



**LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-062-14

EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS

***PROYECTO: Diseño y Construcción de 18 Puentes en la Ruta
Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, Sección: Cañas-
Liberia”, Licitación LPI No.2011LI-000026-0DE00***



Preparado por:

Unidad de Auditoría Técnica



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

San José, Costa Rica
Enero, 2015

1. Informe Final Informe Final de Auditoría Técnica LM-PI-AT-062-14	2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN EL PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE 18 PUENTES EN LA RUTA NACIONAL NO. 1, CARRETERA INTERAMERICANA NORTE, SECCIÓN: CAÑAS-LIBERIA, LICITACIÓN LPI NO.2011LI-000026-0DE00.	4. Fecha del Informe ENERO 2015	
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias ---**---		
9. Resumen <p><u>Sobre las deficiencias constructivas observadas en los elementos estructurales de algunos de los puentes del proyecto:</u> Durante las visitas al proyecto se encontraron defectos constructivos producto de prácticas constructivas inadecuadas. La Administración procedió solicitar las acciones correctivas correspondientes y es responsabilidad de ésta velar por el cumplimiento de los estándares de calidad necesarios para asegurar la inversión pública y el desarrollo del proyecto acorde con la normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería.</p> <p><u>Sobre las oportunidades de mejora en la inspección del proyecto:</u> Durante las visitas realizadas al proyecto en el periodo de realización de esta auditoría técnica, se detectó que algunos elementos no estructurales fueron construidos con detalles distintos a los indicados en planos constructivos y no se ha evidenciado documentación que justifique la aprobación de dichos cambios.</p> <p><u>Sobre aspectos de gestión durante la ejecución el proyecto:</u> Durante el desarrollo del proyecto una de las estructuras presentó deficiencias en los valores de resistencia a compresión del concreto por lo que la Administración, solicitó extracción de núcleos. Puesto que la resistencia a la compresión no fue la esperada se le solicitó al contratista que propusiera una solución al defecto encontrado. Es responsabilidad de la Administración asegurarse que las soluciones propuestas subsanen las deficiencias encontradas y que aseguren la calidad de proyecto cumpliendo todos los estándares solicitados y las buenas prácticas de la ingeniería.</p> <p><u>Sobre la calidad de los materiales utilizados en el proyecto (concreto):</u> Los concretos de resistencia a la compresión a los 28 días de 225 kg/cm², 245 kg/cm², 280kg/cm², 350 kg/cm² y 700 kg/cm² cumplen con la especificación establecida para las resistencias solicitadas para el proyecto. En cuanto a la temperatura de la mezcla antes de la colocación se presentan valores superiores a los especificados para el proyecto durante el periodo evaluado.</p>		
10. Palabras clave Puente, Cañas, Liberia, Muestreo de concreto, Inspección	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 47



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS
Proyecto: Diseño y Construcción de 18 Puentes en la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, Sección: Cañas-Liberia”, Licitación LPI No.2011LI-000026-0DE00.

Departamento encargado del proyecto: Unidad Ejecutora PIV-1 del Consejo Nacional de Vialidad, CONAVI

Laboratorio de verificación de calidad: Laboratorio CACISA, Consorcio Cacisa-Euroestudios, Unidad de Supervisión

Empresas contratistas: Consorcio CODOCSA - PC., Meco, Constructora Sánchez Carvajal y FCC

Laboratorio de control de calidad: L.G.C. Ingeniería de Pavimentos S.A, ITP y OJM Consultores de Calidad

Monto original del contrato: ₡13.334.028.088,01 (colones) [costo de los 18 puentes]

Plazo original de ejecución: El plazo de ejecución de las obras varía de 300 a 510 días calendario.

Proyecto: Diseño y Construcción de 18 Puentes en la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, Sección: Cañas-Liberia”, Licitación LPI No.2011LI-000026-0DE00.

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

Experto Técnico:
Unidad de Puentes de PITRA, LanammeUCR

Asesor Legal :
Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:
El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en la recopilación y análisis de la información sobre la evaluación de la calidad del concreto utilizado en el proyecto, que fue emitida por los laboratorios de control de calidad, verificación de calidad y los laboratorios LanammeUCR. Adicionalmente, se observaron aspectos relacionados con los procedimientos constructivos y de inspección acorde con la normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería civil.



TABLA DE CONTENIDOS

1. FUNDAMENTACIÓN	8
2. OBJETIVO DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	8
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN.....	9
4. ANTECEDENTES	12
5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	13
6. ALCANCE DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	13
7. RESPONSABLES DEL PROYECTO.....	14
8. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR.....	14
9. MARCO TEORICO.....	15
VALORACIÓN ESTADÍSTICA DE LA CALIDAD DEL TRABAJO REALIZADO.	15
10. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-PI-AT-009B-14.....	16
11. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	16
<i>A. SOBRE LAS DEFICIENCIAS CONSTRUCTIVAS OBSERVADAS EN ALGUNOS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LOS PUENTES DEL PROYECTO.....</i>	<i>17</i>
<i>OBSERVACIÓN 1. DETECCIÓN DE APLASTAMIENTO Y POSTERIOR CORTE DE LOS DUCTOS DE POSTENSIÓN EN EL PUENTE SOBRE EL RÍO CAÑAS</i>	<i>17</i>
<i>OBSERVACIÓN 2. DETECCIÓN DE AGRIETAMIENTO GENERALIZADO EN DISTINTOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LOS PUENTES.....</i>	<i>19</i>
<i>B. SOBRE LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LA INSPECCIÓN DEL PROYECTO</i>	<i>21</i>
<i>HALLAZGO 1. LA LONGITUD DE LOS TUBOS DE DRENAJE EN EL PUENTE SOBRE EL RÍO POTRERO NO CUMPLEN CON LO ESTABLECIDO EN LOS PLANOS Y CON LO ESTABLECIDO NORMATIVA AASHTO LRFD.</i>	<i>21</i>
<i>OBSERVACIÓN 3. DETECCIÓN DE ALTURA INSUFICIENTE EN LAS VIGAS DEL PUENTE SOBRE EL CANAL DE RIESGO OESTE.</i>	<i>24</i>
<i>C. SOBRE ASPECTOS DE GESTION ANTE EVENTUALIDADES EN EL PROYECTO</i>	<i>26</i>
<i>OBSERVACIÓN 4. LA SOLUCIÓN A LA DEFICIENCIA EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LA SUBESTRUCTURA DEL PUENTE SOBRE EL RÍO TENORIO NO ES LA MÁS ADECUADA PARA SOLVENTAR LA SITUACIÓN</i>	<i>26</i>
<i>D. SOBRE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROYECTO: CONCRETO</i>	<i>29</i>

<i>HALLAZGO 2. EL CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 280KG/CM² A LOS 28 DÍAS CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DE RESISTENCIA ESTABLECIDAS EN EL MANUAL DE ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, CAMINOS Y PUENTES CR-2010, AUNQUE SE PRESENTAN INCUMPLIMIENTOS EN LA TEMPERATURA DE COLOCACIÓN EXIGIDA.....</i>	<i>29</i>
<i>HALLAZGO 3. EL CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 245KG/CM² A LOS 28 DÍAS CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DE RESISTENCIA ESTABLECIDAS EN EL MANUAL DE ESPECIFICACIONES DE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, CAMINOS Y PUENTES CR-2010, EN RESISTENCIA Y TEMPERATURA.</i>	<i>34</i>
<i>HALLAZGO 4. EL CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 225KG/CM² A LOS 28 DÍAS CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DE RESISTENCIA ESTABLECIDAS EN EL MANUAL DE ESPECIFICACIONES DE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, CAMINOS Y PUENTES CR-2010, EN RESISTENCIA Y TEMPERATURA.</i>	<i>37</i>
<i>HALLAZGO 5. EL CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 350KG/CM² A LOS 28 DÍAS CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DE RESISTENCIA ESTABLECIDAS EN EL MANUAL DE ESPECIFICACIONES DE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, CAMINOS Y PUENTES CR-2010, EN RESISTENCIA Y TEMPERATURA.</i>	<i>39</i>
<i>HALLAZGO 6. EL CONCRETO CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 700KG/CM² A LOS 28 DÍAS CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DE RESISTENCIA ESTABLECIDAS EN EL MANUAL DE ESPECIFICACIONES DE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, CAMINOS Y PUENTES CR-2010.</i>	<i>42</i>
10. CONCLUSIONES.....	44
11. RECOMENDACIONES	45

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LOS PUENTES DEL PROYECTO. RUTA NACIONAL N°1.....	10
FIGURA 2. APLASTAMIENTO DE LOS DUCTOS DE POSTENSIÓN EN LAS VIGAS DEL PUENTE SOBRE EL RÍO CAÑAS. FECHA: 12/2/2014	17
FIGURA 3. CORTE DE LOS DUCTOS DE POSTENSIÓN EN LAS VIGAS DEL PUENTE SOBRE EL RÍO CAÑAS. FECHA:26/2/2014.....	18
FIGURA 4. SEPARACIÓN DE LOS DUCTOS EN EL PUENTE SOBRE EL RÍO CAÑAS. FECHA: 3/4/2014.....	19
FIGURA 5. AGRIETAMIENTOS EN EL BASTIÓN NOROESTE DEL PUENTE SOBRE EL RÍO SALTO. FECHA: 6/8/2014.....	20
FIGURA 6. MEDICIÓN DE GRIETAS EN EL RÍO SALTO. FECHA: 6/8/2014	20
FIGURA 7 GRIETAS DIAGONALES EN VIGA PRINCIPAL QUE INICIAN EN LAS ESQUINAS DE LAS ABERTURAS PARA EL MECANISMO DE ANCLAJE DEL REFUERZO DE LAS VIGAS DIAFRAGMA. PUENTE SOBRE EL RÍO ARENAS. FECHA: 6/8/2014	21
FIGURA 8 GRIETAS TRANSVERSALES EN LA PRIMER SECCIÓN DE LOSA. PUENTE SOBRE EL RÍO ARENAS.FECHA: 6/8/2014.....	21



FIGURA 12. DUCTOS DE DRENAJE EN EL PUENTE SOBRE EL RÍO POTRERO. FECHA:12/2/2014	22
FIGURA 13. DETALLE DEL PLANO PARA LOS DUCTOS DE DRENAJE EN EL PUENTE SOBRE EL RÍO TENORIO.	22
FIGURA 14. DUCTOS DE DRENAJE EN EL PUENTE SOBRE EL CANAL DE RIEGO SUR. FECHA:5/8/2014	23
FIGURA 15. DUCTOS DE DRENAJE EN EL PUENTE SOBRE EL RÍO PIEDRAS. FECHA:5/8/2014	24
FIGURA 11. MEDIDA DE ALTURA DE CUERDA INFERIOR CON RESPECTO AL REVESTIMIENTO DEL CANAL. FECHA:5/8/2014	25
FIGURA 12. . RECOMENDACIONES DEL INFORME FINAL DE ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL PUENTE CANAL DE RIEGO OESTE DE 2011 SOBRE LA DISTANCIA LIBRE ENTRE PUENTE Y CANAL.	25
FIGURA 13. NÚCLEOS OBSERVADOS POR EL EQUIPO AUDITOR EN EL MURO DEL BASTIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RÍO TENORIO. FECHA:3/4/2014	27
FIGURA 14. DETALLE PROPUESTO POR EL DISEÑADOR PARA EL PUENTE SOBRE EL RÍO TENORIO.	27

