	26,78%
	NI	31,68%	97,62%	0,00%	39,20%	2,09%	21,83%	60,44%	14,99%	26,78%
	NC	68,32%	2,38%	100,00%	60,80%	97,91%	78,17%	39,56%	85,01%	73,22%
	Factor de calidad	**81,12%**	**RECHAZO**	**100,00%**	**77,50%**	**100,00%**	**95,93%**	**RECHAZO**	**100%**	**100%**

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Tabla 5. Resultados del análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR.

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 (%)
Temperatura de colocación en elementos de concreto		**20 ± 10°C**	25	31,68	37,803
Temperatura de colocación en Tableros		**10 – 25 °C**	13	97,62	42,759
Revenimiento del concreto fresco		**85 - 215 mm**	15	39,20	41.674
Revenimiento del concreto fresco en Tableros y pilotes		**165 - 295 mm**	28	2,09	36.944
Contenido de aire del concreto		**Máximo de 6%**	41	0,00	34,054
Resistencia a la compresión	**Tablero**	**Mínimo de 450 kg/cm^2**	13	21,83	42,759
	Alzado	**Mínimo de 350 kg/cm^2**	13	60,44	42,759
	Pilote	**Mínimo de 300 kg/cm^2**	15	14,99	41,674
	Otros	**Mínimo de 250 kg/cm^2**	2	26,78	-

Se puede observar en la Tabla 5, los resultados analizados por el LanammeUCR, para el parámetro de resistencia a la compresión de la mezcla de concreto de los distintos elementos; dichos resultados muestran que tanto los tableros como los pilote y como otros elementos varios, se encuentran dentro de los lineamientos de las especificaciones establecidas en el CR-2010, esto en razón de que el porcentaje de estimado fuera de los rangos establecidos es menor al establecido como aceptable en la sección 107 Aceptación del Trabajo, específicamente en la Tabla 107-2. Se puede observar que los tableros al tener un nivel de incumplimiento de 21,83%, se encuentran dentro del máximo porcentaje fuera de los límites permitidos en la Tabla 107-2 mencionada, que corresponde a 42,759%. Luego, se tiene que los pilotes al tener un nivel de incumplimiento de 14,99%, se encuentran dentro del máximo porcentaje fuera de los límites permitidos de la misma Tabla 107-2, el cual corresponde a 41,674%.

Por último, los otros elementos varios, son muy pocos para poder realizar un análisis estadístico, pero aún así, al tener que los dos datos de resistencia con los que se cuenta superan la mínima resistencia requerida de 250 kg/cm^2, se aprueba el 100% del lote de muestras para estos elementos.

Sin embargo, se tiene que los alzados, no cumplen la resistencia establecida como requerida, según los planos constructivos, ya que estadísticamente se comprueba que los

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

valores de resistencia presentan un nivel de incumplimiento de 60,44% el cual es mayor al establecido como máximo porcentaje fuera de los límites permitido en la Tabla 107-2 de la sección 107 Aceptación del Trabajo, en el CR-2010, el cual corresponde a 42,759%, por lo que se establece que se debe rechazar el lote en cuestión.

En la Tabla 5 también se puede observar, que el parámetro de revenimiento de la mezcla de concreto, para todos los elementos realizados, se encuentra dentro de los lineamientos de las especificaciones establecidas en el CR-2010.

Además, en esa misma tabla se puede observar que los resultados analizados muestran que la temperatura, como parámetro de calidad del concreto en los elementos que no se catalogan como tableros, sí se encuentra dentro de los lineamientos especificados en el CR-2010, ya que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos es 31,68%, el cual es menor a 37,803% (porcentaje establecido igualmente en la sección 107 Aceptación del Trabajo, Tabla 107-2, como aceptable para un número de 25 muestras). A pesar de esto, se observa que en la misma Tabla 5 el parámetro de temperatura de colocación para los tableros se encuentra fuera de los lineamientos anteriormente distinguidos, pues el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos es mayor a 42,759% (porcentaje establecido en la Tabla 107-2 antes mencionada, como aceptable para una cantidad de 13 muestras). Entonces, para un 97,62% de nivel de incumplimiento en dicho parámetro, se tiene que se debe rechazar el lote, pues el Factor de Calidad para establecer el pago en función de la calidad, entra en un rango de no aceptación al superar dichos niveles de incumplimiento.

En el siguiente gráfico se puede observar los valores de resistencia a la compresión de cilindros fallados a 28 días, obtenidos por el LanammeUCR. Tal y como se aprecia en este Gráfico 1, todos los valores promedio se encuentran por encima del valor mínimo especificado para cada elemento respectivo.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

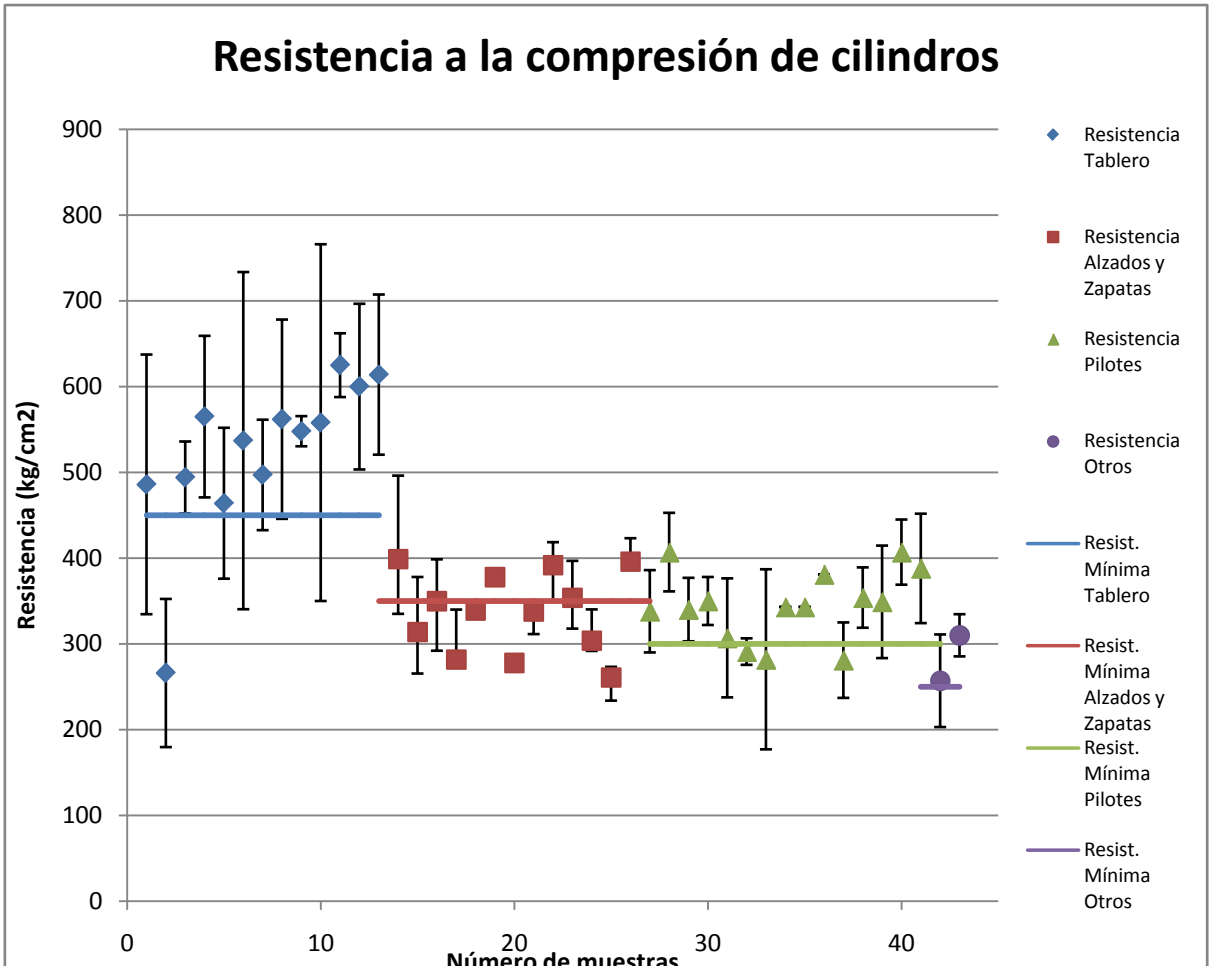


Gráfico 1. Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR

En el Gráfico 2 se puede observar que los valores de temperatura para los resultados obtenidos por el LanammeUCR se encuentran en su mayoría dentro del rango permitido, con excepción de los datos de temperatura de los tableros, los cuales se encuentran todos por encima del límite máximo establecido para las cubiertas de puentes, por la sección 552.10 Temperatura y condiciones ambientales del CR-2010, el cuál es de 25 °C; por lo que se entiende mejor porque el nivel de incumplimiento anteriormente mencionado es tan alto.
El mantener una temperatura del concreto dentro del rango establecido, al momento de la colocación del mismo, permite evitar las grietas por contracción.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

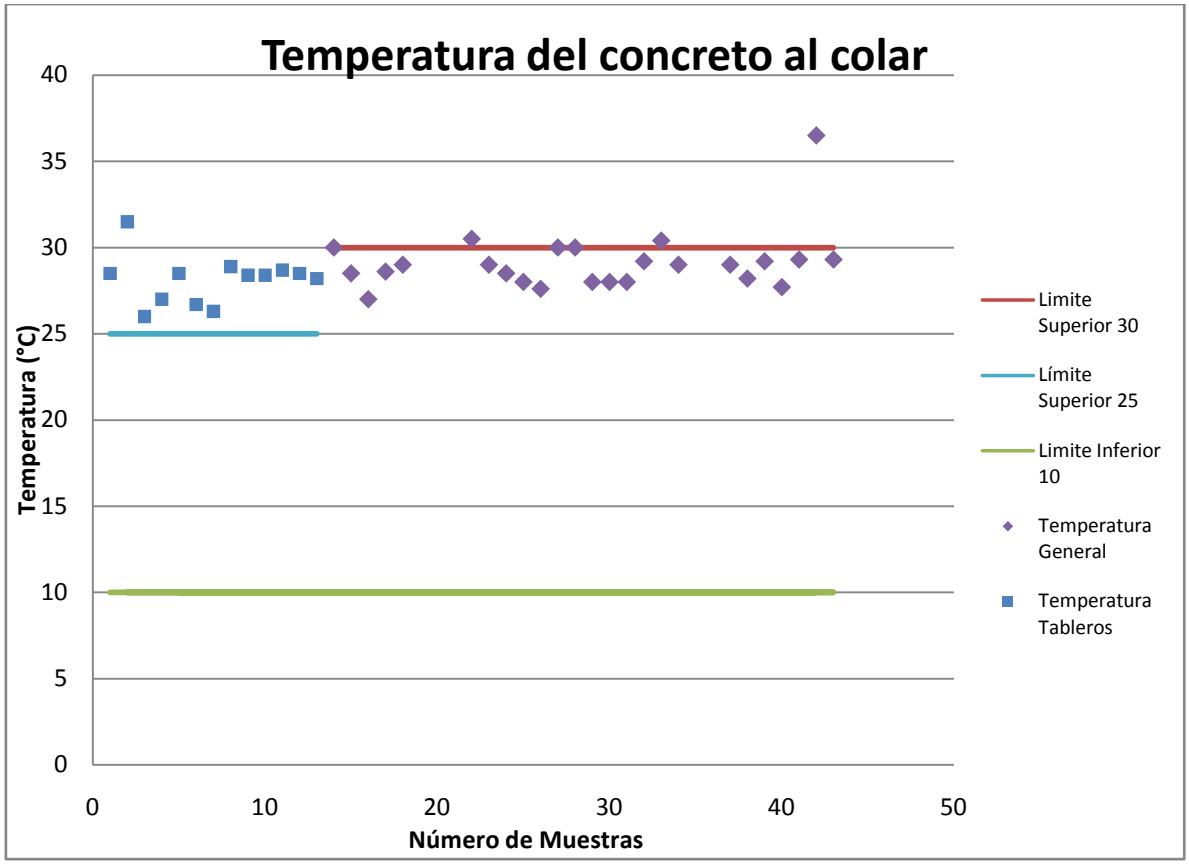


Gráfico 2. Valores de temperatura de colocación para las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR

