



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



programa de infraestructura
del transporte

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-061-14

ANÁLISIS GENERAL DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y CALIDAD DE LOS MATERIALES

**PROYECTO: Mejoramiento de la Ruta Nacional No 152, sección:
Veintisiete de Abril-Villareal.
Cartel de Licitación Pública No 2011LN-000019-DI**



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 Preliminar Informe en versión final de Auditoría Técnica LM-PI-AT-061-14	2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: ANÁLISIS GENERAL DEL PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y CALIDAD DE LOS MATERIALES PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RUTA NACIONAL NO 152, SECCIÓN: VEINTISIETE DE ABRIL-VILLAREAL. CARTEL DE LICITACIÓN PÚBLICA NO 2011LN-000019-DI	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><i>Calidad del material de base estabilizada colocado en el proyecto: Los resultados de resistencia a la compresión de las muestras ensayadas de base estabilizada BE-25 por el LanammeUCR y del Departamento de Calidad del CONAVI son en general mayores al promedio establecido en el CR-77, en el primer caso el valor promedio es de 48,8 kg/cm² y en el segundo 46,0 kg/cm², por lo que son valores mayores al promedio en aproximadamente 19 kg/cm² y 16 kg/cm², respectivamente. Al igual que en el caso del LanammeUCR, el laboratorio de control de calidad reportó que la mayoría de los datos están por encima del promedio especificado, con un promedio de 45,4 kg/cm² para el grupo de datos en estudio lo que resulta en un aumento de casi 15,4 kg/cm² en la resistencia promedio requerida.</i></p> <p><i>Prácticas y procedimientos constructivos: Durante las visitas al proyecto se evidenciaron deterioros en la superficie imprimada de la base estabilizada con cemento, los cuales pueden ocasionar problemas en el desempeño funcional y estructural del pavimento. Al analizar 26 núcleos extraídos por el LanammeUCR, se observó que aproximadamente en el 23% de los especímenes se separaba la capa de base estabilizada de la capa de mezcla asfáltica.</i></p> <p><i>Por otro lado, al realizar una medición de espesores de la capa mezcla asfáltica a los especímenes analizados, se observó que el 73% de estos presentaban valores menores al valor especificado de 75mm, lo cual podría incidir en deterioros que se formen más rápido de lo esperado, ya que este espesor fue diseñado para brindar la capacidad y resistencia necesaria a la estructura de pavimento para soportar las solicitaciones del tránsito (TPD) y condición climáticas que debería soportar durante su periodo de vida.</i></p> <p><i>Porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica: De un análisis estadístico realizado a los datos presentado por LanammeUCR y por I.T.P. se evidenció que los valores de porcentaje de vacíos analizados para el proyecto se encuentran dentro del rango especificado.</i></p> <p><i>Índice de Regularidad Superficial: Pese a que este no es un parámetro cartelario en pro de la mejora continua, se realizó una medición del IRI, utilizando la especificación del CR-2010, la cual no se cumplió en el proyecto en estudio para ninguno de los valores especificados.</i></p>		
10. Palabras clave Índice de Regularidad Internacional, IRI, Espesores, Calidad de materiales, Resistencia Base Estabilizada	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 40



ANÁLISIS GENERAL DEL PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y CALIDAD DE LOS MATERIALES
Proyecto: *Mejoramiento de la Ruta Nacional No 152, sección: Veintisiete de Abril-Villareal.*
Cartel de Licitación Pública No 2011LN-000019-DI

Departamento encargado del proyecto: Gerencia de Construcción de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad, CONAVI

Empresa contratista: Constructora RAASA S.A.

Laboratorio de control de calidad: *I.T.P. Ingeniería en Pavimentos*

Monto original del contrato: $\text{¢}438.718.920,62$ (colones)

Plazo original de ejecución: El plazo máximo de ejecución de las obras es de 210 días naturales.

Proyecto: Construcción Mejoramiento de la Ruta Nacional No 152, sección: Veintisiete de Abril-Villareal. Cartel de Licitación Pública No 2011LN-000019-DI.

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

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

Audidores:

Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo, Auditora Técnica Líder
Ing. Mauricio Salas Chaves, Auditor Técnico Adjunto

Asesor Legal :

Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:

El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en el análisis de la información sobre la evaluación de la calidad de los materiales utilizados en el proyecto, con mayor detalle en la base estabilizada con cemento, que fue emitida por los laboratorios de control 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, se verificaron los espesores de la capa de mezcla asfáltica con la extracción de núcleos y se determinó la regularidad superficial del proyecto, utilizando el índice de regularidad superficial (IRI).