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PLAZOS DE DISEÑO Y EJECUCIÓN PARA CADA ESTRUCTURA.	9
TABLA 2. MONTOS ORIGINALES DE LOS CONTRATOS PARA CADA CONTRATISTA	11
TABLA 3. RESUMEN DE OFICIOS ENVIDOS A LA ADMINISTRACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA	12
TABLA 4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR CACISA DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 280KG/CM ²	30
TABLA 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS DE TEMPERATURA PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR CACISA DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 280KG/CM ²	32
TABLA 6. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR DE CONCRETO	33
TABLA 7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS DE TEMPERATURA PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR CACISA DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 245KG/CM ²	34
TABLA 8. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR DE CONCRETO DE 245 KG/CM ²	36
TABLA 9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS DE TEMPERATURA PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR CACISA DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 225KG/CM ²	37



TABLA 10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS DE TEMPERATURA PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR CACISA DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 350KG/CM ²	39
TABLA 11. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR DE CONCRETO DE 350 KG/CM ²	41
TABLA 12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADOS DE TEMPERATURA PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR CACISA DE CONCRETO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 700KG/CM ²	42
TABLA 13. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR DE CONCRETO DE 700 KG/CM ²	43





INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE 18 PUENTES EN LA RUTA NACIONAL NO. 1, CARRETERA INTERAMERICANA NORTE, SECCIÓN: CAÑAS-LIBERIA”, LICITACIÓN LPI NO.2011LI-000026-0DE00

1. FUNDAMENTACIÓN

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

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

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

2. OBJETIVO DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

El objetivo de esta Auditoría Técnica es realizar un análisis de los aspectos importantes en torno a la calidad de los materiales y específicamente, la calidad del concreto en el proyecto. Adicionalmente, se pretende evaluar aspectos relacionados con los procedimientos constructivos según las inspecciones realizadas por el equipo de Auditoría Técnica y la Unidad de Puentes del PITRA-LanammeUCR a los puentes que mantenían actividades constructivas durante el periodo de febrero de 2014 a agosto de 2014 que abarca el presente estudio.

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

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN

El objeto del contrato es la ejecución de las obras correspondientes, de la Carretera Interamericana Norte, sección Cañas – Liberia, Ruta Nacional No.1, a saber:

- a) La construcción de 18 puentes nuevos, de 2 carriles cada uno.
- b) El refuerzo, ensanche, rehabilitación o sustitución de los 18 puentes existentes.

El proyecto se encuentra en la Ruta Nacional No.1, Interamericana Norte Sección Cañas Liberia, específicamente ubicado en la provincia de Guanacaste, en los cantones de Cañas, Bagaces y Liberia. El plazo máximo de ejecución de las obras que se definió en el Cartel de Licitación es variable según cada línea específica, como se puede notar en la Tabla 1. Asimismo, en la Figura 1 se presenta la ubicación de cada uno de los puentes a lo largo del tramo comprendido entre Cañas y Liberia.

Tabla 1. Plazos de diseño y ejecución para cada estructura.

Línea	Puente	Actividades constructivas durante plazo de ejecución de auditoría(**)	Plazo de diseño (puente Nuevo y Puente Existente)	Plazo de Construcción (puente Nuevo y Puente Existente)	Plazo total (días Calendario)
1	Río Cañas	✓	180	330	510
2	Río Sandillal	✓	180	240	420
3	Canal de Riego Sur	✓	180	180	360
4	Río Corobicí	-	180	330	510
5	Río Tenorio	✓	180	330	510
6	Río Blanco	✓	180	240	420
7	Río Montenegro	✓	180	240	420
8	Canal de Riego Oeste	✓	180	180	360
9	Río Villa Vieja	✓	180	120	300
10	Río Estanque	✓	180	180	360
11	Río Piedras	✓	180	330	510
12	Río Potrero	✓	180	240	420
13	Río Urraca	✓	180	180	360
14	Río Pijije	✓	180	180	360
15	Río Salto	✓	180	330	510
16	Quebrada La Caraña	✓	180	180	360
17	Quebrada Arenas	✓	180	180	360
18	Río Liberia	-	180	240	420

(**) La ejecución de la auditoría comprendió el periodo febrero a agosto de 2014

En la sección IV *Requisitos de las obras del pliego de condiciones para el Diseño y Construcción de 18 Puentes en la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, Sección: Cañas-Liberia*, Licitación LPI No.2011LI-000026-0DE00 se mencionan características que debe tener el proyecto, a saber:

- Se debe construir puentes de dos vías y se deben rehabilitar, o reconstruir los puentes existentes para proveer una solución a 4 carriles.
- Periodo de retorno de 100 años, mínimo.
- Se deben mantener 2 carriles en funcionamiento durante todo el proyecto.

- Tanto las obras nuevas como las obras existentes deberán tener carriles de tres metros con sesenta y cinco centímetros (3,65 m) y espaldones de un metro con ochenta centímetros (1,80m).
- Tanto las obras nuevas como las obras existentes deberán tener aceras peatonales de dos metros (2.00 m) con baranda peatonal en el lado externo.
- Se deberá contar a lo largo de la calzada con barreras tipo New Jersey



Figura 1. Ubicación de los puentes del proyecto. Ruta Nacional N°1

Mediante contrato, con aprobación interna 02-13, para las líneas L1, L7, L10, y L14 se firma un acuerdo entre Pedro Castro Fernández, Ministro de Obras Públicas y Transportes y el señor Roberto Fiatt Seravalli apoderado especial del Consorcio Codocsa-PC para ejecutar los puentes sobre el Río Cañas, el Río Montenegro, el Río Estanque y el Río Pijije.

Igualmente, se realiza el contrato con aprobación interna 07-13 entre Pedro Castro Fernández y el señor Mauricio González Villalobos apoderado especial de la empresa FCC Construcción de Centroamérica para las líneas L2, L3, L6, L9, L13, L16, L17 y L18 a saber los puentes, sobre el Río Sandillal, sobre el canal de Riego Sur, el Río Blanco, el Río Villa Vieja, el Río Urraca, la Quebrada Caraña, la Quebrada Arenas y el Río Liberia.

De la misma forma, para las líneas L4, L8 y L12 correspondientes a los puentes sobre el Río Corobici, el Canal de Riego Oeste y el Río Potrero se genera un contrato con aprobación interna 03-13 entre el ministro Pedro Castro Fernández y el señor Alejandro Bolaños Salazar, apoderado generalísimo de la empresa Meco.

Finalmente, se realiza un contrato con aprobación interna 04-13 para las líneas L5, L11 y L15 que se suscribe entre el ministro Pedro Castro Fernández y el señor Fernando Sánchez Sirias apoderado generalísimo de la Constructora Sánchez Carvajal. Los puentes adjudicados son el puente sobre el Río Tenorio, el puente sobre el Río Piedras y el Puente sobre el Río Salto.

A continuación en la siguiente tabla se presentan los montos de los contratos para cada contratista.

Tabla 2. Montos originales de los contratos para cada contratista del proyecto:

Puente	Codocsa-PC	FCC	Meco	Sánchez Carvajal	Total
Río Cañas	¢1,041,542,709.00	-	-	-	¢1,041,542,709.00
Río Sandillal	-	¢448,847,511.89	-	-	¢448,847,511.89
Canal De Riego Sur	-	¢251,167,070.11	-	-	¢251,167,070.11
Río Corobicí	-	-	¢2,064,093,074.30	-	¢2,064,093,074.30
Río Tenorio	-	-	-	¢1,144,894,142.26	¢1,144,894,142.26
Río Blanco	-	-	¢581,089,505.42	-	¢581,089,505.42
Río Montenegro	¢777,318,604.92	-	-	-	¢777,318,604.92
Canal de Riego Oeste	-	-	¢642,637,890.30	-	¢642,637,890.30
Río Villa Vieja	-	¢369,151,552.90	-	-	¢369,151,552.90
Río Estanque	¢488,755,501.67	-	-	-	¢488,755,501.67
Río Piedras	-	-	-	¢1,106,464,839.95	¢1,106,464,839.95
Río Potrero	-	-	¢1,024,737,111.02	-	¢1,024,737,111.02
Río Urraca	-	¢300,373,797.33	-	-	¢300,373,797.33
Río Pijije	¢402,598,936.98	-	-	-	¢402,598,936.98
Río Salto	-	-	-	¢921,661,278.24	¢921,661,278.24
Quebrada La Caraña	-	¢496,531,785.54	-	-	¢496,531,785.54
Quebrada Arenas	-	¢406,009,684.74	-	-	¢406,009,684.74
Río Liberia	-	¢866,153,091.35	-	-	¢866,153,091.35
Total	¢2,710,215,752.66	¢3,719,323,999.28	¢3,731,468,075.62	¢3,173,020,260.45	¢13,334,028,088.01



4. ANTECEDENTES

Como parte del plan de trabajo anual de la Unidad de Auditoría Técnica se procede a realizar el análisis de la información suministrada por la Administración mediante el oficio UE-429-14, recibida el 5 de marzo de 2014, donde se adjunta, entre otros documentos solicitados, el cartel de licitación del proyecto "Diseño y Construcción de 18 Puentes en la Ruta Nacional No. 1, Carretera Interamericana Norte, Sección: Cañas-Liberia", Licitación LPI No.2011LI-000026-0DE00".

En este documento se determina que para poder dar una solución a 4 carriles al proyecto se deben construir dos puentes independientes, lo anterior lleva a la necesidad de:

- La construcción de 18 puentes nuevos, de 2 (dos) carriles cada uno.
- El refuerzo, ensanche, rehabilitación o reconstrucción de los 18 puentes existentes según corresponda de acuerdo con las especificaciones del Cartel.