En el siguiente gráfico se puede observar los valores de revenimiento del concreto fresco, obtenidos por el LanammeUCR. En el Gráfico 3, se puede ver que la mayoría de los valores de revenimiento del concreto, se encuentran dentro del rango permitido para los datos obtenidos por el LanammeUCR.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

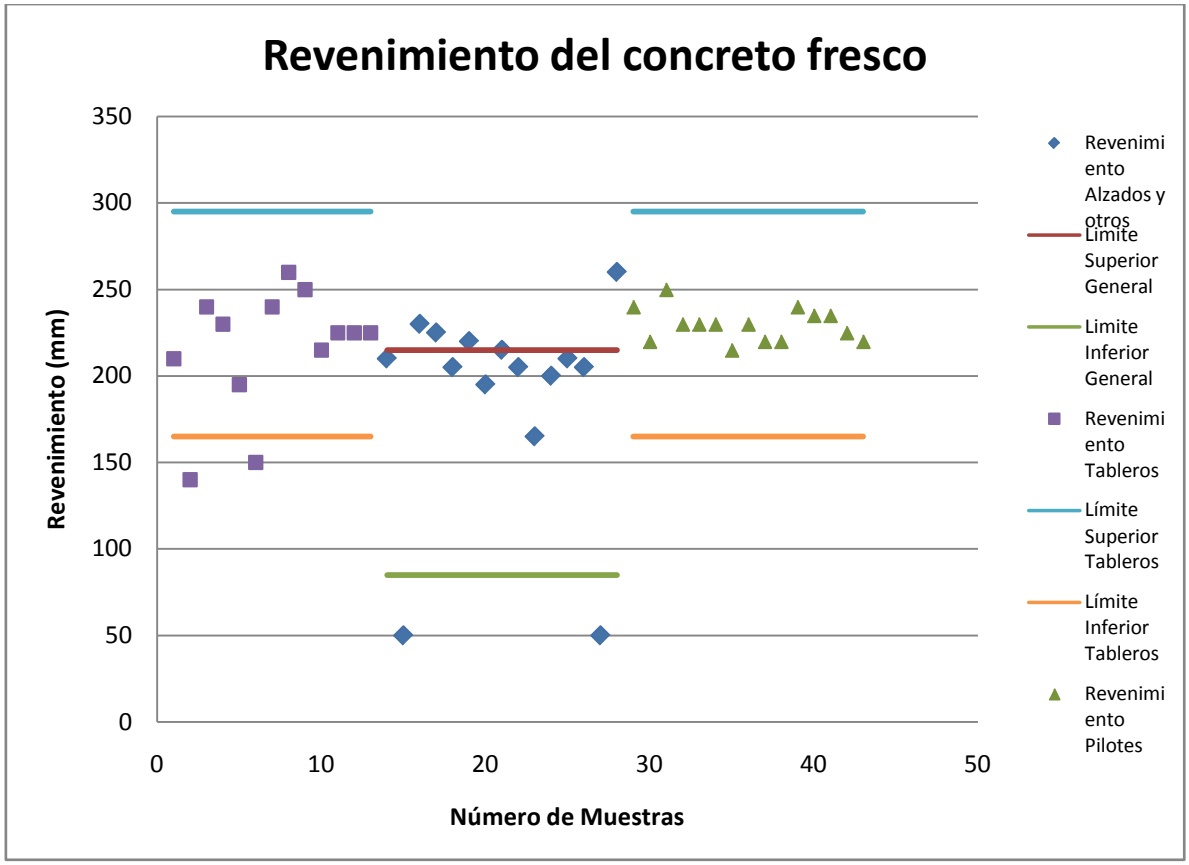


Gráfico 3. Valores de revenimiento del concreto fresco para las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR

En el siguiente gráfico se puede observar los valores de contenido de aire del concreto, obtenidos por el LanammeUCR. Se puede observar en el Gráfico 4, que la totalidad de los valores de contenido de aire, se encuentran por debajo del límite superior de 6%, por lo que se establece que con respecto a este parámetro específicamente, el lote completo está en condiciones de aceptación al 100%.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

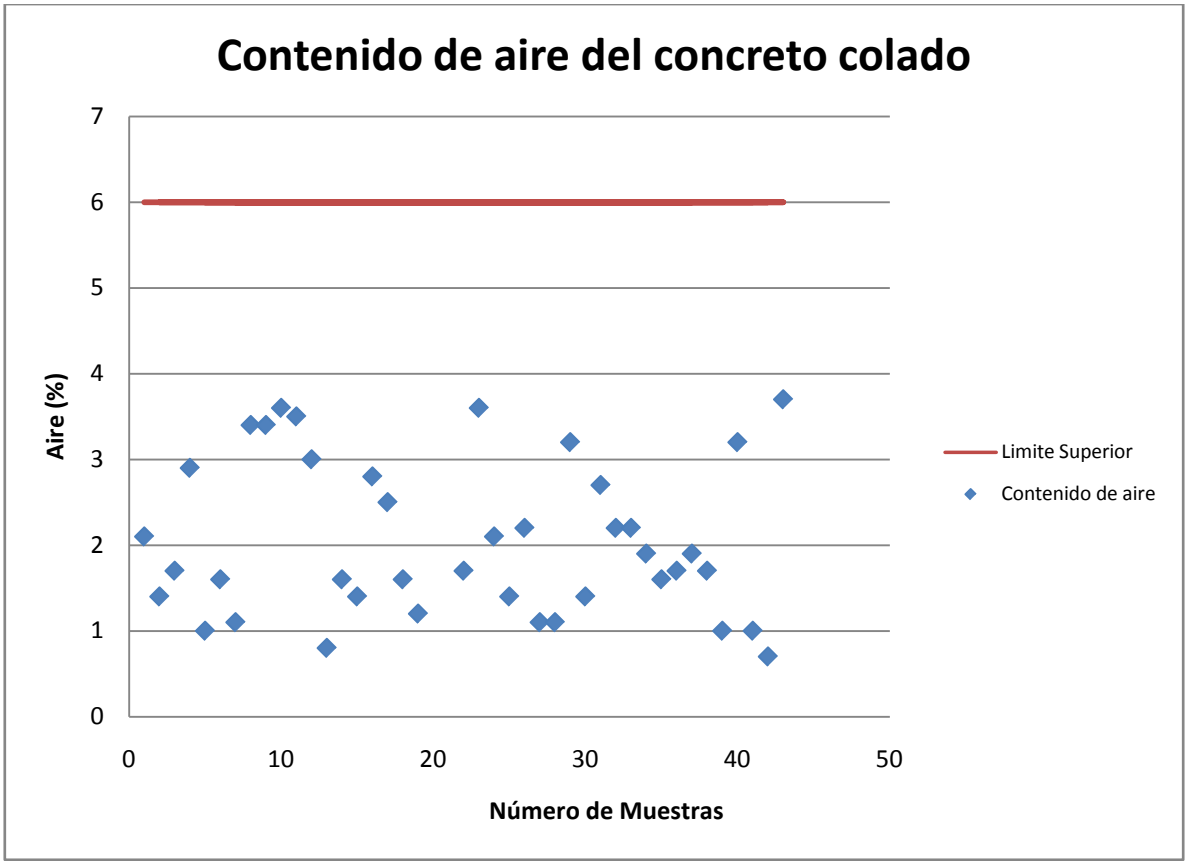


Gráfico 4. Valores de contenido de aire del concreto fresco para las muestras de concreto ensayadas por el LanammeUCR

- **Resultados del laboratorio de verificación:**

Con los datos de verificación de calidad el equipo de la Unidad de Auditoría Técnica realizó un análisis estadístico donde se obtiene un porcentaje total estimado de valores fuera de los rangos de trabajo para los parámetros en estudio, el cual se desglosa a continuación.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Tabla 6. Análisis estadístico de los resultados de las muestras ensayadas por el laboratorio de verificación de calidad.

Análisis Estadístico		Temp.	Temp. Tableros	Revenim.	Revenim. Tableros y pilotes	Resistencia 28 días			
						Tablero	Alzados	Pilotes	Otros
Elementos estructurales	n	188	44	95	137	44	94	93	1
	GL	187	43	94	136	43	93	92	0
	LSE	30	25	215	295	-	-	-	-
	LIE	10	10	85	165	450	350	300	250
	Promedio (x)	27,0	26,9	187.9	224.1	720,9	492,5	435,0	249,2
	Deviación estándar (S)	1,0	1,4	37.2	14.7	215,9	79,6	81,5	--
	ICS	2,86	-1,32	0.7	4.8	-	-	-	-
	ICI	16,2	11,9	2.8	4.0	1,3	1,8	1,7	--
	PIS	0,24%	90,27%	23.44%	0.00%	-	-	-	-
	PII	0,000%	0,000000%	0.34%	0.00%	10,82%	3,84%	5,06%	--
	NI	0,24%	90,27%	23.77%	0.00%	10,82%	3,84%	5,06%	--
	NC	99,76%	9,73%	76.23%	100.00%	89,18%	96,16%	94,94%	--
	Factor de calidad	**100,00%**	**RECHAZO**	**81,23%**	**100,00%**	**97,70%**	**100,00%**	**100,00%**	**0,00%**

Tabla 7. Resultados del análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras de concreto ensayadas por el laboratorio de verificación de calidad.

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 (%)
Temperatura de colocación en elementos de concreto		20 ± 10°C	188	0,24	30,000
Temperatura de colocación en Tableros		10 – 25 °C	44	90,27	33,519
Revenimiento del concreto fresco		85 - 215 mm	95	23,77	30,000
Revenimiento del concreto fresco en Tableros		165 - 295 mm	137	0,00	30,000
Resistencia a la compresión	Tableros	Mínimo de 450 kg/cm^2	44	10,82	33,519
	Alzados	Mínimo de 350 kg/cm^2	94	3,84	30,000
	Pilotes	Mínimo de 300 kg/cm^2	93	5,06	30,000%
	Otros	Mínimo de 250 kg/cm^2	1	-	-

Se puede observar en la Tabla 7, que los resultados analizados por el laboratorio de verificación de calidad, para los mismos parámetros anteriormente tratados en el análisis de

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

los datos muestreados por el LanammeUCR, presentan casi las mismas conclusiones deducidas de la Tabla 5, a diferencia de que en este caso sí se acepta el lote de alzados y zapatas; esto puesto que los valores de la resistencia a la compresión de estos elementos están dentro de los lineamientos de las especificaciones establecidas en el CR-2010, en razón de que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos para el parámetro de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto es menor al porcentaje establecido como aceptable en la sección 107 Aceptación del Trabajo, específicamente en la Tabla 107-2.

Se puede observar en esta Tabla 7 que, los alzados y zapatas junto con los pilotes al tener niveles de incumplimiento de 3,84% y 5,06% respectivamente, cumplen con los lineamientos de las especificaciones establecida en el CR-2010, ya que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos es menor a 30,00% (valor establecido en la sección 107 de Aceptación del Trabajo, en la Tabla 107-2 como máximo porcentaje permitido para una muestra de 70 especímenes).

En los tableros, como se puede observar en la Tabla 7, debido a que estadísticamente sí hay variaciones representativas que producen un acercamiento del nivel de incumplimiento que se encuentra en 10,82% al máximo porcentaje fuera de los límites permitido, el cual es de 33,519% para la muestra correspondiente de 44 especímenes, según la Tabla 107-2 de la sección 107 Aceptación del Trabajo en el CR-2010, por lo que este parámetro cumple.

Finalmente, se tiene que la muestra de los otros elementos es de un espécimen, lo cual hace imposible la realización de un análisis estadístico, pero al no cumplir este único dato con la especificación, se rechaza esta muestra.

El parámetro de revenimiento del concreto utilizado para todos los elementos, se puede ver que se encuentra dentro de los lineamientos de las especificaciones establecidas, ya que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos de aceptación es prácticamente nulo, por lo que se tiene una aceptación completa del trabajo.

Además, en esta Tabla 7 se puede observar que los resultados analizados muestran que la temperatura como parámetro de calidad del concreto, sí se encuentra dentro de los lineamientos especificados en el CR-2010, para los elementos que no son catalogados como tableros, de igual forma que con las muestras ensayadas por el LanammeUCR, ya que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos es menor 30% (porcentaje establecido igualmente en la sección 107 Aceptación del Trabajo, Tabla 107-2, como aceptable para un número de 70 muestras, lo cual es la máxima cantidad de muestra que presenta la Tabla 107-2). Entonces, para un 0,24% de nivel de incumplimiento en dicho parámetro, cumple.

Sin embargo, en esta misma Tabla 7 se puede observar que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos de aceptación de los datos de temperatura en el concreto utilizado para los tableros es mayor 33,519% (porcentaje establecido en la sección 107 Aceptación del Trabajo, Tabla 107-2, como aceptable para una cantidad de 44 muestras). Entonces, al tener

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

un nivel de incumplimiento de 90,27% en dicho parámetro, se tiene que se debe rechazar el lote, en razón de que el Factor de Calidad entra en el rango de no aceptación.

En el Gráfico 5, se puede observar los valores de resistencia a la compresión de cilindros fallados a 28 días, obtenidos por el laboratorio de verificación (Vieto & Asociados). En dicho gráfico se muestra que la mayoría de los valores de resistencia en alzados y zapatas se mantienen por encima del valor mínimo de 350 kg/cm^2, al igual que los valores de resistencia en pilotes, que en su mayoría se encuentran por encima del valor requerido de 300 kg/cm^2. En los tableros se puede notar la variabilidad de los valores antes mencionada, donde algunos pocos además se encuentra por debajo del valor requerido de 450 kg/cm^2 y el valor del cabezal colado que se asigna en la categoría de "otros", se encuentra por debajo del límite mínimo de resistencia de 250 kg/cm^2.

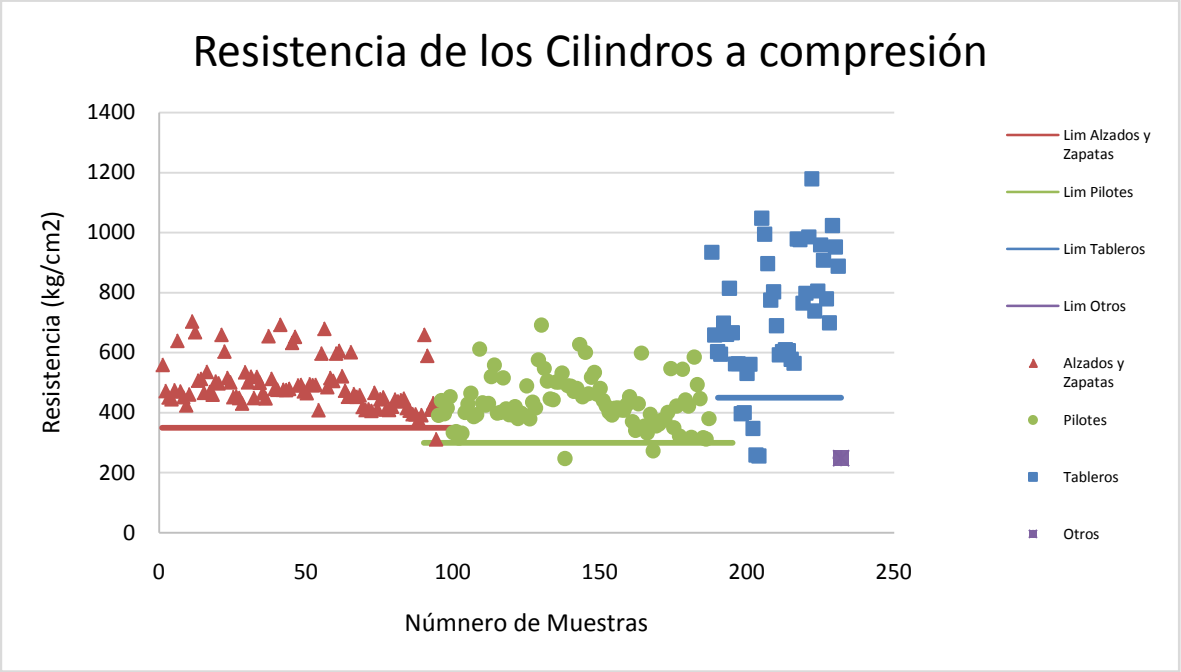


Gráfico 5. Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por el laboratorio de verificación

En el Gráfico 6, se pueden observar los valores de temperatura de colocación del concreto, obtenidos por el laboratorio de verificación (Vieto & Asociados). La mayoría de los valores de temperatura para los resultados obtenidos por dicho laboratorio se encuentran dentro del rango de aceptación, aunque muy cercanos al límite máximo, a pesar de ello siempre existen muestras que se encuentran con una temperatura fuera del rango al momento de la colocación, como las temperaturas del concreto utilizado en los tableros, lo que llega a provocar el rechazo del lote de concreto para tableros debido al parámetro de temperatura.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

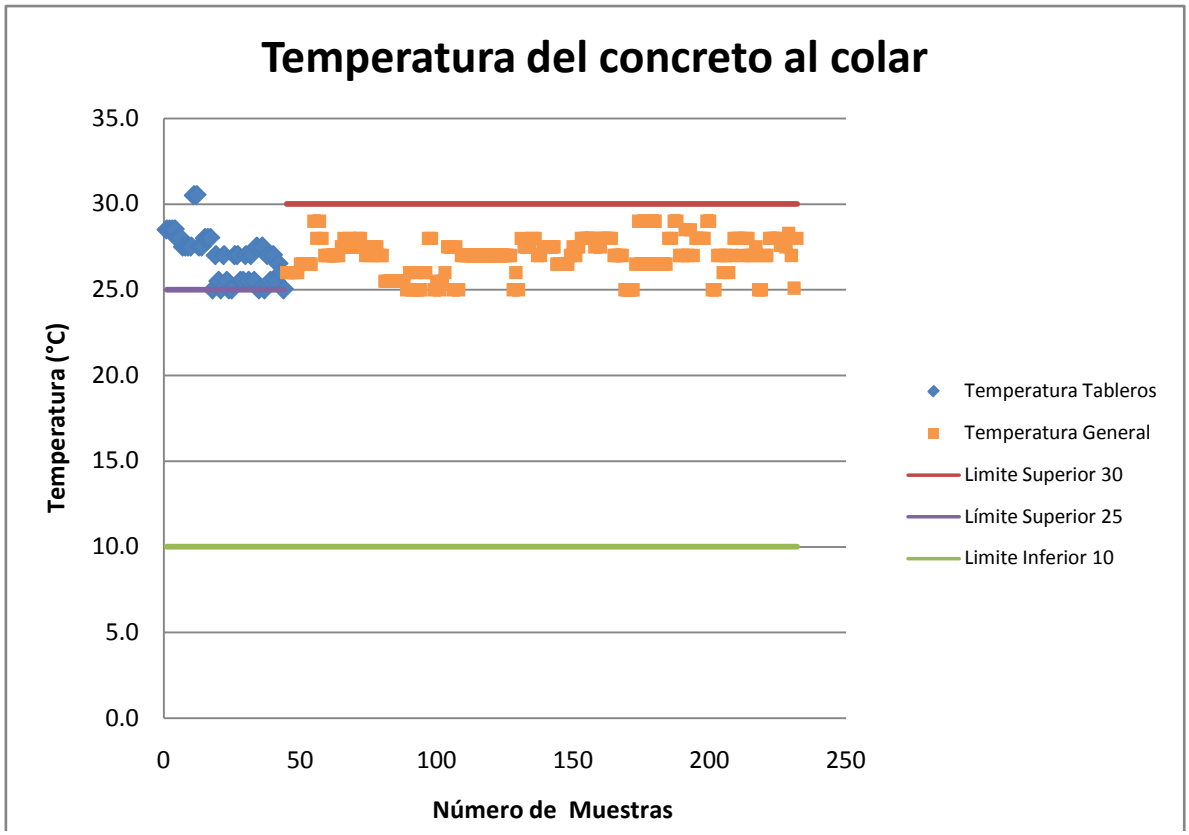


Gráfico 6. Valores de temperatura de colocación para las muestras de concreto ensayadas por el laboratorio de verificación (Vieto)

En el Gráfico 7, se pueden observar los valores de revenimiento del concreto fresco, obtenidos por el laboratorio de verificación. Se observa que la mayoría de los valores de revenimiento obtenidos por este laboratorio cumplen con la especificación que establece el rango de aceptación. Estas muestras tienen un comportamiento similar a las muestras ensayadas por el LanammeUCR.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

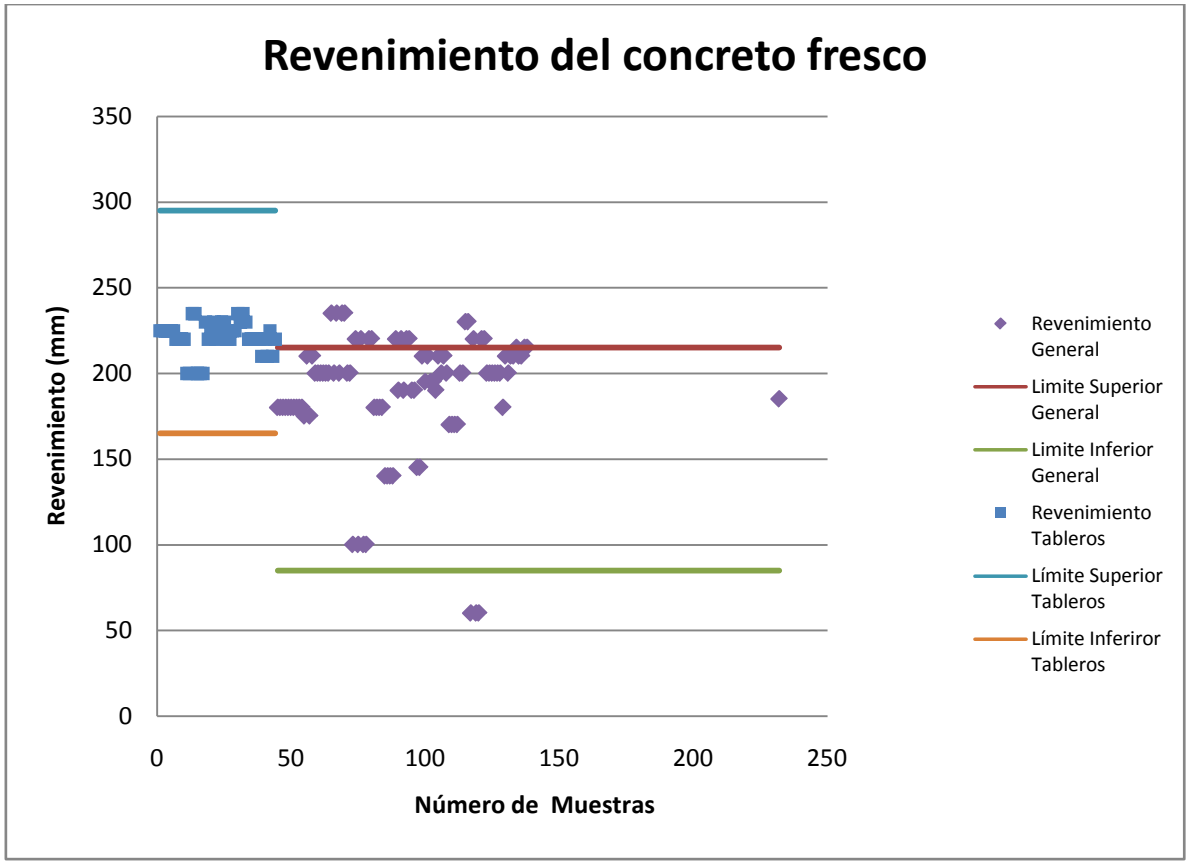


Gráfico 7. Valores de revenimiento del concreto fresco para las muestras de concreto ensayadas por el laboratorio de verificación

Debido a que en laboratorio de verificación no realizó el ensayo de contenido de aire no se muestran estos resultados en el análisis. Es importante señalar que la situación de la falta de control en la temperatura de colocación del concreto fue alertada mediante oficio LM-AT-076-17 del 12 de junio de 2017.