Por otro lado, como complemento al proceso de Auditoría Técnica que el LanammeUCR está realizando al proyecto y en aras de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión de la Administración, durante el desarrollo del proceso de auditoría técnica se emitieron varios oficios y notas informes las cuales se citan a continuación:

Tabla 3. Resumen de oficios enviados a la Administración durante el proceso de Auditoría

Oficio/ Nota Informe	Fecha de emisión	Asunto
LM-AT-06-14	3 de febrero 2014	Informar del inicio de la Auditoría Técnica externa al proyecto. Y solicitud de información general
LM-AT-018-14	4 de marzo 2014	Solicitud de reunión con la Unidad Ejecutora del Proyecto para obtener información adicional que no se obtuvo en el oficio LM-AT-06-14
LM-AT-026-14	18 de marzo 2014	Solicitud de reunión con el Consorcio Supervisor del Proyecto para conocer sus funciones y obligaciones
LM-AT-030-14	14 de marzo 2014	Informar sobre el curado que se está aplicando a las losas, además de la temperatura de colocación del concreto.
LM-AT-042-14	23 de abril 2014	Remisión de resultados de ensayos de laboratorio del LanammeUCR
LM-AT-052-14	21 de mayo 2014	Solicitud de planos de los puentes de FCC
LM-AT-058-14	4 de junio 2014	Remisión de resultados de ensayos de laboratorio del LanammeUCR
LM-AT-076-14	15 de julio 2014	Remisión de resultados de ensayos de laboratorio del LanammeUCR
LM-AT-078-14	22 de julio 2014	Recordatorio de solicitud actualizar información según LM-AT-06-14
LM-AT-084-14	28 de julio 2014	Informar sobre la presencia de grietas en las vigas de los puentes
LM-AT-088-14	1 de agosto 2014	Informar sobre la altura de las vigas del puente sobre el canal oeste y nidos de piedra en el puente Villa Vieja
LM-AT-093-14	27 de agosto 2014	Recordatorio de solicitud de planos de los puentes del proyecto faltantes



5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Este informe se efectuó siguiendo los procedimientos de Auditoría Técnica, mediante la solicitud y revisión de la documentación del proyecto, así como la verificación en sitio de las condiciones indicadas anteriormente durante el proceso constructivo mediante visitas al sitio y ensayos de laboratorio. Adicionalmente, tal y como se mencionó anteriormente se contó con el apoyo técnico de la Unidad de Puentes del PITRA-LanammeUCR, como experto técnico, la cual realizó visitas periódicas a los puentes auditados durante el proceso de auditoría y se emitieron un total de 59 reportes de gira, los cuales sirvieron como insumo para sustentar las observaciones y hallazgos incluidos en este documento.

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 a los materiales. Para la emisión de este informe también se consideraron los resultados de ensayos de los laboratorios de control y verificación de la calidad del proyecto.

El período de muestreo abarcó los meses de febrero a agosto de 2014, contando con la colaboración de los laboratorios del LanammeUCR. Se realizaron los muestreos y ensayos al concreto colocado en algunos de los puentes que se mantenían con actividades constructivas en el proyecto. Estos muestreos incluyeron el concreto colocado en campo así como el colocado en las vigas prefabricadas.

6. ALCANCE DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en realizar el muestreo y la evaluación de algunos de los resultados de las muestras del concreto colocado en los puentes del proyecto en cuestión, información que fue emitida por los laboratorios de control de calidad, verificación de calidad y los laboratorios LanammeUCR. Adicionalmente, se observaron aspectos relacionados con los procedimientos constructivos y de inspección acorde con la normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería civil.

Es importante aclarar que la toma de muestras del proyecto por parte de la Auditoría Técnica dentro del proceso de fiscalización, no tiene como finalidad cumplir la función del control ni la verificación de calidad y tampoco le corresponde a esta Auditoría Técnica, realizar evaluaciones exhaustivas a nivel de proyecto que son 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 encuentra en proceso constructivo. La determinación del cumplimiento contractual y corrección de defectos o aplicación de multas corresponde a la Administración.



7. RESPONSABLES DEL PROYECTO

a) Responsables por parte de la Administración:

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

b) Responsables por parte de la empresa constructora:

- Contratista: Como ya se mencionó hay varios contratistas del proyecto, a saber Consorcio Codocsa-PC, Meco, FCC y Constructora Sánchez Carvajal.
- Laboratorio de Autocontrol de Calidad: el consultor de calidad del Consorcio Codocsa PC así como de FCC es el organismo de ensayo LGC Ingeniería de Pavimentos S.A., para el caso de Meco éste cuenta con ITP Ingeniería de Pavimentos S.A. como encargado del autocontrol de calidad y por parte de Constructora Sánchez Carvajal este papel lo asumió el laboratorio de OJM consultores de calidad. Estas empresas son las encargadas de efectuar los ensayos de control de calidad a los materiales que realiza el Contratista en este proyecto.

8. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR

- Ing. Wendy Sequeira Rojas (Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR)
- Ing. Francisco Fonseca Chaves (Auditor Técnico Líder)
- Ing. Víctor Cervantes Calvo (Auditor Técnico Adjunto)
- Unidad de Puentes de PITRA, LanammeUCR (Experto Técnico)
- Lic. Miguel Chacón Alvarado (Asesor Legal)



9. MARCO TEORICO

Valoración estadística de la calidad del trabajo realizado.

La aplicación de herramientas estadísticas para el análisis de los ensayos de calidad es una actividad fundamental en cualquier proceso productivo, para predecir el nivel de calidad del producto, corregir y prevenir desviaciones y mejorar la eficiencia y eficacia del proceso de producción. Las herramientas estadísticas de control de procesos evalúan no sólo los resultados fuera de los límites de especificación, sino también la variabilidad del proceso, la cual puede aumentar la probabilidad de que la totalidad del producto no cumpla con el nivel de calidad establecido por las especificaciones como resultado de la variabilidad inherente del proceso.

Ya que la valoración estadística de la calidad de los materiales está descrita en el CR-2010, sección 107 Aceptación del Trabajo, al ser este un documento de referencia en el contrato y con el propósito de aportar elementos que permitan la interpretación de los resultados de los ensayos y acrecentar la calidad de los productos que se utilizan en las labores de construcción de infraestructura vial, la Auditoría Técnica realiza una evaluación estadística de los resultados de los materiales obtenidos de las muestras tomadas y ensayadas por el personal técnico del LanammeUCR. Para ello se aplica el procedimiento establecido descrito en la sección 107.05 "Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor de trabajo)" del "Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2010", con la finalidad de evidenciar la importancia de la aplicación de herramientas estadísticas en el control de procesos de producción. Cabe destacar que es importante introducir este tipo de análisis ya que permiten a la Administración velar por la buena inversión pública.

Los índices de calidad (Q_s y Q_i) son estimadores del sesgo de los datos analizados con respecto al valor meta y los límites permitidos por el rango de especificación; son indicadores de la variabilidad existente en el conjunto de datos analizados.

Los índices de calidad se calculan para cada uno de los ensayos que se van a analizar, luego se obtiene para cada uno el porcentaje de datos fuera de los límites de especificación (PT), aplicando la Tabla 107-1 del CR-2010. El porcentaje fuera de los límites de especificación es una estimación del porcentaje de la totalidad del producto que podría encontrarse fuera de los rangos de especificación para las muestras o periodo analizado (lote).

Como parte del procedimiento se utilizarán las siguientes abreviaturas en el presente informe:

LSPE*¹ o Ls: Límite superior

LIPE* o Li: Límite inferior

Prom: Promedio

Desv: Desviación estándar

ICS* o QS: Índice de calidad superior

ICI* o QI: Índice de calidad inferior

PISi* o PT: Porcentaje de datos fuera de los límites de especificación

PDL: Porcentaje de datos dentro de los límites de especificación

*¹ Acorde con el CR-2012, sección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago



10. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-PI-AT-009B-14

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-129-14 del 8 de diciembre de 2014 se envía el informe preliminar LM-PI-AT-062B-14 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. Por lo tanto dicho plazo vence el 12 de enero del 2015.

Posterior al envío del informe preliminar se le brinda audiencia a la parte auditada para que se refiera al informe preliminar, el día 15 de diciembre del 2014 a las 9:00am en las instalaciones del LanammeUCR en donde se realizó la presentación del informe LM-PI-AT-062B-14 en su versión preliminar y en la que participaron los ingenieros Ing. Luis Carlos Gomez Pazos, Ing. Hugo Lino Paniagua, de parte de la Unidad Ejecutora PIV-1. Así como los ingenieros de la Supervisora Cacisa - Euroestudios Ing. Patricia Galindez, Ing. Tracy Gutierrez e Ing. Noé Piedra. Adicionalmente participaron los auditores encargados del informe Ing. Francisco Fonseca y el Ing. Victor Cervantes, la coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica-PITRA LanammeUCR, Ing. Wendy Sequeira Rojas y en calidad de experto técnico el Ing. Esteban Villalobos Vega de la Unidad de Puentes PITRA-LanammeUCR.

El día 14 de enero del 2015 se recibe el oficio UE-DPCL-16-2015-010 emitido por el Ing. Luis Carlos Gomez Pazos, Director de Proyecto de la Unidad Ejecutora PIV-1, , en el cual se describen comentarios sobre el informe LM-AT-062B-14.

Por lo 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 presente informe LM-PI-AT-062-14 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley. La emisión del informe final se realiza en el mes de enero de 2015.

11. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

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

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

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

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

A. SOBRE LAS DEFICIENCIAS CONSTRUCTIVAS OBSERVADAS EN ALGUNOS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LOS PUENTES DEL PROYECTO.

Observación 1. Detección de aplastamiento y posterior corte de los ductos de postensión en el puente sobre el Río Cañas .

El 12 de febrero del año en curso se visita el proyecto, en conjunto con la Unidad de Puentes del LanammeUCR y en los trabajos de construcción realizados en el puente sobre el Río Cañas se observaron que barras de refuerzo transversal han sido colocadas de forma que han dañado los ductos de postensión de las vigas como se observa en la Figura 2.



Figura 2. Aplastamiento de los ductos de postensión en las vigas del puente sobre el río Cañas. Fecha: 12/2/2014

Esta situación se puede deber posiblemente a un mal detallado de los planos en la construcción de las vigas prefabricadas en el detalle del diafragma de la pila o a errores en la etapa de fabricación. Posteriormente, en la visita del 26 de febrero de 2014 se constató que la ingeniería de proyecto del CONAVI realizó una anotación en el cuaderno de bitácora al respecto, solicitando al diseñador corregir el problema detectado. También se observó que se estaban realizando cortes en los tramos de los ductos deformados (ver Figura 3).



Figura 3. Corte de los ductos de postensión en las vigas del puente sobre el río Cañas.
Fecha:26/2/2014

Con estos antecedentes se envía un correo electrónico a la Administración, específicamente a la Ingeniería de proyecto donde se solicitaba:

- La documentación presentada por el contratista acerca de los ductos de postensión del Puente sobre el Río Cañas

Posteriormente se recibe respuesta mediante correo electrónico del 5 de marzo en donde la ingeniería de proyecto adjunta la documentación que evidencia que el corte de los ductos fue aprobado mediante [oficio](#) sin número por parte del Diseñador del proyecto, aduciendo que "los ductos sólo cumplen la función de darle forma al ducto en el proceso de colado de las vigas. Por lo que se puede retirar el ducto en la obra". Por lo tanto, al cortarse el ducto, esta sección que debería estar embebida en una lechada de cemento diseñada para tal propósito, quedará cubierta solamente por el concreto colocado en la losa.

Por otra parte, según lo que indica el AASHTO LRFD 2010 la distancia mínima entre torones debe ser de 1,33 veces el tamaño máximo del agregado o una pulgada para los concretos pretensados los cuales debido a su proceso de producción no tienen ductos. Esto se solicita con el fin de que el concreto pueda recubrir toda la superficie del torón y así asegurar la buena transferencia de las fuerzas al elemento. Esto como se muestra en la Figura 4 no se cumple. Esta normativa a pesar de no ser un requerimiento para el concreto postensado al dejar expuestos los torones no se garantiza un buen recubrimiento del concreto en toda la superficie del torón.