Hallazgo 6. Se presentan incumplimientos en los valores individuales de elongaciones y alturas de corrugaciones de las varillas de refuerzo utilizadas en el proyecto, Sin embargo, al realizar el análisis estadístico se evidencia que no se rechaza el lote de varillas muestreado por el LanammeUCR, esto según lo estipula la sección 107 del CR-2010.

A continuación se presentan las características mecánicas cada varilla muestreada por el LanammeUCR según la norma ASTM A-706 y la selección de número de cada varilla. Estos resultados se presentan en la Tabla 8.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Tabla 8. Resultados de características mecánicas de las varillas ensayadas por el LanammeUCR.

Informe	Muestra	Fecha de recepción	Diámetro varilla	Grado	Resistencia a la tensión		
					Esfuerzo de fluencia	Esfuerzo Máximo	Elongación
					Mínimo 420 MPa	Mínimo 550 MPa	%
I-0359-17	0623-17	18/04/2017	4	60	438	585	-
			4	60	460	603	17,2
			4	60	468	598	-
	0624-17		5	60	485	638	-
			5	60	475	624	15,5
			5	60	479	629	15,1
	0626-17		8	60	478	650	18,7
			8	60	455	616	18,0
			8	60	485	637	18,2
I-0427-17	0750-17	09/05/2017	4	60	455	612	18,0
			4	60	490	650	14,0
			4	60	475	631	20,0
	0751-17		8	60	493	650	14,0
			8	60	505	646	18,0
			8	60	488	633	18,0
I-0535-17	0895-17	30/05/2017	4	60	539	678	12,0
			4	60	539	684	12,0
			4	60	480	664	12,0
	0896-17		5	60	520	668	13,0
			5	60	518	667	16,0
			5	60	527	665	-
	0897-17		8	60	470	630	19,0
			8	60	509	643	-
			8	60	492	639	14,0
I-0570-17	0968-17	13/06/2017	4	60	528	675	-
			4	60	537	689	-

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

			4	60	527	684	12,0
	0969-17		8	60	495	634	-
			8	60	480	626	-
			8	60	490	629	-
I-0261-17	0332-17	24/02/2017	4	60	465	674	-
			4	60	515	678	-
			4	60	493	681	-
	0333-17		8	60	471	617	19,2
			8	60	473	617	-
			8	60	485	626	18,0
I-0644-17	1128-17	03/07/2017	5	60	457	626	-
			5	60	485	657	-
			5	60	450	623	-
	1129-17		8	60	488	635	17,5
			8	60	492	655	15,9
			8	60	490	648	-
I-0900-17	1637-17	30/08/2017	5	60	503	650	-
			5	60	505	655	13,0
			5	60	507	657	-
	1638-17		8	60	488	641	16,0
			8	60	485	629	19,0
			8	60	485	636	18,0

* Celda en texto rojo, no cumple la especificación

Adicionalmente, se realizaron mediciones de las características físicas de las varillas. Estos resultados se muestran en la Tabla 9.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Tabla 9. Resultados de características físicas de las varillas ensayadas por el LanammeUCR.

Informe	Muestra	Fecha de recepción	Dimensiones varilla			
			Espaciamiento	Altura de corrugación	Ancho cordón corrugación	Ángulo (RAD)
I-0359-17	0623-17	18/04/2017	8,18	0,64	1,54	1,08
			8,20	0,64	1,55	1,08
			8,23	0,63	1,56	1,10
	0624-17		10,30	0,87	1,43	1,12
			10,20	0,83	1,43	1,12
			10,30	0,82	1,42	1,12
	0626-17		16,70	1,70	3,02	1,08
			16,60	1,49	3,00	1,08
			16,50	1,49	3,05	1,08
I-0427-17	0750-17	09/05/2017	8,11	0,67	1,47	1,13
			8,20	0,61	1,48	1,15
			8,16	0,57	1,53	1,15
	0751-17		16,60	1,46	2,91	1,15
			16,50	1,37	2,91	1,15
			16,50	1,64	2,90	1,15
I-0535-17	0895-17	30/05/2017	8,16	0,50	1,83	1,13
			8,16	0,60	1,87	1,13
			8,16	0,58	1,77	1,13
	0896-17		9,92	0,74	1,55	1,15
			9,90	0,81	1,52	1,15
			9,91	0,80	1,53	1,15
	0897-17		16,69	1,31	2,90	1,10
			16,67	1,35	3,05	1,10
			16,64	1,31	2,98	1,10
I-0570-17	0968-17	13/06/2017	8,17	0,53	1,63	1,10
			8,09	0,60	1,55	1,10
			8,06	0,57	1,57	1,10
	0969-17		16,47	1,60	2,92	1,10
			16,53	1,39	2,92	1,10

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

			16,57	1,61	2,92	1,10
I-0261-17	0332-17	24/02/2017	8,09	0,51	1,77	1,12
			8,14	0,45	1,71	1,12
			8,15	0,49	1,67	1,12
	0333-17		15,70	1,29	3,54	1,19
			15,80	1,29	3,54	1,19
			15,70	1,32	3,61	1,19
I-0644-17	1128-17	03/07/2017	10,33	0,98	1,22	1,08
			10,36	0,89	1,30	1,08
			10,32	0,92	1,27	1,08
	1129-17		16,66	1,03	2,97	1,08
			16,61	1,08	2,90	1,08
			16,62	1,31	2,92	1,08
I-0900-17	1637-17	30/08/2017	10,10	0,56	2,10	1,01
			10,10	0,82	2,22	1,01
			10,10	0,93	2,16	1,01
	1638-17		17,00	1,19	3,04	1,03
			16,90	1,16	3,10	1,03
			16,9	1,36	3,03	1,03

* Texto en rojo, no cumple el límite mínimo o máximo

El equipo de Auditoría Técnica realizó un análisis de los datos obtenidos de todas las muestras ensayadas por el laboratorio del LanammeUCR. Con los resultados de dichos ensayos realizados a las varillas de acero muestreadas en el proyecto por el LanammeUCR durante el periodo de auditoría técnica, se procedió a evaluar el cumplimiento según las especificaciones de la norma ASTM A-706 y la selección de número y grado de cada varilla. Los resultados para cada varilla ensayada se presentan a continuación en la Tabla 10, que contiene los valores obtenidos por el técnico de laboratorio.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Tabla 10. Análisis estadístico de los resultados de las muestras ensayadas por el laboratorio de LanammeUCR.

Análisis Estadístico		Esfuerzo de fluencia (MPa)	Esfuerzo máximo (MPa)	Elongación (%)		Altura de corrugación (mm)		
				Varillas No. 4 y No. 5	Varillas No.8	Varillas No. 4	Varillas No. 5	Varillas No.8
Acero de refuerzo	n	16	16	7	6	5	4	7
	GL	15	15	6	5	4	No hay suficientes datos	6
	LSE	540	-	-	-	-		-
	LIE	420	550	14	12	0,51		1,27
	Promedio (x)	489,9	643,4	14,5	17,4	0,6		1,4
	Deviación estándar (S)	23,9	24,1	2,3	0,9	0,1		0,2
	ICS	2,10	-	-	-	-		-
	ICI	2,9	3,9	0,2	5,9	1,0		0,6
	PIS	2,67%	-	-	-	-		-
	PII	0,5%	0,1%	42,0%	0,1%	18,1%		28,0%
	NI	3,19%	0,08%	42,01%	0,10%	18,11%		28,00%
	NC	96,81%	99,92%	57,99%	99,90%	81,89%		72,00%
	Factor de calidad	100,00%	100,00%	70,79%	100,00%	94,69%		84,80%

De las muestras anteriores, se encontraron incumplimientos, según se muestra en la Tabla 9 en el porcentaje de elongación para 4 muestras. Al realizar el análisis estadístico de éstas se evidencia que el lote cumple para los datos analizados.

El resto de las características mecánicas ensayadas cumplen satisfactoriamente con las especificación de la norma *Reglamento Técnico RTCR 452:2011 Barras y Alambres de Acero de refuerzo para concreto"*. Cabe recordar que el Reglamento RCTR 452:2011 hace referencia a la norma INTE 06-09-02, la cual es una homologación de la norma ASTM A706 donde se indican las especificaciones técnicas de las barras utilizadas como refuerzo para el concreto reforzado.

En cuanto a las características físicas de las varillas sólo se realizó el análisis estadístico para la altura de las corrugaciones ya que fue el único parámetro que presentó

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

incumplimientos individuales. En la Tabla 10 anterior, se tiene que para todos los tipos de varilla utilizados el lote cumple con lo solicitado, según el análisis estadístico.

Para las varillas número 5 no se realizó el análisis ya que no se contaba con datos suficientes. Sin embargo se puede observar que ningún dato se encuentra fuera de la especificación.

Es criterio del equipo auditor que el acero de refuerzo es sumamente importante para poder garantizar el correcto funcionamiento de la estructura y además salvaguardar la vida humana por lo que debe recalcarse que el cumplimiento de los requerimientos mínimos que establece el marco regulatorio indicado anteriormente, es indispensable para poder realizar infraestructura tanto duradera como funcional y segura.

11. CONCLUSIONES

11.1 La Unidad Ejecutora del proyecto no ha respondido en tiempo y forma las comunicaciones enviadas por el equipo auditor, esta situación ha provocado atrasos en la ejecución del informe de auditoría y ha limitado la definición de hallazgos y observaciones potenciales durante la etapa de construcción del proyecto, como ejemplo, el análisis del riesgo de licuefacción del suelo en las cimentaciones profundas del viaducto no pudo ser completado por la falta de información por parte de la Unidad Ejecutora.

11.2 Se evidenció la aceptación por parte de la Administración del cambio en la metodología de diseño de la mezcla asfáltica expresado en la oferta del contratista de Superpave a Marshall, sin el correspondiente razonamiento y justificación técnica en función de la demanda de tráfico pesado del proyecto y la durabilidad requerida de la capa de ruedo de la estructura de pavimento. Este cambio en las características del diseño de mezcla provoca que el desempeño de la capa de ruedo sea incierto y que aumente el riesgo potencial de que la capa de rodadura se deteriore aceleradamente, puedan requerirse actividades de mantenimiento prematuras y la vida útil sea menor que la especificada en los documentos del contrato.

11.3 Se evidenció la colocación de concreto durante condiciones lluviosas sin la debida protección lo que puede generar un riesgo de una pérdida de resistencia del material debido al posible aumento de la relación agua cemento del mismo.

11.4 Durante los muestreos de concreto fresco se evidenció que tanto el laboratorio de control como el de verificación de calidad no lo realizaban como se indica en la norma ASTM C172 "Práctica Normalizada para muestreo de concreto recién mezclado" lo cual puede provocar que la muestra de concreto no sea representativa.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

11.5 De las muestras de concreto analizadas se evidencia un incumplimiento en la temperatura de colocación del concreto de los tableros para los datos del LanammeUCR y el laboratorio de verificación de la calidad. Adicionalmente, se nota un incumplimiento de la resistencia a la compresión de los alzados para los datos del LanammeUCR.

11.6 De las muestras de acero de refuerzo analizadas por el LanammeUCR, se detectaron algunos incumplimientos en las alturas de corrugación y en los porcentajes de elongación, sin embargo al realizar el análisis estadístico se muestra que el lote no se rechaza.

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 Unidad Ejecutora y la Ingeniería de Proyecto.

12.1 Se sugiere a la Unidad Ejecutora exigir al contratista realizar la debida protección al concreto durante la colocación en caso de lluvia.

12.2 Se recomienda a la Unidad Ejecutora exigir a los laboratorios que realicen el muestreo de concreto fresco siguiendo la norma ASTM C172 "Práctica Normalizada para muestreo de concreto recién mezclado".

12.3 Se sugiere a la Unidad Ejecutora velar por que los parámetros especificados para el concreto como, temperaturas de colocación, y resistencia a la compresión estén dentro del rango permitido para este material.

12.4 Monitorear el desempeño del pavimento para detectar la presencia de deterioros prematuros para ejecutar oportunamente actividades de mantenimiento que eviten la aparición de deterioros más severos que afecten funcionalmente el tramo.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

A la Dirección Ejecutiva de CONAVI

12.5 Se recomienda evaluar desde la óptica de los procedimientos de contratación administrativa lo actuado con respecto al cambio aprobado por la Unidad Ejecutora del proyecto en cuanto a la metodología de diseño de mezcla plasmada en la oferta del contratista y su posterior modificación. De igual forma se recomienda considerar el impacto que esta decisión tendrá en el desempeño esperado de la capa de ruedo de la estructura de pavimento del proyecto y las actividades de mantenimiento que se requieran en un futuro.

13. REFERENCIAS

ASTM International. (2014). *Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement.* Pennsylvania.

Cervantes-Calvo, V., Fonseca-Chaves, F., Sequeira-Rojas, W., & Loria-Salazar, L. G. (2015). *LM-PI-AT-008-15 Evaluación de la calidad de los materiales y aspectos constructivos. Proyecto: Diseño yConstrucción de Tres Intercambios (A. Cañas, B. Bagaces y C. Liberia) en la CarreteraInteramericana Norte. Sección: Cañas-Liberia RN 1.* San José: Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA).

Instituto Americano del Concreto. (2007). *Manual para Supervisar Obras de Concreto ACI 311-07* . Ciudad de México: IMCYC.

Instituto Americano del Concreto. (2005). ACI 301S-10 Especificaciones para concreto estructural. ACI.

Instituto Americano del Concreto. (2007). *ACI 309R-05 "Compactación de concreto" .* Ciudad de México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

Instituto Americano del Concreto. (2006). Especificaciones para concreto estructural ACI 301-05. Ciudad de México: Imcyc.

Instituto Americano del Concreto. (2001). Especificaciones y tolerancias para materiales y construcciones de concreto ACI 117-01. Ciudad de México: Imcyc.

Instituto Americano del Concreto. (2010). *Manual del Técnico Publicación CP-1S.* Farmington Hills, Michigan: ACI.

Instituto Americano del Concreto. (2008). Requisitos para Reglamento para Concreto Estrcutural (ACI 318S-08). Ciudad de México: Imcyc.

MOPT. (2010). *Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes.* San José.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

EQUIPO AUDITOR		
Preparado por: **Ing. Francisco Fonseca Chaves.** **Auditor Técnico** FRANCISCO FONSECA CHAVES (FIRMA) Digitally signed by FRANCISCO FONSECA CHAVES (FIRMA) DN: serialNumber=CPF-01-1252-0135, sn=FONSECA CHAVES, givenName=FRANCISCO, c=CR, o=PERSONA FISICA, ou=CIUDADANO, cn=FRANCISCO FONSECA CHAVES (FIRMA) Date: 2018.02.08 11:06:22 -06'00'	**Preparado por:** **Ing. Erick Acosta Hernández.** **Auditor Técnico** ERICK ACOSTA HERNANDEZ (FIRMA) Firmado digitalmente por ERICK ACOSTA HERNANDEZ (FIRMA) Fecha: 2018.02.08 13:42:42 -06'00'	**Preparado por:** **Ing. Ana Hidalgo.** **Auditor Técnico** ANA ELENA HIDALGO ARROYO (FIRMA) Firmado digitalmente por ANA ELENA HIDALGO ARROYO (FIRMA) Fecha: 2018.02.08 14:55:05 -06'00'
Aprobado por: **Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.** **Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica PITRA** WENDY SEQUEIRA ROJAS (FIRMA) Firmado digitalmente por WENDY SEQUEIRA ROJAS (FIRMA) Fecha: 2018.02.08 11:48:04 -06'00'	**Aprobado por:** **Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D.** **Coordinador General PITRA**	**Visto Bueno de Legalidad:** **Lic. Miguel Chacón Alvarado** **Asesor Legal Externo LanammeUCR** MIGUEL CHACON ALVARADO (FIRMA) Firmado digitalmente por MIGUEL CHACON ALVARADO (FIRMA) Fecha: 2018.02.09 08:40:32 -06'00'

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

14. ANEXOS

14.1. OFICIO POE-02-2018-0054

conavi Vialidad

UNIDAD EJECUTORA
Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080
Tel (506) 2202-5333 Fax (506) 2253-5705 email: carlos.jimenez@conavi.go.cr

San José, 23 de enero del 2018
POE-02-2018-0054

Universidad de Costa Rica
LANAMME
25 ENE 2018
RECIBIDO
A.N.D. 2:19 pm

Ingeniero
Wendy Sequeira Rojas
Coordinadora Unidad de Auditoria Técnica
PITRA-Lanamme-UCR
C

Asunto: Respuesta al oficio LM-AT-159-17 mediante el que se traslada el informe LM-PI-AT-024B-17.

Estimada señora:

Como resultado del documento indicado en el asunto de este oficio, la Administración procedió a reunirse con el Consorcio del Atlántico Ruta 257 S.A. para analizar el contenido de dicho documento y proceder a aclarar los hallazgos contenidos en el punto 9 "Resultados de la Auditoria Técnica" y el punto 10 "Conclusiones". Así las cosas, como resultado de lo anterior el Consorcio Constructor genera el oficio CDA-01-182-2018-CO.

Atendiendo los hallazgos indicados anteriormente, siguiendo el mismo orden numérico del informe LM-PI-AT-024B-17 y asociándolos con la conclusión respectiva contenida en el punto 10 "Conclusiones" del mismo documento, se informa lo siguiente:

Hallazgo 1 y Conclusión 10.1. Las solicitudes de información y otras comunicaciones sobre el proyecto no fueron contestadas en tiempo y forma limitando la ejecución del proceso de auditoria técnica.

Si bien es cierto que no se respondió uno a uno a todos los documentos a que se hace referencia, la Ingeniería de proyecto trato de remitir la información solicitada mediante lo oficios y discos compactos que en su momento fueron remitidos al LanammeUCR.

No obstante lo anterior, dentro de la información remitida, por un error nuestro no fueron incluidos, la justificación de la metodología de diseño de mezcla asfáltica escogida así como los documentos relacionados con los estudios sobre la licuefacción del suelo asociados a la construcción de las cimentaciones profundas del proyecto. Así las cosas, se adjunta copia del oficio CDA-01-138-2017-CO del 21 de setiembre del 2017, referente a la mezcla asfáltica y un disco compacto con los documentos sobre licuefacción

La Ingeniería de proyecto acepta lo indicado por el LanammeUCR y espera corregir lo sucedido de forma tal que los tiempos de respuesta y contenidos sea correctos.

Consejo Nacional de Vialidad. 100 m este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca
Tel: (506) 2202-5300. Apartad Postal: 616-2010 San José, Costa Rica
www.conavi.go.cr

mopt

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

conavi Vialidad

UNIDAD EJECUTORA
Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080
Tel (506) 2202-5300 ext 5333 Fax: (506) 2253-5705 email: carlos.jimenez@conavi.go.cr

San José, 23 de enero del 2018
POE-02-2018-0054
Página 2 de 2

Hallazgo 2 y Conclusión 10.2. Existe un riesgo potencial de que la vida útil de a capa de ruedo del proyecto sea menor que la solicitada en los documentos del proyecto, como consecuencia de las propiedades de la mezcla asfáltica colocada y la cantidad de tránsito pesado.

Se atiende en el punto 1 del oficio CDA-01-182-2018-CO. Resulta importante indicar que mediante el oficio CDA-01-138-2017-CO de setiembre del 2017, del cual se adjunta copia, el Consorcio justifica técnicamente la alternativa de metodología de diseño de mezcla asfáltica seleccionada.

Hallazgo 3 y conclusión 10.3. Se evidencia que durante la colocación de concreto se presentaron eventos de lluvia sin la debida protección del concreto, contrario a lo que especifica el CR-2010.

Se atiende en el punto 2 del oficio CDA-01-182-2018-CO.

Hallazgo 4 y Conclusión 10.4. Se evidencia ausencia de recubrimientos en los elementos de concreto solicitados en planos en varios puntos del proyecto.

Se atiende en el punto 3 del oficio CDA-01-182-2018-CO.

Hallazgo 5 y Conclusión 10.5q. El procedimiento de muestreo del concreto no se realiza según lo indicado en la norma ASTM-C172 "Práctica normalizada para el muestreo de concreto recién mezclado".

Se atiende en el punto 4 del oficio CDA-01-182-2018-CO.

Acá resulta de suma importancia para la Administración indicar que algún incidente en el que el LanammeUCR no logró realizar un muestreo por carencia de colaboración por parte de trabajadores del contratista, resultó ser un caso aislado y solucionado en el mismo momento en que se presentó. No obstante, lo anterior, se han girado las instrucciones necesarias por parte de la Administración hacia el Consorcio Contratista y el Consorcio Supervisor para que esto no suceda nuevamente.

Hallazgo 6 y Conclusión 10.6. Existe evidencia de incumplimientos en los datos de temperatura del tablero y la resistencia a la compresión del concreto de los alzados del viaducto. Esto según lo establecido en el Manual de especificaciones para la construcción de carreteras, caminos y Puentes CR-2010, los planos del proyecto y en los diseños de mezcla aportados.

Se atiende en el punto 5 del oficio CDA-01-182-2018-CO.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

conavi Vialidad

UNIDAD EJECUTORA
Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080
Tel (506) 2202-5300 ext 5333 Fax: (506) 2253-5705 email: carlos.jimenez@conavi.go.cr

San José, 23 de enero del 2018
POE-02-2018-0054
Página 3 de 2

Hallazgo 7 y Conclusión 10.7. Se presentan incumplimientos en los valores individuales de elongaciones y alturas de corrugación de las varillas de refuerzo utilizadas en el proyecto, sin embargo, al realizar el análisis estadístico se evidencia que no se rechaza el lote de varillas muestreado por el LanammeUCR, esto según lo estipula la sección107 del CR-2010.

Según la Conclusión 10.7 del informe técnico LM-PI-AT-024B-17, el lote no es sujeto de rechazo en virtud de los resultados obtenidos luego de realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos.

En adición a los puntos antes expuestos, en el punto 6 "Sobre la resistencia a la compresión de los elementos de concreto" del oficio CDA-01-182-2018-CO se indican una serie de factores y hechos relacionados especificamente con los resultados de resistencia de los concretos de obra. Mismos, que han resultado siempre favorables y que es de mucha importancia que sean conocidos por parte de la Unidad de Auditoría Técnica.