Figura 4. Separación de los ductos en el puente sobre el Río Cañas. Fecha: 3/4/2014

Dejar secciones del acero de postensión sin ducto, y por ende sin que queden embebidas en una lechada, genera un riesgo potencial de que las fuerzas no sean transferidas adecuadamente al concreto, sumado a esto, a que la zona en donde se presenta el problema es un tramo donde las magnitudes de los esfuerzos de postensión son máximos y por ende donde se debe proveer de mayor capacidad de momento negativo ya que la superestructura fue diseñada como una viga continua, suscitando una situación más crítica a la zona en donde se encuentra el deterioro.

Es criterio de este equipo auditor que las buenas prácticas de la ingeniería recomiendan que este ducto debió haber sido repuesto con el fin de poder asegurar que el torón sea recubierto en su totalidad por la lechada y así asegurar la transferencia de fuerzas al elemento estructural... Una buena práctica constructiva es reparar todos los huecos que tengan los ductos antes de colocar el concreto para que la sección se comporte como fue diseñada. Es responsabilidad de la Administración, velar por el buen desarrollo de los proyectos, desde el punto de vista técnico, promoviendo la aplicación de la normativa y de las buenas prácticas constructivas en virtud de proteger la inversión pública.

Observación 2. Detección de agrietamiento generalizado en distintos elementos estructurales de los puentes

Durante una gira realizada el 6 de agosto por el equipo auditor en conjunto con la Unidad de Puentes del LanammeUCR al puente sobre el Río Salto se observó presencia de agrietamiento en varios puntos del bastión noroeste como se observa en la Figura 5.



Figura 5. Agrietamientos en el bastión noroeste del puente sobre el Río Salto. Fecha: 6/8/2014

Al realizar la medición con el medidor de grietas se observa que las grietas rondan entre los 0,25mm hasta 0,50 mm (Figura 6). De acuerdo con ACI 224R-01 el espesor de las grietas supera el valor máximo permitido de 0,15mm para concreto expuesto a la intemperie. Es importante mencionar que el ACI 224R-01 no es de orden contractual pero es un manual muy utilizado para la reparación de distintos deterioros en elementos de concreto.



Figura 6. Medición de grietas en el Río Salto. Fecha: 6/8/2014

Durante la esta misma gira se observaron agrietamientos en diferentes elementos sobre el Río Arenas como se observaron en las Figuras 7 y 8.



Es criterio del equipo auditor que este tipo de defectos pueden afectar la capacidad estructural y funcional de la estructura, así como su durabilidad. Es responsabilidad de la Administración velar por el cumplimiento de los estándares de calidad necesarios para asegurar la inversión pública y el desarrollo del proyecto acorde con las normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería con el fin de poder garantizar la calidad del proyecto.

B. SOBRE LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LA INSPECCIÓN DEL PROYECTO

Hallazgo 1. La longitud de los tubos de drenaje en el Puente sobre el Río Potrero no cumplen con lo establecido en los planos y con lo establecido normativa AASHTO LRFD.

Durante una visita realizada por el equipo auditor en conjunto con funcionarios de la Unidad de Puentes del PITRA -LanammeUCR el 2 de marzo de 2014 al proyecto de Cañas Liberia, se observa que en el Puente sobre el Río Potrero los drenajes previstos se encuentran por encima del nivel inferior de la viga principal como se muestra en la siguiente figura:



Figura 9. Ductos de drenaje en el puente sobre el Río Potrero. Fecha:12/2/2014

Al revisar los planos para determinar que normativa se utilizó en el diseño del puente, ya que el cartel permite utilizar tanto la normativa AASHTO LRFD vigente a la entrega del cartel como las especificaciones estándar de AASHTO 2002, en la lámina de notas generales para el puente sobre el Río Potrero se logra determinar que la normativa a ser aplicada es la norma AASHTO LRFD la cual exige que los ductos de drenaje lleguen 100mm por debajo del nivel de la viga principal.

Como siguiente paso se revisó en el plano la sección transversal del puente y analizar el detalle con el fin de determinar si el diseño indica el nivel de diseño al cual debe ser extendido el drenaje. Este detalle se muestra en la siguiente figura:

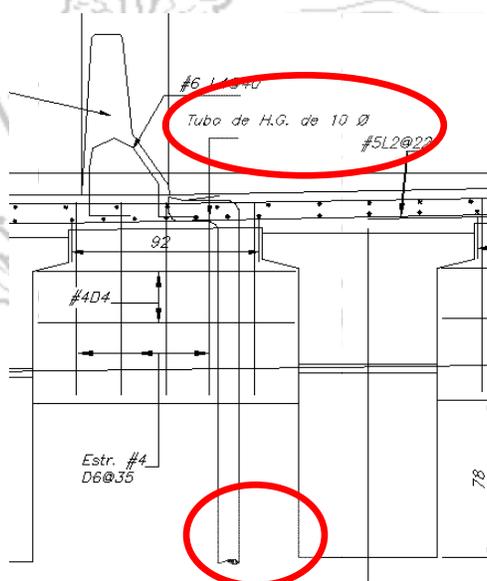


Figura 10. Detalle del plano para los ductos de drenaje en el puente sobre el Río Tenorio.

Se evidencia que el diseñador toma en cuenta la extensión del tubo, el cual debe de continuar al menos, hasta superar la cota inferior de la viga principal como se muestra en la figura. Por tanto, la deficiencia en la obra se suscitó durante el proceso de construcción en donde se determina que la inspección pasó por alto la corrección de este detalle. Durante una gira realizada el 29 de enero de 2015 se observó que no se había corregido la extensión de los ductos a pesar de lo indicado por la supervisora.

Es criterio de esta Auditoría Técnica que es necesario corregir la longitud de los ductos ya que la ausencia de la longitud requerida expone a los elementos estructurales a aguas de escorrentía de forma innecesaria lo que a la postre puede afectar la durabilidad del puente.

Situaciones similares se han encontrado en los puentes sobre el canal de Riego Sur (Figura 14) y Montenegro (Figura 15).



Figura 11. Ductos de drenaje en el puente sobre el canal de Riego Sur. Fecha:5/8/2014



Figura 12. Ductos de drenaje en el puente sobre el Río Piedras. Fecha:5/8/2014

En estos casos la normativa que se utilizó es la de normativa AASHTO de especificaciones estándar, por lo que para este caso no hay un incumplimiento de las especificaciones ya que como, se mencionó anteriormente, el cartel de licitación permitía el uso de cualquiera de las dos especificaciones citadas. A pesar de esto es importante aclarar que si bien es cierto las especificaciones estándar de AASHTO no exigen una distancia mínima de extensión de los ductos por debajo de los elementos de la superestructura, si indica en la sección 1.5 que "los detalles de los ductos de drenaje deberían ser tales que prevengan la descarga de agua de drenaje sobre cualquier porción de la estructura", lo cual no evidencia cumplirse con los detalles utilizados.

Es por lo anterior que es criterio de esta Auditoría que es recomendable que los ductos se extiendan por debajo de la parte más baja de la superestructura con el fin de evitar la exposición de los elementos estructurales del puente a agua de escorrentía de manera innecesaria. Incluso sería recomendable que la Administración valorara para futuros carteles utilizar normativa más actualizada para el diseño de las obras para poder obtener estructuras que cumplan con los mejores estándares de calidad posibles.

Observación 3. Detección de altura insuficiente en las vigas del puente sobre el canal de Riesgo Oeste.

Durante las visitas realizadas al proyecto, específicamente al puente sobre el Canal de Riego Oeste se observó que en el extremo sureste se midió una distancia libre de 50 cm entre la cuerda inferior y el nivel más alto del revestimiento del concreto del canal (Figura 11) .



Figura 13. Medida de altura de cuerda inferior con respecto al revestimiento del canal.
Fecha:5/8/2014

De acuerdo con el Informe Final de Análisis Hidráulico del Punte Canal de Riego Oeste el cual fue revisado por la Unidad de Puentes del LanammeUCR, la recomendación es que esta distancia sea de 80 cm como se puede observar en la Figura 12.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
I PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA VIAL DE COSTA RICA (PIV I)
Carretera Interamericana Norte - Tramo Cañas-Liberia

3 RECOMENDACIONES

En el marco de la ampliación de la carretera Interamericana Norte, será necesaria la extensión del puente sobre el Canal de Riego Oeste hacia su lado derecho (dirección Cañas-Liberia). Para esto, la Consultoría Estructural ha propuesto ensanchar el puente existente (superestructura, bastiones y pilas) para acomodar dos carriles de circulación en una vía, espaldones y baredas. Este ensanchamiento se logrará ya sea manteniendo y reforzando la superestructura actual o demoliéndola y construyendo una nueva superestructura con vigas de acero o concreto pretensado y losa de concreto reforzado colada in situ. Asimismo, la propuesta contempla construir un puente nuevo al lado derecho del puente existente, el cual tendrá como mínimo la misma luz total del puente actual y deberá ser construido en un sólo tramo (sin pilas intermedias).

Para esta solución propuesta, se recomienda lo siguiente:

1. Ubicar las vigas de la superestructura de tal manera que su cuerda inferior se encuentre al menos 80 cm por encima del nivel más alto del revestimiento de concreto del canal. La configuración geométrica actual del puente cumple con este requisito. Esto es especialmente importante ya que aparentemente este canal de riego opera a su máxima capacidad en ausencia de borde libre.

Figura 14. . Recomendaciones del INFORME FINAL de Análisis Hidráulico del Punte Canal de Riego Oeste de 2011 sobre la distancia libre entre puente y canal.

Debido a esta inconsistencia se solicitó a la Unidad Ejecutora una aclaración mediante oficio LM-AT-88-2014 del 1° de agosto de 2014.. En el oficio UE-DPCL-16-2015 emitido el 15 de enero de 2015 por la Unidad Ejecutora a esta Auditoría se menciona que al ser un canal hay regulaciones de caudales de SENARA y que el nivel del puente nuevo supera en 30 cm el nivel existente, por lo que se considera que es no insuficiente. A pesar de lo indicado en el oficio , no se aportó documentación que permita desestimar el estudio hidrológico por lo que es criterio de esta Auditoría que es importante asegurarse que se respeten estas alturas ya que en caso que el agua sobrepase el nivel máximo calculado en el estudio hidrológico, estas estructuras podría sufrir esfuerzos para los cuales no han sido diseñadas.

C. SOBRE ASPECTOS DE GESTION ANTE EVENTUALIDADES EN EL PROYECTO

Observación 4. La solución a la deficiencia en la resistencia del concreto en la subestructura del puente sobre el Río Tenorio no es la más adecuada para solventar la situación

Debido a la identificación de resultados que mostraban resistencias a la compresión del concreto que no cumplían con las especificaciones del proyecto y a la presencia de núcleos extraídos en la sub estructura del puente sobre el Río Tenorio, específicamente en las placas de cimentación de bastión 1 y bastión 2 y muro del bastión 2, observados en vista realizada al proyecto el día 3 de abril de 2014 (Figura 13), se procedió a emitir el oficio [LM-AT-030-2014](#) en el cual se solicita los respectivos análisis de la situación observada, así como la interpretación de los resultados de ensayo, y que se aporte el procedimiento para solventar esta situación.