Sin otro particular.

Atentamente,

Ing. Carlos Jiménez González
Ingeniero de Proyecto
Unidad Ejecutora Programa de Obras
Estratégicas de Infraestructura Vial

Ing. Oldemar Sagot González
Gerente
Unidad Ejecutora Programa de Obras
Estratégicas de Infraestructura Vial

cc: Expediente Administrativo / Archivo / Copiador
Lic. Reynaldo Vargas Soto Auditor interno CONAVI
Ing. Luis Guillermo Loría PhD. Coordinador General PITRA -Lanamme-UCR

MECO CONSTRUYENDO PROGRESO
puentes infraestructuras

CONSORCIO DEL ATLÁNTICO RUTA 257 S.A.
18 DE ENERO DE 2018 – **CDA-01-182-2018-CO**

Ing. Carlos Jiménez González
Gerente de Proyecto
Unidad Ejecutora Programa Obras Estratégicas
Infraestructura Vial Consejo Nacional de Vialidad

Ref: Estudios Previos, Diseño y Construcción de la Ruta Nacional No 257 – Acceso a la terminal de contenedores de Moín.
Contratación Directa 2016CD-000026-0DE00
Aclaraciones al Oficio LM-AT-159-17

Estimado Ingeniero,

En contestación al oficio POE-02-2018-0009 recibido el pasado de 11 de enero remitido por la Unidad Ejecutora del Consejo Navional de Vialidad, en el que se nos solicitan aclaraciones al oficio LM-AT-159-17 emitido por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR).

En el citado oficio se adjunta el Informe en versión preliminar de auditoría externa LM-PI-024B-17 titulado "Evaluación de la calidad de los materiales y los procesos constructivos Proyecto: Estudios previos, diseño y construcción de la Ruta Nacional No 257 – Acceso a la terminal de contenedores de Moín".

En referencia a las conclusiones vertidas en el citado informe preliminar, y haciendo referencia a aquellos puntos que nos atañen como consorcio constructor, aclaramos punto por punto:

1. Diseño de la mezcla asfáltica mediante método Marshall

En el informe de auditoría se manifiesta, el punto 10.2 de sus conclusiones:

"Se evidenció la aceptación por parte de la Administración del cambio en la metodología de diseño de la mezcla asfáltica expresado en la oferta del contratista de Superpave a Marshall, sin el correspondiente razonamiento o justificación técnica en función de la demanda de tráfico pesado del proyecto y la durabilidad requerida de la capa de ruedo de la estructura de pavimento"

Si bien la oferta inicial puede incluir propuestas técnicas que nos parecían las adecuadas en base a los datos disponibles en ese momento, en una fase posterior, y en virtud de multitud de condicionantes aportados por un estudio del proyecto de mayor profundidad, se han optado por soluciones variantes a las consideradas en esa primera propuesta. Esto lógicamente no ha sucedido

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

únicamente en el caso de un cambio en la metodología de diseño de la mezcla asfáltica, sino también en otras muchas soluciones técnicas contempladas en fase de oferta, y que un estudio posterior en mayor profundidad se nos han revelado como inadecuadas. En este sentido, sirva como ejemplo el que hemos tenido prácticamente que duplicar la cantidad de pilotes a ejecutar, una vez que un estudio geotécnico realizado en fase de diseño nos revela que las condiciones del terreno son peores a las que habíamos supuesto en virtud de los datos de los que disponíamos en fase de elaboración de oferta.

A este respecto, hay que señalar como premisa fundamental que es el Cartel de Contratación Directa No. 2016CD-000026-00DIE para los ESTUDIOS PREVIOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA RUTA NACIONAL No 257 - ACCESO A LA TERMINAL DE CONTENEDORES DE MOÍN el marco contractual de obligado cumplimiento que define los parámetros a utilizar en el diseño del proyecto, y por tanto, cualquier modificación que sea preciso realizar ha de adecuarse a lo especificado en dicho cartel.

En este sentido, y tal como especifica dentro de la prevalencia de documentos a considerar en todo el proceso contractual, y que acertadamente se refleja en el propio informe preliminar de Lanamme en su punto Nº6, el Cartel de licitación prevalecerá sobre la oferta adjudicataria en caso de discrepancia. En virtud de lo anterior, a la hora de definir tanto el diseño del pavimento, como cualquier otro parámetro del proyecto, el documento que marca las características a respetar es el citado cartel de licitación.

Con el fin de aclarar el tema en concreto del diseño del pavimento, el cartel establece que se utilizará el procedimiento de diseño del AASHTO-93, y tal como puede constatarse en la memoria de cálculo que se adjunta, se cumple con esta premisa, por tanto el firme diseñado se encuentra plenamente respaldado por la normativa vigente.

La normativa vigente a la que remite el cartel de contratación (AASHTO 93 y CR-2010), contempla la posibilidad de optar, tanto por un diseño de mezcla tipo Superpave como por un diseño de mezcla tipo Marshall. El hecho de decantarnos por un diseño de mezcla tipo Marshall se fundamenta en los siguientes puntos:

- Experiencia contrastada en ejecución de este tipo de mezcla, con un nivel de desempeño satisfactorio en multitud de proyectos ante las solicitaciones de carga de la vida útil para el cual fue diseñado el pavimento, tal y como se acredita en la documentación adjunta.
- Imposibilidad de garantizar operativamente en campo los controles de laboratorio que la mezcla tipo Superpave requiere. Hay que tener en cuenta que los plazos de verificación y control establecidos en el método Superpave son mayores a la hora de realizar los controles de calidad día a día en frente de obra. Dado que, como es por todos sabido, este proyecto es de interés nacional y cuenta con plazos de ejecución extremadamente reducidos, cualquier procedimiento de diseño, verificación y control que no sea el Marshall es incompatible con los plazos de finalización requeridos.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Anexo a este oficio, como **ANEJO Nº1**, se adjunta el Oficio CDA-01-138-2017-CO remitido por el Consorcio del Atlántico el 21 septiembre de 2017, en el que se daba respuesta al oficio LM-AT-108-17 emitido por Lanamme el 28 de Agosto de 2017, y en el que se justifica técnicamente la alternativa de diseño de mezcla asfáltica elegida, así como se aportaba el análisis de fatiga y deformación permanente del diseño de la estructura del pavimento aprobada.

2. Sobre la colocación de concreto en condiciones de lluvia:

Efectivamente, en las fechas de la visita que refiere el informe, se reportó un episodio de lluvia mientras se procedía al colado de una de las vigas de viaducto, aspecto que podría llegar a considerarse contrario a las especificaciones para la construcción. Sin embargo, y dejando claro que no se trata de la situación ideal, también se ha de señalar que estos episodios no generan ninguna afección a los elementos ejecutados. Existen en este caso una serie de circunstancias que hay que tener en cuenta:

- El hormigón utilizado en estos elementos es un hormigón de muy altas resistencias a temprana edad, con una relación agua cemento muy baja y gran cantidad de aditivo, que está alcanzando resistencias de 25 Mpa a 24 horas (la hoja de diseño proyectaba 18 Mpa)
- Se está trabajando con un hormigón de alta resistencia donde la utilización sinérgica de dos aditivos permite obtener la trabajabilidad requerida para su correcta colocación con una relación A/C= 0,37, la cual es ligeramente inferior a la que establece la normativa. Este aspecto premeditado en la fase de diseño, así como la baja permeabilidad del hormigón una vez colocado, permite tener cierta tolerancia en la relación agua cemento sin comprometer la durabilidad de la estructura
- El hormigón empleado ha tenido un excelente comportamiento a 28 dias. En los datos registrados desde que se ha iniciado el proyecto, se puede comprobar que la resistencia a 28 días del hormigón empleado en losas está siempre por encima de 60 Mpa, cuando lo definido en diseño es de 45 Mpa.
- Las elementos hormigonados a los que se refiere el informe son vigas "U" de los viaductos, por tanto hablamos de paramentos casi verticales de poco espesor entre encofrados, donde la afección del agua es mínima, y el fondo de la viga, que corresponde al paramento interno del fondo de la "U" es un paramento interior, y que quedará por tanto cubierto. La parte expuesta de estos elementos es despreciable.
- Los colados estructurales en este tipo de viaductos requieren la implementación de un procedimiento de vertido y vibrado muy detallado y complejo, lo que, unido a las cantidades de concreto a colocar en cada una de las fase de ejecución, genera colados que se extienden normalmente más allá de ocho horas. Tal y como es de conocimiento general, los aguaceros en

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

este clima tropical son impredecibles, y resulta imposible saber cuál es el momento idóneo para comenzar un colado, o asegurar con una cierta garantía que durante las horas que va a durar el colado no va a llover.

Cuando se está en proceso de hormigonado de elementos estructurales confinados como las vigas, y se presentan lluvias durante el proceso de vibrado, las cantidades de agua de lluvia que caen en caras descubiertas es muy poca. El proceso de vibrado es muy rápido e imposibilita que el agua de lluvia pueda generar cambios importantes en la relación agua/cemento de la mezcla de concreto utilizada, y por ende, influir negativamente en su calidad. Como ya se ha expuesto (y puede comprobarse en los datos de laboratorio), se está trabajando con hormigones muy superiores a las especificaciones de diseño, con relaciones agua cemento menores a las requeridas, por tanto la poca agua que pueda añadirse al concreto en el proceso de vibrado, aun reconociendo que lo deseable sería que esto no se produjese en absoluto, es completamente despreciable y en ningún caso puede comprometer la competencia estructural ni de durabilidad del mismo.

En cualquier caso, y puesto que lo estipulado en especificaciones de construcción es que *"no se debe colocar concreto mientras llueva, a menos que se brinde la protección adecuada"*, y a la vista del oficio LM-AT-093-17 emitido por Lanamme, en el que se advierte sobre el particular, por parte del Consorcio del Atlántico se implementó un Plan de Contingencia para establecer un sistema de protección en caso de lluvia. Este plan se diseñó con los siguientes puntos de actuación principales:

- Se colocaron tapas de lona sobre las tolvas de las chompipas de concreto para evitar la entrada de agua durante el acarreo del concreto

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

- Se usaron las tapas de las bombas de concreto, para evitar la aportación de agua en el momento del bombeo.
- Se dejaron pequeñas aperturas en las formaletas de las losas para que el agua pueda salir durante el hormigonado.
- Se ejecutaron los colados de tal forma que no se originen acumulaciones de agua, utilizando la propia mezcla para expulsarla del elemento de colado.
- En caso de un episodio de lluvia torrencial se interrumpe el colado cubriendo el elemento hasta que mejoran las condiciones climatológicas.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

3. Sobre el recubrimiento de los elementos colados

En cuanto a los recubrimientos de los elementos colados, se debe señalar que estos se cumplieron estrictamente, tal y como se define en el diseño de los mismos.

Los elementos a los que hace referencia las fotografías que aparecen en el informe no se encontraban terminados en el momento de la foto, se trata de frentes de fase y conexiones con otros elementos que tienen pendientes de recibir las nuevas cantidades de concreto.

Haciendo referencia a las dos fotografías que el informe aporta como prueba:

Fotografía 5:en la fotografía puede observarse que las barras están próximas a un elemento de madera que sirve como encofrado para la fase 1 de colado, este elemento fue retirado para la ejecución de la fase 2, por lo que toda esa zona fue rellenada con el concreto del nuevo elemento que se solapó en esa zona de conexión.

Fotografía 6: la foto corresponde a un frente de fase de un tablero, por tanto las barras que se ven expuestas, se recubrirán con el colado de la siguiente fase de hormigonado. Por otra parte se ve un tubo colocado superficialmente, que aparenta ser una barra expuesta sin ningún recubrimiento; este tubo es el riel que marca la cota para la regla de acabado superficial, y por tanto, es un elemento que no tiene ninguna función estructural.

4. Procedimiento de muestreo de concreto

El control de la calidad del concreto en la obra de referencia se llevó a cabo con personal técnico especifico e introduciendo incluso metodología vanguardista como el uso de termopares para controlar la maduración del concreto y comprobar de esta forma su buen comportamiento

Es bien conocido que la metodología de muestreo de concreto es invariable para cualquier metodología de amasado. Sin embargo todos somos conocedores que la elaboración de hormigón en amasadora en baches de 1-1,5 m3 permite una mezcla mucho más homogénea y uniforme que utilizando dosificaciones por vía seca y amasado en cuba hormigonera. Este es un aspecto importantísimo para lograr coeficientes de variación pequeños en resistencias de concreto como ocurre en la obra de referencia.

El control de calidad del concreto se inicia en la misma planta de concreto, la cual cuenta con los requisitos mínimos para obtener un concreto de altas resistencias y excelente trabajabilidad tal y como se detallan a continuación:

- Laboratorio en planta para ajustar minuciosamente la humedad de los agregados

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

- Saturación de agregados gruesos mediante aspersión de agua minimizando la absorción de agua en el trayecto
- Utilización de "chiller" para añadir agua a unos 3-5ºC al hormigón y minimizar así el uso de hielo
- Empleo de agitadores en los depósitos de aditivos para evitar la sedimentación de los mismos y mantener la homogenidad del producto final
- Utilización de marrana de cemento de 200 Tn que permite la pérdida de temperatura del cemento y evita disparidad en el hormigón amasado
- Técnico a cargo de la planta con más de 10 años de experiencia en el uso de planta automatizada
- Enfriamiento previo de las chompipas para evitar cambios de temperatura del hormigón
- Chompipas seminuevas con menos de 2 años de uso de marca alemana

De esta forma una vez completada la carga de cada chompipa se realiza el ensayo de cono de Abrams en la planta para verificar que la pérdida de revenimiento durante el camino sea el apropiado. Al llegar a obra se toma muestra de la primera fracción de hormigón para verificar que el revenimiento es el apropiado, la temperatura está dentro de los parámetros previstos y por lo tanto es apropiado su uso, así mismo esporádicamente se toma muestras para resistencias. Paralelamente se realizan muestreos en el medio de ciertas cubas tal y como lo marca la norma elaborando cilindros que serán rotos a compresión a mínimo 48 h 3d, 7d y 28d. No obstante, como bien se puede analizar estadísticamente, los coeficientes de variación de las resistencias de este concreto son muy bajos, por lo que el momento de toma de la mezcla no es un parámetro tan importante a considerar.

Mencionar que paralelamente en un 50% de los hormigonados del tablero del viaducto se utilizó un equipo termopar, metodología muy utilizada en países como Francia y Alemania que permite ver el comportamiento y analizar la calidad del concreto en el elemento colado.

Entre otros aspectos este sistema permite verificar el correcto proceso de fraguado, obtener la curva de maduración y ver la uniformidad de comportamiento del concreto en los diferentes colados de la obra.

En una obra de tanto volumen de concreto es importante verificar que la calidad del hormigón se mantiene en todo momento, sea este el inicio o del final de una cuba hormigonera o sea esta la primera o la última del colado tal y como se pudo contrastar en la Ruta 257. Así mismo es interesante que dicho muestreo sea realizado por diferentes laboratorios acreditados para poder contrastar resultados. Ya por último lo idóneo es completarlo con otro sistema de control de calidad como lo es el sistema termopar y las curvas de maduración de hormigón.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

5. Temperatura de colocación del hormigón

En este caso el informe señala que se presentan incumplimientos en la temperatura de colocación del concreto de los tableros. Se considera que tales incumplimientos no se han producido, esto debido a los siguientes motivos:

- Las temperaturas máximas de colocación del concreto para cada elemento están definidas en el documento de especificaciones técnicas del diseño aprobado. Puede observarse que todos los valores de temperatura evaluados se encuentran dentro de los límites establecidos.
- En cualquier caso, es preciso señalar que las temperaturas máximas a las que hace referencia el documento preliminar de auditoría se obtienen del CR-2010, en donde se dan unos valores obtenidos a partir de los nomogramas existentes en la normativa americana de referencia (Norma ACI 305R-91). Dichos nomogramas tienen en cuenta los diversos factores ambientales existentes a la hora de realizar los colados de concreto para poder evaluar cual es la temperatura máxima a la que éste puede ser colocado. Esto es debido a que lo que se busca con este control de temperatura es limitar la cantidad de agua que la mezcla perderá tras su colocación, de modo que se evite la aparición de fisuras por retracción en la capa superficial del concreto. Por ello, los parámetros a considerar son:
  - ✓ temperatura de la mezcla
  - ✓ humedad ambiental
  - ✓ velocidad del viento
  - ✓ temperatura del aire.

  Considerando los parámetros ambientales existentes en cada colado, y la tasa máxima de evaporación permitida que asegurará un correcto fraguado del concreto (0,5 kg./m2/hora), se puede obtener la temperatura máxima a la que puede ser colocado el concreto.
- En el caso concreto del proyecto que nos ocupa concurren dos circunstancias ambientales que favorecen el que la tasa de evaporación se mantenga por debajo de los límites establecidos por la norma, y son que la humedad relativa del aire es muy elevada (del orden del 78% +/-10) y la velocidad del viento suele ser muy baja (normalmente inferior a 10 Km/h). Por tanto, esto permite establecer una temperatura máxima del concreto para su colocación superior a los

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

25°C, como así se refleja en el proyecto constructivo, en el que se ha considerado una temperatura máxima de 28°C.

- El Consorcio en todo momento dispuso de un equipo técnico que de forma diaria evaluaba estas condiciones para asegurar que todos los colados se realizasen con una temperatura de la mezcla por debajo de la máxima permitida, de modo que se asegurase el correcto fraguado del concreto y se evitase la aparición de fisuras por retracción. Además, las plantas de producción de concreto instaladas por el contratista contaban con un sistema de enfriamiento de agua y con el sistema de almacenamiento de hielo necesario, lo que permitió trabajar en todo momento con las temperaturas de mezcla necesarias. El correcto comportamiento de todos los elementos construidos, y la no aparición de fisuras en los mismos, demuestran el correcto sistema de control de calidad en la fabricación y colocación del concreto dispuesto por el Contratista. Para cada una de las muestras indicadas en el informe, puede comprobarse aplicando esta normativa que las temperaturas indicadas están por debajo de la máxima permitida.
- En el caso de los colados de mayor tamaño, con concretos de un desempeño mayor y la presencia de una superficie expuesta elevada (principalmente losas del tablero de los puentes, y losas de pavimentos), se procedió a controlar la tasa de evaporación del concreto antes de proceder al colado, y para favorecer el correcto comportamiento del mismo, los trabajos de colocación se realizaron siempre en horario nocturno.

Tal y como se indica en el informe de referencia, el control de temperatura permite evitar la aparición prematura de fisuras en el concreto. Puede observarse que todos los elementos construidos se han comportado de forma satisfactoria y en ningún caso han presentado la aparición de deterioros prematuros, por lo que se observa el correcto manejo de estos parámetros a lo largo de toda la fase constructiva.

Adjunto a este oficio, presentamos:

- **ANEXO Nº2:** datos recogidos en el transcurso del proyecto, con el que se determina la tasa de evaporación del concreto para cada colado.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

6. Sobre la resistencia a compresión de los elementos de concreto

En cuanto a este aspecto, debe tratarse de un tema muy puntual, incluso motivado por la desviación típica de un proceso de muestreo condicionado por multitud de agentes externos, ya que desde el control interno del proyecto y desde el control de la propia planta, no se reporta ningún resultado anómalo. Los resultados de los muestreos realizados han sido siempre satisfactorios.
Si algo ha quedado demostrado a lo largo de todo el proyecto, gracias al intenso plan de verificación y control de calidad que está llevando tanto el Contratista, la supervisión designada por el Conavi, e incluso la propia planta de concreto, es de la calidad del concreto estructural que se está empleando. Hemos sido extremadamente minuciosos en este aspecto, y hasta cuatro laboratorios han efectuado controles de calidad del concreto sin registrar resultados anómalos

Como autocontrol se está desarrollando un extenso plan de calidad de los materiales con los que se elabora el hormigón de proyecto:

- Se han hecho muestreos quincenales de nuestros agregados
- Se han hecho muestreos semanales de la arena para dar seguimiento el módulo de finura
- Se han regado los áridos antes de cada hormigonado
- En la planta de concreto los agregados se apilan bajo techo
- Se determinó diariamente la humedad de cada uno de los agregados para la corrección de agua
- Se usaron agitadores para los aditivos
- Se dispuso en la planta de concreto dos marranas de apoyo para conseguir un cemento de temperatura más estable
- Se utilizó un enfriador que aportaba agua entre 3 y 7 grados centígrados.
- Se enfriaron con agua chompipas antes del inicio de cada hormigonado.
- Se utilizaron chompipas con menos de 2 años de uso para asegurar el mínimo de averías en los equipos y el mejor desempeño de los mismos.
- Se está ejecutando un concreto de mejores prestaciones al del diseño para los elementos más importantes como son las vigas y la losa del puente.
- Se muestreó concreto cada 25 m3 en obra, y la empresa suministradora cada 50 m3 en planta en camiones seleccionados de forma aleatoria.

Con todo ello, se está asegurando completamente la calidad del concreto. Esto está completamente respaldado por los resultados que se están obteniendo, tanto en el laboratorio de autocontrol, como en los laboratorios de la asistencia técnica y de la planta de hormigón.

En las tablas adjuntas pueden verse los resultados de las roturas a 28 días de las probetas de los diferentes elementos estructurales de la obra en los días referidos en el informe, puede comprobarse

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

que ni una sola de las muestras presenta ningún problema, por el contrario, los resultados normalmente están muy por encima de las especificaciones de proyecto.

Adjunto a este oficio, presentamos:

- **ANEXO Nº3a:** informes de rotura de cilindros entre Abril y Octubre de 2017.
- **ANEXO Nº3b:** Resumen de resultados de las roturas de elementos de alzados.

Por el presente oficio damos respuesta al oficio en el que se nos trasladan las conclusiones del informe preliminar de auditoría técnica recibido el pasado 11 de enero, emitido por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. Esperamos que los puntos reflejados en dicho informe queden adecuadamente respondidos, y en cualquier caso, nos ponemos a su disposición para cualquier aclaración que pudiesen requerir al respecto del desarrollo de nuestro proyecto.

Agradeciendo la atención a la presente, y poniéndonos a su entera disposición, nos despedimos atentamente.

Limón , 18 de enero de 2018

Jose Ramón
Director Técnico
Consorcio del Atlántico Ruta 257 S.A.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

14.2. ANÁLISIS DEL OFICIO POE-02-2018-0054

Mediante oficio POE-02-2018-0054 del 25 de enero de 2018, el ingeniero Carlos Jiménez y el ingeniero Oldemar Sagot ingeniero de proyecto y gerente, respectivamente de la Unidad Ejecutora Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial, envían el descargo al informe preliminar LM-AT-024B-17. Con este oficio se adjunto el documento CDA-01-182-2018-CO del consorcio del Atlántico Ruta 257 en calidad de empresa constructora del contrato, en el cual se enuncian los comentarios de la misma sobre el informe preliminar LM-PI-AT-024B-17. El oficio es firmado por Jose Ramón, Director Técnico del consorcio. Por parte del equipo auditor se realiza el análisis del descargo respectivo con el fin de determinar cuáles resultados de la auditoría podrían ser modificados en el informe final LM-PI-AT-024-17.

Hallazgo 1. Las solicitudes de información y otras comunicaciones sobre el proyecto no fueron contestadas en tiempo y forma limitando la ejecución del proceso de auditoría técnica.