Figura 15. Núcleos observados por el equipo auditor en el muro del bastión del puente sobre el Río Tenorio. Fecha:3/4/2014

En oficio UE-947-2014 la Unidad Ejecutora del Proyecto responde que, en efecto estos resultados fueron menores a los especificados por lo que se procedió a extraer núcleos los cuales tampoco cumplían con lo requerido. Al ser un contrato de diseño y construcción se le solicitó al contratista que presentara la solución a la situación presentada en el proyecto. El contratista mediante oficio PI-CL-035-03-14 presenta la respuesta en la que aclara que el bastión no presenta problemas de cortante y flexión y que se colocará una sobre losa para mantener la durabilidad del concreto (Figura 14).

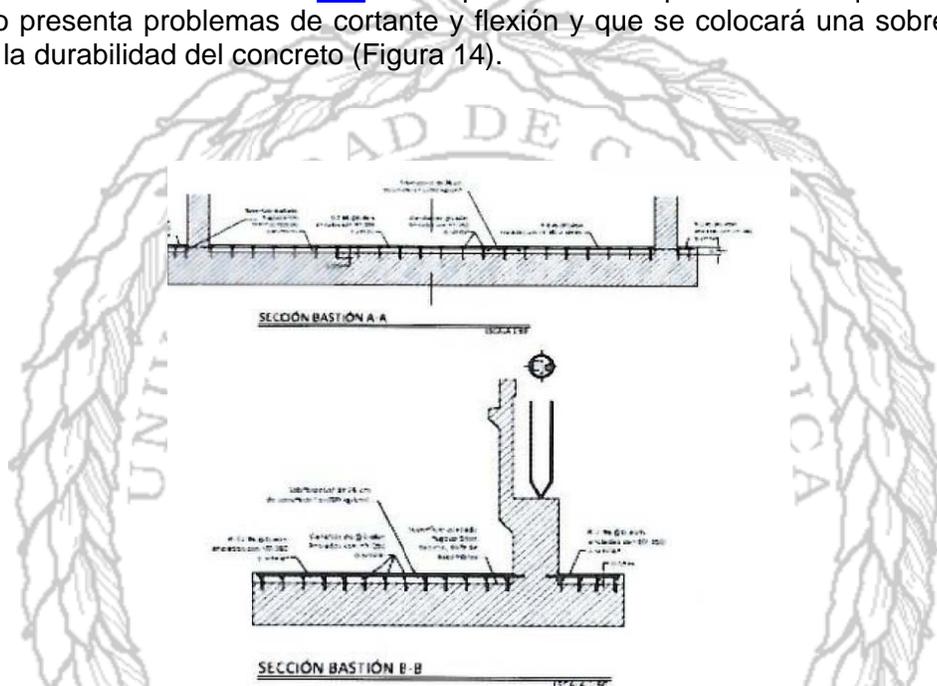


Figura 16. Detalle propuesto por el diseñador para el puente sobre el Río Tenorio.

Es criterio de este equipo auditor que debido a que el diseñador de la obra indica que no hay deficiencias estructurales en el bastión, el tipo de intervención que se realiza a la estructura no es la más adecuada ya que la sobrelosa lo que genera es mayor capacidad estructural al elemento y no aumenta la durabilidad de todo el bastión, si no únicamente de la placa de fundación. Si se está utilizando la sobrelosa como un medio para darle mayor protección a la sección y así aumentar su durabilidad, ésta debería colocarse en todas las secciones que presentan deficiencias en la resistencia no sólo en las placas.

Al omitir el recrecido en la sección del muro, cabezal y aletones del bastión 2 se ignora que, bajo el criterio del mismo diseñador, se debe de proteger estos elementos debido a la pérdida de durabilidad en el concreto por lo que contraviene las buenas prácticas de la ingeniería. Una vez detectados los defectos constructivos, el contratista presenta un producto y un procedimiento de reparación, que a criterio de esta Auditoría Técnica, es



responsabilidad de la Administración revisar y aprobar, de manera que este cumpla con los estándares de calidad necesarios para asegurar la inversión pública y el desarrollo del proyecto acorde con la normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería.

Asimismo, en el oficio UE-DPCL-16-2015-010 la Unidad Ejecutora argumenta que a nivel cartelario se pedía un mínimo de $225\text{kg}/\text{cm}^2$ para la subestructura de los puentes por lo que la durabilidad exigida en el cartel se cumple con los resultados obtenidos. Desde el punto de vista de esta Auditoría al ser un contrato de diseño y construcción se deben cumplir las notas generales indicadas en los planos. Si bien es cierto que el cartel se dan unas pautas mínimas a seguir con el fin de que todos los contratistas partan del mismo punto con el fin de asegurar la transparencia del concurso, una vez adjudicadas las obras, el diseñador suministra las especificaciones que necesita para que su diseño cumpla con lo solicitado.





D. SOBRE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROYECTO: CONCRETO

Con los resultados de los ensayos realizados al concreto y muestreado en el proyecto tanto por el laboratorio del LanammeUCR como por el laboratorio de verificación de calidad, durante el periodo de auditoría, se realizó un análisis estadístico de cumplimiento con las especificaciones presentando en la siguiente tabla, donde se calcula a partir de la sección 107 "Aceptación del Trabajo" del CR-2010 el porcentaje estimado fuera de especificación.

Mediante el oficio LM-AT-006-2014, enviado por la Auditoría Técnica al ingeniero del proyecto Ing. Enrique Obed Sánchez, el día 3 de febrero de 2014, donde se solicita información general relacionada con el proyecto, entre ellos se solicita los datos de control y verificación de la calidad de los materiales (concreto y acero). La respuesta llega a esta auditoría el día 5 de marzo de 2014, mediante el oficio UE-429-14, donde se adjunta la información solicitada hasta la fecha de envío (Noviembre de 2013 a Enero 2014).

Debido a que la Unidad Supervisora no reenvía la información actualizada se manda oficio LM-AT-086-2014 con fecha de 23 de julio del 2014 solicitando el resto de la información hasta la fecha de envío. La Unidad Ejecutora remite la información solicitada mediante Oficio UE 2057-2014 de fecha de 8 de agosto del 2014. Es importante señalar que mediante este oficio solo se envía la información de la verificación de calidad por lo que se procedió a realizar el análisis únicamente con estos datos que abarcan datos de noviembre de 2013 a julio de 2014 aproximadamente, esto con respecto a los resultados de verificación de la calidad (CACISA).

Con respecto a los resultados obtenidos por el laboratorio del LanammeUCR, estos corresponden al periodo de la auditoría que se dio entre enero y julio del presente año (Ver Tabla 4). Los mismos fueron analizados y comparados en magnitud y verificación de la calidad.

Hallazgo 2. El concreto con resistencia a la compresión de 280kg/cm² a los 28 días cumple con las especificaciones de resistencia establecidas en el Manual de especificaciones para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, aunque se presentan incumplimientos en la temperatura de colocación exigida.

Con los resultados obtenidos por el laboratorio de control de calidad se procedió a realizar análisis estadístico de los parámetros de resistencia a la compresión a los 28 días y de la temperatura de colocación. Los resultados se pueden observar en la Tabla 4 desglosados por contratista.

Tabla 4. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados para las muestras ensayadas por CACISA de concreto de resistencia a compresión de 280kg/cm²

Contratista	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
Codocsa-PC	Mínimo de 280 kg/cm ²	138	9,890	30,000
Meco		42	24,352	33,871
Sánchez Carvajal		65	29,212	30,679
FCC		13	8,634	42,759

Tal y como se puede observar en la Tabla 4 en los resultados analizados para este concreto, el parámetro de resistencia a la compresión de la mezcla del material se encuentra dentro de los límites especificados en el CR-2010 y en las notas generales de los planos aportados a esta auditoría. Lo anterior de conformidad con los resultados obtenidos por dicho laboratorio y en razón de que el porcentaje de trabajo fuera de los rangos establecidos, debido a la variabilidad del proyecto y calculado con las herramientas estadísticas de la sección 107.05 del CR-2010, es menor al establecido en esta sección como aceptable (Tabla 107-2) para cada contratista. En el Gráfico 1 se puede apreciar los valores individuales cada resultado obtenido por el laboratorio de CACISA

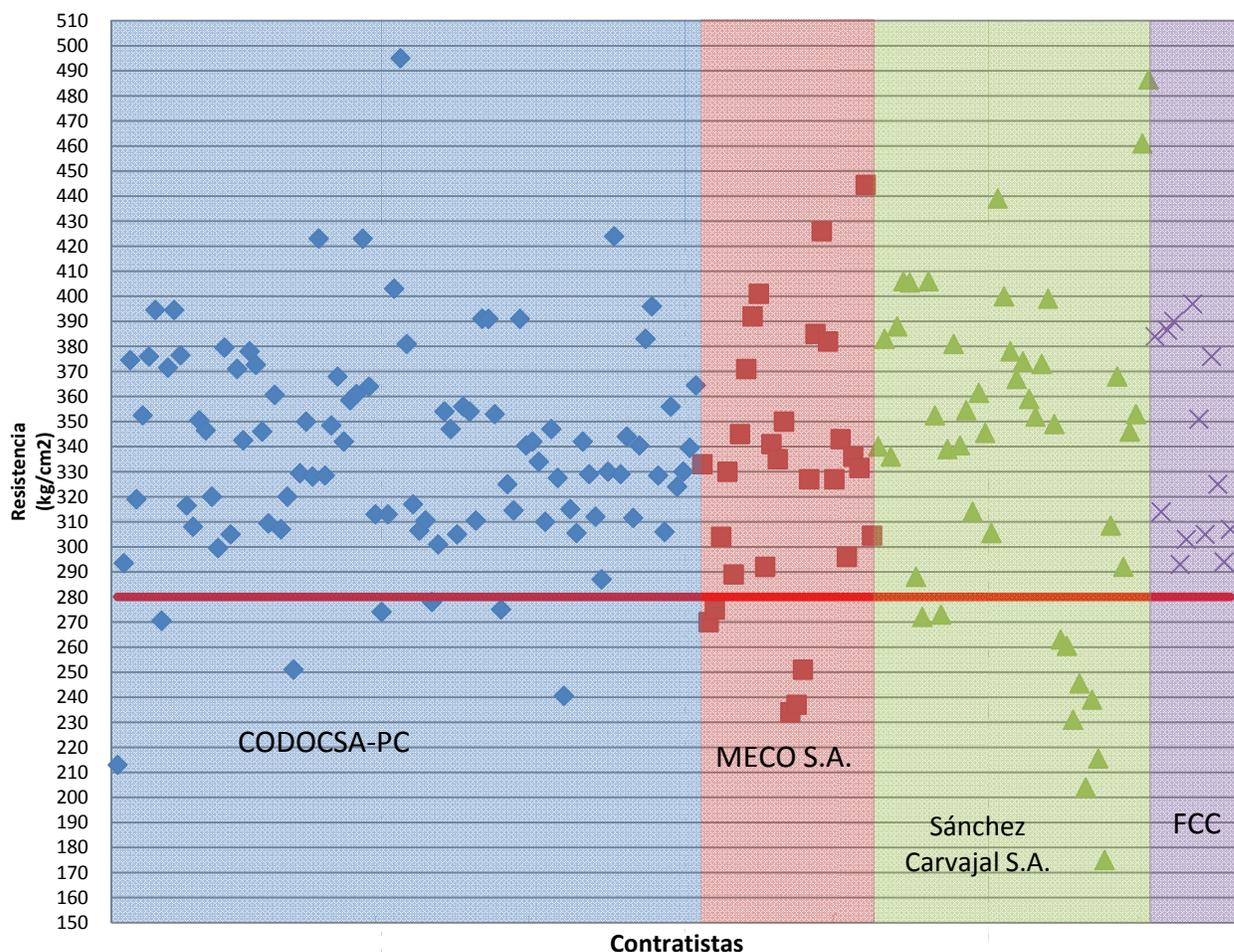


Gráfico 1. Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por el CACISA para concreto con resistencia a la compresión a los 28 días de 280 kg/cm²

Por otro lado, para el parámetro de temperatura de la mezcla de concreto en las muestras ensayadas el valor de las especificaciones establecidas en el CR-2010 es mayor al obtenido del análisis estadístico para dos de los contratistas como se muestra en la Tabla 5. El CR-2010 en la División 550 en la sección 552.10 establece que las temperaturas deben estar en un rango entre 10 y 30 grados centígrados. La situación de las altas temperaturas en las mezclas de concreto ya había sido notificada por esta auditoría mediante oficio LM-AT-030-2014 del 14 de marzo del 2014, no obstante, no se recibió oficio de respuesta por parte de la Administración. La administración envió respuesta sobre este asunto mediante oficio UE-947-2014 en el cual se están aplicando medidas correctivas para poder asegurar el cumplimiento de este parámetro.

Tabla 5. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados de temperatura para las muestras ensayadas por CACISA de concreto de resistencia a compresión de 280kg/cm²

Contratista	Especificación	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
Codocsa-PC	20 ± 10°C	105	44,780	30,000
Meco		31	42,018	36,421
Sánchez Carvajal		47	22,848	33,0189
FCC		14	13,558	42,179

En el Gráfico 2 se puede observar los valores de temperatura de colocación de la mezcla de concreto. Debido a que los datos son colocados de manera cronológica en el gráfico se puede notar una tendencia de los datos de temperatura a entrar dentro de los límites exigidos en la especificación a lo largo de la vida del proyecto, como se comunicó mediante el oficio UE-947-2014 aunque aún gran parte siguen estando por encima de los 30 grados. Así como se mencionó en el oficio LM-AT-030-2014 del 14 de marzo del 2014 es importante señalar que según ACI 305R-91 las altas temperaturas del concreto pueden aumentar el riesgo al agrietamiento plástico por lo que es importante mantener este parámetro dentro de los valores permitidos por el CR-2010.

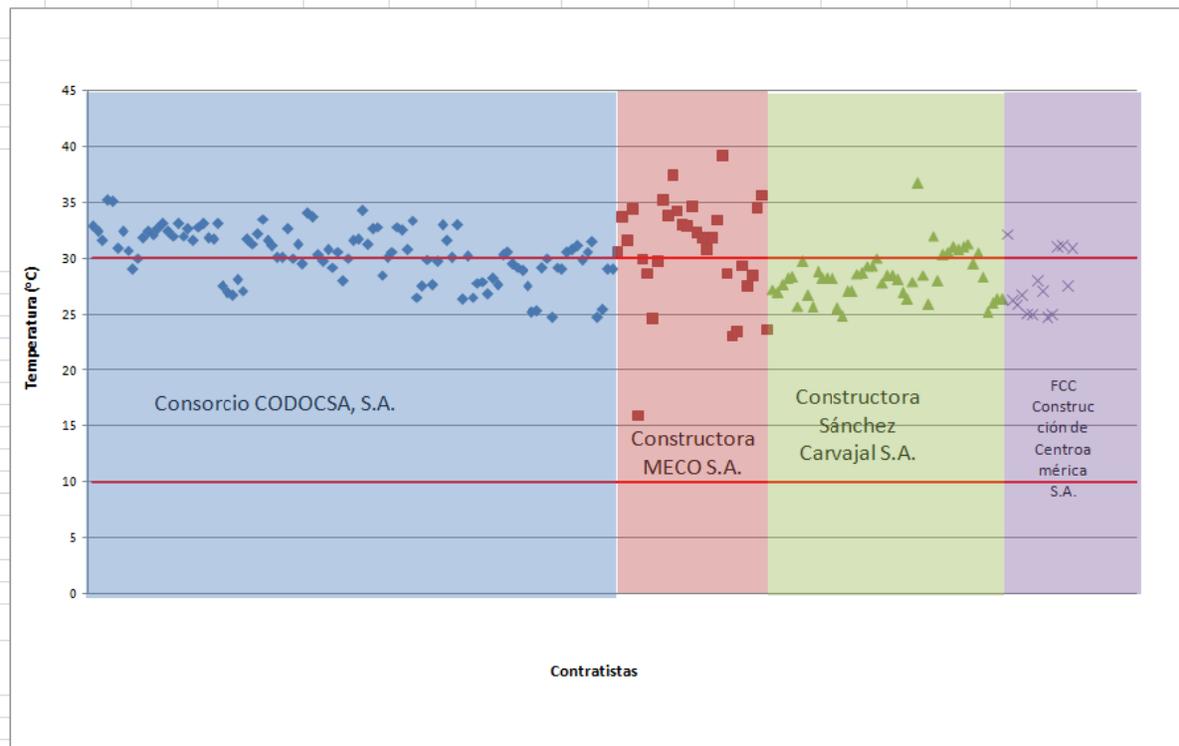


Gráfico 2. Valores de temperatura de colocación para las muestras de concreto ensayadas por el CACISA.

A continuación se presentan los resultados de resistencia a la compresión a los 28 días y de temperatura de colocación de este tipo de concreto de las muestras ensayadas por el LanammeUCR. Además se presentan los resultados del revenimiento y contenido de aire para cada muestra ensayada.

Tabla 6. Resultados de las muestras ensayadas por el LanammeUCR de concreto

Informe	Identificación	Puente	Elemento	Temperatura (°C)	Contenido de aire (%)	Revenimiento (mm)	Resistencia a 28 días (kg/cm ²)
I-0381-14	M-0641-14	Pijije	Losa	26,0	4,4	200	304
I-0407-14	M-0642-14	Cañas	Parapeto Y aletones	31,5	1,1	185	334
I-0760-14	M-1391-14	Villavieja	Losa de Aproximación	25,6	5,8	190	336
I-1104-14	M-2030-14	Blanco	Losa de aproximación	27,0	3,8	165	343

Para los resultados obtenidos por el LanammeUCR no se puede realizar análisis estadístico ya que sólo se cuenta con 2 muestras para cada tipo de resistencia como máximo y el mínimo recomendado son 5. A pesar de esto se puede observar en la Tabla 6 que todas las muestras presentan resistencias superiores a las especificadas para el proyecto. En cuanto a la temperatura de la mezcla de concreto se observa que dos de las temperaturas tomadas en campo son superiores a las permitidas por el CR-2010 que es de 30 °C y 25 °C para las losas de los puentes.

Hallazgo 3. El concreto con resistencia a la compresión de 245kg/cm² a los 28 días cumple con las especificaciones de resistencia establecidas en el Manual de especificaciones de para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, en resistencia y temperatura.

Análogamente, para el concreto 245 kg/cm² se realiza el análisis estadístico, en este caso este material solo es usado por a FCC Construcción de Centroamérica por lo que los resultados presentados en la Tabla 7 solamente incluyen a este contratista.

Tabla 7. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados de temperatura para las muestras ensayadas por CACISA de concreto de resistencia a compresión de 245kg/cm²

Contratista	Especificación	Número de muestras	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
		(n)		
FCC	20 ± 10°C	76	27,538	30
	245 mínimo	31	8,296	30

Como se denota en la tabla para los parámetros de temperatura de colocación de la mezcla y resistencia la compresión ambos están dentro de los límites permitidos. En el Gráfico 3 se muestra el valor de cada una de las muestras para la resistencia a la compresión.

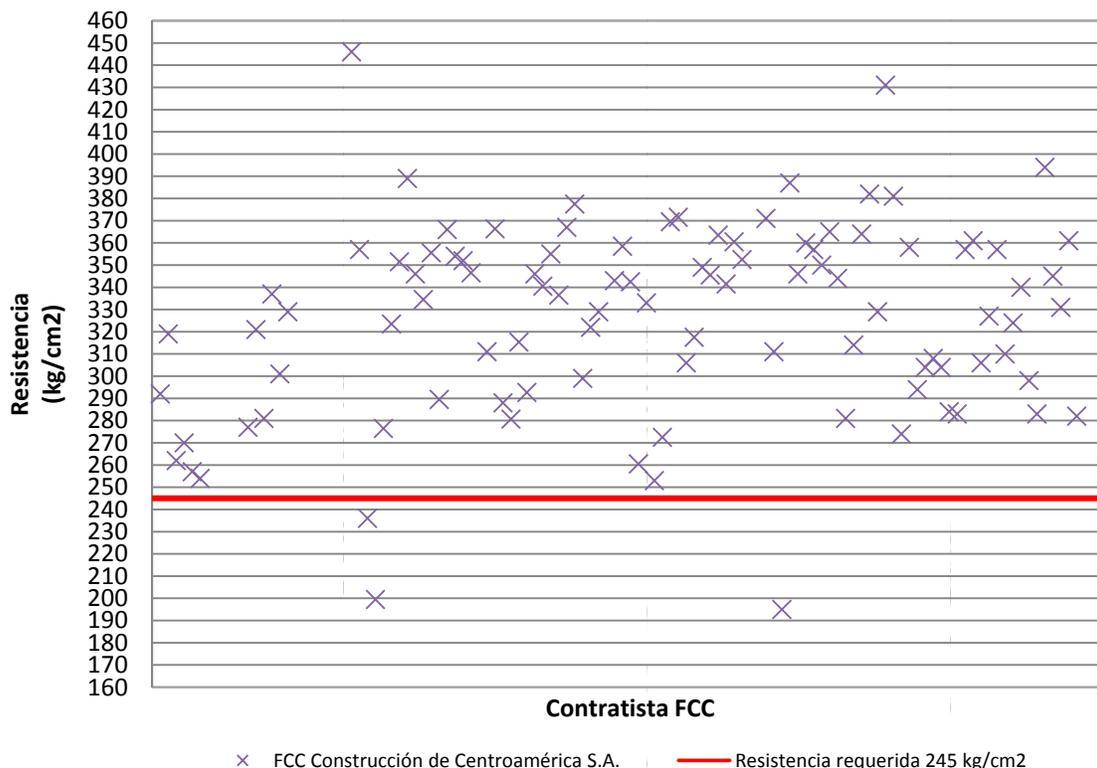


Gráfico 3. Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por CACISA para concreto con resistencia a la compresión a los 28 días de 245 kg/cm²

En el Gráfico 4 se muestra que para el caso de la temperatura de colocación de la mezcla de concreto hay mayor cantidad de valores fuera de los límites de la especificación como se puede deducir del análisis estadístico mostrado anteriormente; sin embargo se ve que esta situación ha venido disminuyendo conforme avanza el proyecto.