La ingeniería de proyecto indica que acepta lo indicado por el LanammeUCR y espera corregir lo sucedido de forma tal que los tiempos de respuesta y contenidos sea (sic) correctos. No obstante, la Unidad Ejecutora en el oficio POE-02-2018-0054 del 23 de enero del 2018 indica lo siguiente:

"(...) por un error nuestro no fueron incluidos, la justificación del diseño de mezcla asfáltica escogida así como los documentos relacionados con los estudios sobre la lucuefacción del suelo asociados a la construcción de las cimentaciones profundas del proyecto. Así las cosas, se adjunta copia del oficio CDA-01-138-2017-CO del 21 de setiembre del 2017, referente a la mezcla asfáltica y un disco compacto con documentos sobre licuefacción."

Una vez revisada la nueva documentación remitida por la Unidad Ejecutora se determinó que se encuentra incompleta porque una vez más, no adjunta el documento especifico sobre el análisis de licuefacción, según se indica en el apartado 2.1 del documento titulado "Estudio Geotécnico para el cálculo de pilotes del puente de Moín" elaborado por Uriel & Asociados S.A. de Ingeniería Geotécnica de fecha 16 de febrero de 2017:

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

" 2.1 Documentación de referencia

Para la redacción de est informe se ha utilizado la siguiente documentación de referencia:

- (...)

-Cálculos de licuefacción elaborados por Ginprosa."

La ausencia de este documento evitó que la Unidad de Auditoría Técnica del PITRA-LanammeUCR completara el análisis sobre la consideración de este fenómeno geotécnico y el riesgo asociado con la seguridad del viaducto ante un sismo de determinadas características. Por lo tanto, no fue posible evidenciar la consideración del efecto de la susceptibilidad a la licuefacción de suelo en el cálculo y dimensionamiento de las cimentaciones profundas que sostienen el viaducto, dudas como las que se enlistan a continuación no pudieron ser resueltas durante la ejecución de este informe, según consta en el memorándum LM-IC-IG-02-18:

1. ¿Cuál es el espesor de la capa suceptible a la licuefacción?.
2. ¿Es suficiente la longitud de 30 m de los pilotes, considerando la capa suceptible a la licuefacción y a la longitud de empotramiento que debería tener el pilote en un estrato competente?.
3. ¿En el apartado 3.2.3 en el punto 3 de las salvedades, se indican unos “factores correctores” por tratarse de pilotes preexcavados y no hincados, no se tiene clara la procedencia de estos factores?.
4. De igual manera en el mismo apartado que el del punto anterior, solo que en el punto 4 de las salvedades, se indica que se va a utilizar un “factor de correlación N_k”que tampoco se tiene clara la procedencia del mismo.
5. En apartado 3.3.2 se indica que se utilizará un “factor de resistencia” de 0,8 para cargas ascendentes (tracciones), pero este valor no se encuentra en la tabla 10.5.5.2.4-1 del manual de AASHTO, por lo que no se tiene clara su procedencia.
6. A pesar de que se indica que en los apéndices se encuentran los resultados de los cálculos realizados, con las consideraciones del estudio de suelos, no se muestra claramente el tratamiento dado por la presencia de la capa suceptible a licuación.

El tema del cambio en el diseño de mezcla asfáltica se trata en el siguiente hallazgo.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

El hallazgo se mantiene y se agrega lo indicado anteriormete al informe y la conclusión 11.1 del informe se modifica de la siguiente forma:

11.1 La Unidad Ejecutora del proyecto no ha respondido en tiempo y forma las comunicaciones enviadas por el equipo auditor, esta situación ha provocado atrasos en la ejecución del informe de auditoría y ha limitado la definición de hallazgos y observaciones potenciales durante la etapa de construcción del proyecto, *como ejemplo, el análisis del riesgo de licuefacción del suelo en las cimentaciones profundas del viaducto no pudo ser completado por la falta de información por parte de la Unidad Ejecutora.*

.

Hallazgo 2. Existe un riesgo potencial de que la vida útil de la capa de ruedo del proyecto sea menor que la solicitada en los documentos del proyecto, como consecuencia de las propiedades de la mezcla asfáltica colocada y la cantidad de tránsito pesado.

En el descargo POE -02-2018-0054 de la Unidad Ejecutora se adjunta el documento CDA-01-182-2018-CO aportado por el Consorcio del Atlántico. En este oficio se indica que en la oferta es un anteproyecto por lo cual puede sufrir variaciones al realizar estudios de mayor profundidad que pueda mostrar las soluciones propuestas a nivel de oferta como inadecuadas.

En este apartado es criterio de la Auditoría Técnica que no se presenta un estudio que demuestre porque es inadecuado el uso de la metodología de diseño Superpave propuesto a nivel de oferta por lo que el cambio no es justificado.
Además se señala que en caso de discrepancia entre el cartel y la oferta prevalecerá el cartel. En este aspecto hay que dejar claro que lo que indica el cartel es usar el procedimiento de diseño de pavimento es AASHTO 93. Por lo que no hay una discrepancia entre usar el método de AASHTO 93 y el método de diseño de mezcla Superpave indicado en la oferta del contratista.
Además es importante señalar que si se oferta una condición superior, esta debe mantenerse, salvo justificación que muestre el por qué se realiza un cambio de este tipo. Consecuentemente, se debe dejar constancia del acto como lo dicta el principio de legalidad en la Administración Pública. El Hallazgo se mantiene, pero se cambia el enfoque del mismo mediante el siguiente título:

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Hallazgo 2. La administración permitió un cambio en la metodología del diseño de mezcla asfáltica en caliente de Superpave a Marshall sin que existiera un acto que fundamentara este cambio. Esta situación genera una incertidumbre sobre el desempeño de la capa de ruedo.

Con el fin de aclarar la importancia entre anteproyecto preliminar y el anteproyecto final se agrega el siguiente párrafo del cartel:

Es importante señalar que según el cartel se deben considerar estas definiciones:

- **Anteproyecto Preliminar:** *"Es el desarrollo de la propuesta técnica del oferente a nivel de diseño de anteproyecto conceptual que será motivo de revisión y evaluación por parte de la Administración, en la etapa de valoración de ofertas."*
- **Anteproyecto Definitivo:** *"Es el desarrollado durante la Etapa de Diseño; mantendrá la misma estructura del Anteproyecto Preliminar, pero con la propuesta de solución definitiva, con base en el criterio formado después de realizar y analizar todos los estudios pertinentes." (subrayado no es parte del original)*

Hallazgo 3. Se evidencia que durante la colocación de concreto se presentaron eventos de lluvia sin la debida protección del concreto, contrario a lo que especifica el CR-2010

Mediante el documento CDA-01-182-2018-CO el Consorcio del Atlántico argumenta las siguientes razones para justificar esta práctica:

Debido a que el concreto es de alta resistencia y presenta una baja relación agua cemento se permite cierta tolerancia en la relación agua cemento sin comprometer la durabilidad de la estructura.
Se refieren sobre el comportamiento del concreto a 28 días es muy superior al definido en el diseño.
Indican que el área expuesta de los elementos colados es muy pequeño, incluso la definen como despreciable.
Finalmente, aducen que los colados son muy prolongados por lo que la imprevisibilidad del clima es imposible cual es el momento idóneo de colado.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Es criterio de esta Auditoría que ninguno de estos argumentos es válido, ya que ninguno exime al contratista de brindarle protección al concreto en efecto de lluvia. Es importante recordar que las resistencias indicadas en el descargo se toman con cilindros de concreto que son sometidos a condiciones diferentes a las que experimenta el elemento de concreto durante el colado con lluvia. Con respecto al área expuesta en la fotografía 4 del informe preliminar se observa claramente que existe acumulación de agua en una zona del elemento.
Finalmente, con respecto a la imposibilidad de conocer con exactitud los eventos de lluvia, se indica que debido a esta imprevisibilidad es necesario tener disponible lonas o plástico con el fin de poder continuar con el vertido de concreto con normalidad. Es criterio de esta Auditoría que este tipo de solución es efectiva y no representa un costo importante. La mejor muestra de esto es el plan de contingencia aplicado por el Consorcio del Atlántico, el cual es satisfactorio, por lo tanto el Hallazgo se mantiene.

En el informe se resalta en la fotografía 4 la acumulación de agua durante la colada con el fin de que quede más clara la presencia de esta situación. Además se indica que mediante oficio CDA-01-182-2018-CO del 18 de enero del 2018, adjunto al descargo del informe por parte de la Ingeniería de Proyecto, se presenta un plan de contingencia para el colado de elemento de concreto en condiciones de lluvia el cual es satisfactorio según lo evaluado por el equipo auditor.

Hallazgo 4. Se evidencia ausencia de los recubrimientos en los elementos de concreto solicitados en planos en varios puntos del proyecto.

El Consorcio del Atlántico demuestra con fundamento que en ambos casos el recubrimiento mínimo se cumple, por lo que el hallazgo se elimina. Sin embargo se indica que si bien es cierto el riel que fija la cota máxima del concreto no tiene una función estructural sí debe ser retirado durante la colada para que no quede embebida en el concreto.

Hallazgo 5. El procedimiento de muestreo del concreto no se realiza según lo indicado en la norma ASTM C172 "Práctica Normalizada para muestreo de concreto recién mezclado"

A pesar de que sí se realiza un descargo sobre este hallazgo los argumentos presentados en el documento CDA-01-182-2018-CO no tienen relación con la forma correcta de realizar un muestreo de concreto o la razón por la que el equipo auditor observó muestreos de concreto que no se apegaban a la norma ASTM C172, por lo que el hallazgo se mantiene.

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Hallazgo 6. Existe evidencia de incumplimientos en los datos de temperatura del tablero y la resistencia a la compresión del concreto de los alzados del viaducto. Esto según lo establecido en el Manual de especificaciones para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, los planos del proyecto y en los diseños de mezcla aportados.

Según el oficio CDA-01-182-2018-CO se indica que las temperaturas están definidas en las especificaciones técnicas del diseño aprobado. En la oferta capítulo 3 requerimientos técnicos Parte 2 Folio 3-717 en el apartado de Temperatura y Condiciones Ambientales se indica claramente que la temperatura de la mezcla se mantendrá entre 10 ^{o}C y 30 ^{o}C, a excepción de las cubiertas para puentes que se deben mantener entre 10 ^{o}C y 25 ^{o}C. A pesar de que los nomogramas efectivamente se utilizan para obtener la tasa de evaporación del concreto, el hecho es que obtener un valor por debajo de 0,5 kilogramos por metro cuadrado por hora no indica que se pueda colocar el concreto a temperaturas superiores a la especificada tanto en el CR-2010 como en los requerimientos técnicos aportados por el contratista en la oferta.

Con respecto a la resistencia a la compresión del concreto en el informe preliminar se observa en que los resultados en los que se muestra incumplimiento en la resistencia a la compresión son los del LanammeUCR por lo que a pesar de que los datos del autocontrol muestren valores superiores a los especificados y a pesar de que las prácticas enumeradas en el descargo son adecuadas los valores obtenidos por el LanammeUCR son fidedignos y se obtuvieron utilizando el procedimiento establecido para este material, entre los cuales se puede resaltar un muestreo de concreto adecuado. El hallazgo se mantiene.

Hallazgo 7. Se presentan incumplimientos en los valores individuales de elongaciones y alturas de corrugaciones de las varillas de refuerzo utilizadas en el proyecto, Sin embargo, al realizar el análisis estadístico se evidencia que no se rechaza el lote de varillas muestreado por el LanammeUCR, esto según lo estipula la sección 107 del CR-2010.

En el descargo POE -02-2018-0054 de la Unidad Ejecutora se indica que el lote no se rechaza como indica el informe. El hallazgo se mantiene

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.