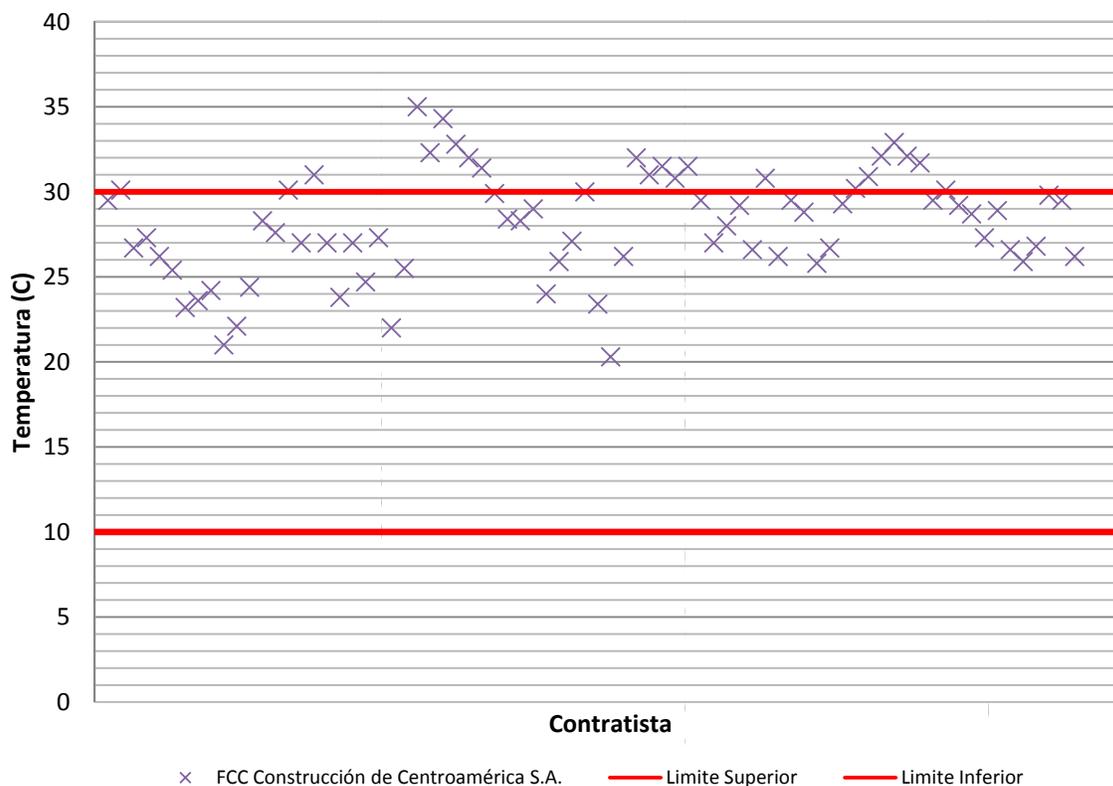


Gráfico 4. Valores de temperatura de colocación para las muestras de concreto ensayadas por CACISA para concreto con resistencia a la compresión a los 28 días de 245 kg/cm²

Al igual que para el concreto de 280 kg/cm² el Lanamme realizó un muestreo de la calidad del concreto de 245 kg/cm². En la Tabla 8 se muestra los resultados obtenidos para la muestra ensayado para los distintos parámetros del concreto fresco.

Tabla 8. Resultados de las muestras ensayadas por el LanammeUCR de concreto de 245 kg/cm²

Informe	Identificación	Puente	Elemento	Temperatura	Contenido de aire	Revenimiento	Resistencia a
				(°C)	(%)	(mm)	28 días (kg/cm ²)
I-0888-14	M-1614-14	Arenas	Viga Cabezal	24,5	5,3	200	271

Debido a que no se cuenta con al menos 5 muestras no se puede realizar un análisis estadístico para este material. A pesar de esto se puede mencionar que para la muestra ensayada el concreto cumple con los límites establecidos en la especificación.

Hallazgo 4. El concreto con resistencia a la compresión de 225kg/cm² a los 28 días cumple con las especificaciones de resistencia establecidas en el Manual de especificaciones de para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, en resistencia y temperatura.

Este material solo está siendo utilizado por un contratista. Al igual que en los otros casos, el equipo de la Unidad de Auditoría Técnica realizó un análisis estadístico con los datos de las muestras ensayadas por el laboratorio de verificación de calidad, donde se obtiene un porcentaje total estimado de valores fuera de los rangos de trabajo (PFL) para los parámetros en estudio el cual se desglosa a continuación.

Tabla 9. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados de temperatura para las muestras ensayadas por CACISA de concreto de resistencia a compresión de 225kg/cm²

Contratista	Especificación	Número de muestras	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
		(n)		
MECO	20 ± 10°C	6	28,751	48,618
	225 mínimo	6	15,108	48,618

Se puede evidenciar que para los parámetros analizados se cumple holgadamente con el porcentaje permitido fuera de los límites de especificación. En los Gráficos 5 y 6 se puede observar los valores de cada uno de los datos individuales de resistencia a la compresión a los 28 días y temperatura de colocación respectivamente aportados por el laboratorio de verificación de calidad. Al igual que en los otros contratistas se nota que se ha ido disminuyendo la cantidad de datos fuera de los límites permitidos para la temperatura de colocación.

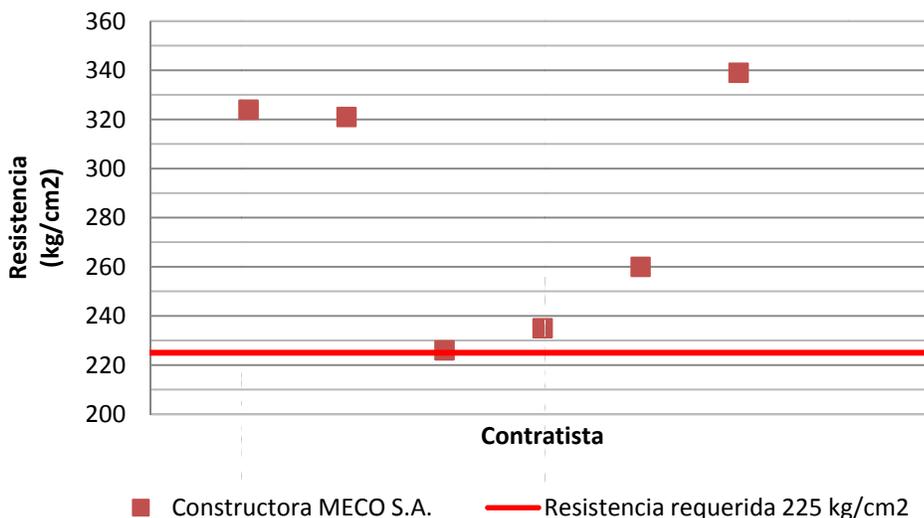


Gráfico 5. Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por CACISA para concreto con resistencia a la compresión a los 28 días de 225 kg/cm²

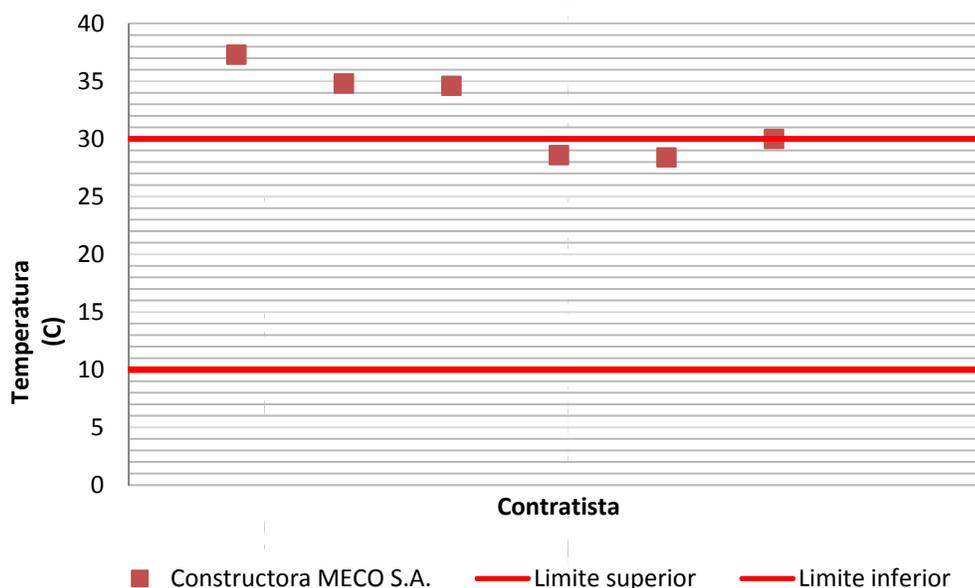


Gráfico 6. Valores de temperatura de colocación para las muestras de concreto ensayadas por CACISA para concreto con resistencia a la compresión a los 28 días de 225 kg/cm²

Es importante mencionar que este tipo de concreto específico se no fue muestreado por el equipo auditor por lo que no se pudieron comparar los valores de obtenidos por el laboratorio de control de calidad y el LanammeUCR.

Hallazgo 5. El concreto con resistencia a la compresión de 350kg/cm² a los 28 días cumple con las especificaciones de resistencia establecidas en el Manual de especificaciones de para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, en resistencia y temperatura.

Para este material el equipo de auditoría procedió a realizar el análisis estadístico para obtener el porcentaje fuera de los límites de especificación. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados de temperatura para las muestras ensayadas por CACISA de concreto de resistencia a compresión de 350kg/cm²

Contratista	Especificación	Número de muestras	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
		(n)		
Sánchez Carvajal	20 ± 10°C	40	4,428	34,433
	350 mínimo	40	0,205	34,433

Como se puede observar en la tabla anterior las características evaluadas están dentro de los límites permitidos según arroja el análisis estadístico. En el Gráfico 7 se pueden observar los valores individuales de la resistencia a la compresión para las muestras ensayadas.



Gráfico 7. Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por CACISA para concreto con resistencia a la compresión a los 28 días de 350 kg/cm²

En el Gráfico 8 se muestran los valores individuales de temperatura de colocación. Se observa que para este concreto, la temperatura la han mantenido con un estricto control en este apartado, al igual que se mantuvo con el concreto 280 kg/cm² para este mismo contratista durante toda la ejecución del proyecto.

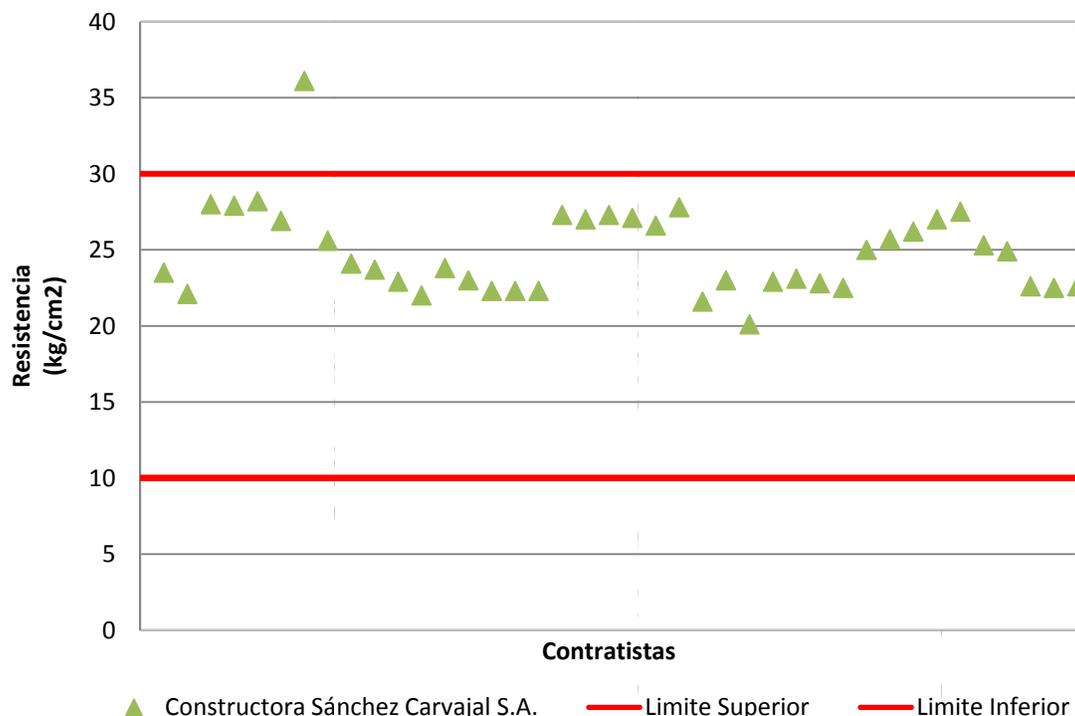


Gráfico 8. Valores de temperatura de colocación para las muestras de concreto ensayadas por CACISA para concreto con resistencia a la compresión a los 28 días de 225 kg/cm²

Al observar los valores que obtiene el Lanamme para este concreto (Tabla 11) se puede ver que no se cuenta con la cantidad mínima requerida para hacer el análisis estadístico. Sin embargo, se puede notar que presentan valores dentro de los límites permitidos (es importante recordar que para los elementos de losa la temperatura no puede superar los 25 grados centígrados).

Tabla 11. Resultados de las muestras ensayadas por el LanammeUCR de concreto de 350 kg/cm²

Informe	Identificación	Puente	Elemento	Temperatura	Contenido de aire	Revenimiento	Resistencia a
				(°C)	(%)	(mm)	28 días (kg/cm ²)
I-0627-14	M-1136-14	Tenorio	Losa	22,5	1,4	150	420
I-0627-14	M-1137-14	Salto	Vigas Centrales	28,5	1,4	185	380
I-1146-14	M-2096-14	Tenorio	Losa de aproximación	26,2	0,7	195	445

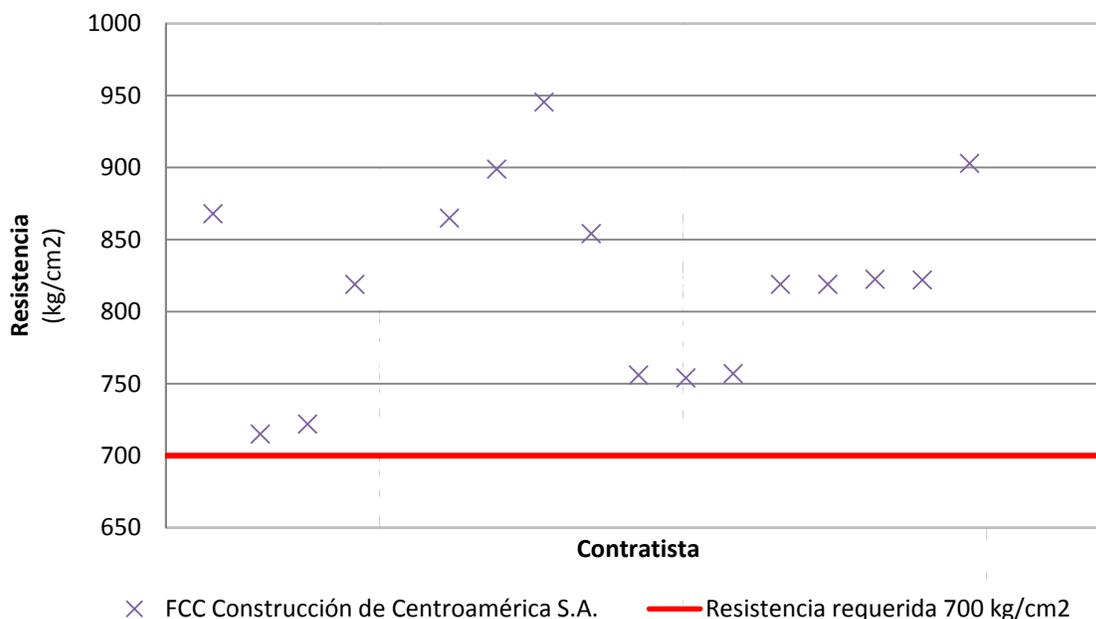
Hallazgo 6. El concreto con resistencia a la compresión de 700kg/cm² a los 28 días cumple con las especificaciones de resistencia establecidas en el Manual de especificaciones de para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010.

Finalmente, para el concreto de 700kg/cm² se realizó un análisis estadístico para la resistencia a la compresión, en este caso no se contaban con suficiente datos de temperatura de colocación para poder realizar el estudio. Sin embargo, se puede indicar que este tipo de concreto fue utilizado únicamente en las vigas de los puentes, por lo que la mayoría de las coladas fueron realizadas en una planta de prefabricado en donde el control de los materiales es más estricto que en campo. En la Tabla 12 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 12. Análisis estadístico del porcentaje fuera de los rangos estimados de temperatura para las muestras ensayadas por CACISA de concreto de resistencia a compresión de 700kg/cm²

Contratista	Especificación	Número de muestras	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
		(n)		
FCC	700 mínimo	17	5,424	40,726

Como se observa en la tabla anterior los valores fuera de los rangos permitidos son menores a máximo porcentaje fuera de los límites de la especificación. En el Gráfico 9 se observan los valores puntuales de resistencia a la compresión para este material.



b

Gráfico 9. Valores de resistencia a la compresión para las muestras de concreto ensayadas por CACISA para concreto con resistencia a la compresión a los 28 días de 700 kg/cm²

Para este material el Lanamme realizó muestreos del concreto en la planta de producción de elementos prefabricados de Productos de Concreto en Santa Ana. Como se puede observar todas las muestras cumplen con la resistencia solicitada. Para los elementos prefabricados no se cuentan con datos suficientes para poder realizar el análisis estadístico. Para el parámetro de temperatura de colocación se observa que las temperaturas son superiores a las permitidas en el apartado 552 del CR-2010.

Tabla 13. Resultados de las muestras ensayadas por el LanammeUCR de concreto de 700 kg/cm²

Informe	Identificación	Puente	Elemento	Temperatura	Contenido de aire	Revenimiento	Resistencia a
				(°C)*	(%)	(mm)	28 días (kg/cm ²)
I-0727-14	M-1309-14	Blanco	Vigas Prefabricadas	34,9	1,8	610	852
I-0973-14	M-0868-14	Riego Sur	Vigas Prefabricadas	36,0	1,8	685	920
I-0974-14	M-0869-14	Sandillal	Viga Prefabricadas	35,8	1,8	730	968

10. CONCLUSIONES

- Durante las visitas al proyecto se encontraron defectos constructivos producto de prácticas constructivas inadecuadas asociadas a mal detallado de los planos constructivos. La Administración es responsable de revisar y aprobar los procedimientos de reparación que presente el contratista, de manera que en el proyecto se cumpla con los estándares de calidad necesarios para asegurar la inversión pública y el desarrollo del proyecto acorde con la normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería.
- Durante las visitas realizadas al proyecto en el periodo de ejecución de esta Auditoría Técnica, se detectó que algunos elementos no estructurales se vienen construyendo diferente a lo indicado en los planos suministrados a esta Auditoría y a las especificaciones indicadas.
- Durante el desarrollo del proyecto, una de las estructuras presentó deficiencias en la resistencia del concreto por lo que la Administración, solicitó extracción de núcleos y puesto que la resistencia a la compresión no fue la indicada en la especificación se le solicitó al contratista que propusiera una solución al defecto encontrado. A criterio de esta auditoría la solución presentada no resuelve el problema ya que solo aumenta la capacidad estructural no así la durabilidad de la estructura. Además no se aplica a todo lo largo de la zona afectada.
- La aplicación de herramientas estadísticas para el control de procesos de producción de materiales que se incorporan a un proyecto, es de vital importancia ya que evalúan no sólo los resultados fuera de los límites de especificación, sino que también permiten conocer la magnitud de la variabilidad del proceso, brindando la oportunidad de inferir la probabilidad de que el material cumpla o no con el nivel de calidad establecido por las especificaciones como resultado de la variabilidad inherente del proceso. Además, la información generada es un indicador de la exactitud (cercanía al valor meta) y precisión (variabilidad) de un proceso productivo o constructivo, lo que permitirá tomar las acciones oportunas para corregir cualquier deficiencia o mejorar estos procesos.
- En el caso del parámetro de resistencia a la compresión para todos concreto sin importar resistencia, se cumple con la especificación establecida, ya que, el porcentaje de fuera de los límites de especificación es menor al establecido por el CR-2010.
- Los valores de temperatura de la mezcla de concreto han presentado incumplimientos en el límite superior pero se ha notado que ha ido disminuyendo el incumplimiento para este parámetro conforme avanza la ejecución del el proyecto.

11. 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

- Se recomienda velar por que las soluciones que presente el contratista para los defectos constructivos que se vayan presentando durante el desarrollo de la obra sean las adecuadas en aras de hacer un uso eficiente de los fondos públicos y de cumplir con las especificaciones del proyecto. En ese sentido es responsabilidad de la Administración asegurarse que las soluciones propuestas por el contratista respondan a las deficiencias encontradas y que aseguren la calidad de proyecto cumpliendo todos los estándares solicitados y las buenas prácticas de la ingeniería.
- Se recomienda llevar una inspección estricta durante la ejecución de la obra en todos los elementos, no sólo en los estructurales, ya que si bien es cierto el sistema estructural no se va a ver afectado en el corto plazo, se pueden presentar daños en el largo plazo que afecten la vida útil de la obra o su funcionalidad como tal.
- Se insta a la Administración a evaluar la posibilidad de solicitar la utilización de las especificaciones y normativa más actualizada con el fin de poder obtener obras de la mayor calidad posible.



Equipo Auditor

Ing. Víctor Cervantes Calvo.
Auditor Técnico, LanammeUCR

Ing. Francisco Fonseca Chaves.
Auditor Técnico, LanammeUCR

Aprobado por:

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

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, PhD.
Coordinador General Programa de Infraestructura del Transporte,

Visto bueno de legalidad

Lic. Miguel Chacón Alvarado.
Asesor Legal LanammeUCR

Visto bueno experto técnico

Ing. Roy Barrantes Jimenez.
Coordinador Unidad de Puentes, PITRA-LanammeUCR