TABLA DE CONTENIDOS

1. FUNDAMENTACIÓN	6
2. OBJETIVO DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	6
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN	7
4. ANTECEDENTES	9
5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	10
6. ALCANCE DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	10
7. RESPONSABLES DEL PROYECTO	11
8. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR.....	11
9. MARCO TEORICO.....	12
VALORACIÓN ESTADÍSTICA DE LA CALIDAD DEL TRABAJO REALIZADO.....	12
ASPECTOS RELACIONADOS CON LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA BASE ESTABILIZADA BE-25.....	13
ESPECIFICACIONES DE ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) PARA COSTA RICA	15
10. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-PI-AT-061B-14	16
11. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	17
A. SOBRE LOS RESULTADOS DEL MATERIAL DE LA CAPA DE BASE ESTABILIZADA (BE-25) DEL PROYECTO DE ACUERDO A LOS DATOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR, EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD Y EL DEPARTAMENTO DE CALIDAD DE CONAVI.....	17
<i>OBSERVACIÓN 1. LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS CILINDROS DE BASE ESTABILIZADA BE-25 PRESENTAN EN GENERAL VALORES DE RESISTENCIA MAYORES AL VALOR PROMEDIO ESTABLECIDO EN LA ESPECIFICACIÓN DEL CR-77 DE 30 KG/CM²</i>	<i>17</i>
B. SOBRE LAS PRACTICAS Y PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS EN EL PROYECTO.	23
<i>OBSERVACIÓN 2. ALGUNAS SECCIONES DE LA SUPERFICIE DE LA BASE ESTABILIZADA DEL PROYECTO PRESENTAN DETERIOROS.</i>	<i>23</i>
C. SOBRE ASPECTOS DE LA CAPA DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	25
<i>OBSERVACIÓN 3. LA CAPA DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EN ALGUNAS SECCIONES DEL PROYECTO PRESENTA PROBLEMAS DE ADHERENCIA CON LA CAPA DE BASE ESTABILIZADA.....</i>	<i>25</i>
<i>HALLAZGO 1. LA CAPA DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PRESENTA VARIACIONES DE ESPESOR, CON VALORES MENORES A 75MM, A LO LARGO DEL PROYECTO.</i>	<i>28</i>
<i>OBSERVACIÓN 4. LOS VALORES DE PORCENTAJE DE VACÍOS ANALIZADOS PARA EL PROYECTO SE ENCUENTRAN DENTRO DEL RANGO ESPECIFICADO.</i>	<i>29</i>
D. SOBRE EL CALCULO DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI).....	32
<i>OBSERVACIÓN 5. EL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) DEL PROYECTO NO CUMPLE CON LA ESPECIFICACIÓN DEL CR-2010.....</i>	<i>32</i>
11. CONCLUSIONES.....	37
12. RECOMENDACIONES	39



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL PROYECTO	8
FIGURA 2. GRÁFICO TÍPICO DE CURVAS DE DETERIORO DE UN PROYECTO NUEVO.	24
FIGURA 3. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS.	25

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. TIPOS DE AGRIETAMIENTO ASOCIADOS A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS.	14
TABLA 2. DATOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE CILINDROS DE BASE ESTABILIZADA BE-25 DEL PROYECTO 27 DE ABRIL-VILLARREAL PARA EL LABORATORIO ITP	18
TABLA 3. DATOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE CILINDROS DE BASE ESTABILIZADA BE-25 DEL PROYECTO 27 DE ABRIL-VILLARREAL PARA EL LANAMMEUCR	19
TABLA 4. DATOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE CILINDROS DE BASE ESTABILIZADA BE-25 DEL PROYECTO 27 DE ABRIL-VILLARREAL PARA EL DEPARTAMENTO DE CALIDAD DE CONAVI.....	19
TABLA 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADO PARA LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD ITP PARA CILINDROS DE BASE ESTABILIZADA.	22
TABLA 6 DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DE LOS NÚCLEOS EXTRAÍDOS DEL PROYECTO VEINTISIETE DE ABRIL-VILLAREAL SEPARADOS DE LA BASE ESTABILIZADA.	26
TABLA 7. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADO PARA LOS ESPESORES DETERMINADOS POR LANAMMEUCR.	29
TABLA 8. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADO PARA LOS ESPESORES DETERMINADOS POR LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 9. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADO PARA EL PORCENTAJE DE VACIOS (%VA) DE LA MEZCLA ASFÁLTICA DEL PROYECTO, REALIZADO POR EL LANAMMEUCR	30
TABLA 10. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DEL PORCENTAJE FUERA DE LOS RANGOS ESTIMADO PARA EL PORCENTAJE DE VACIOS (%VA) DE LA MEZCLA ASFÁLTICA DEL PROYECTO, REALIZADO POR ITP.....	31
TABLA 11. DATOS DE PERCENTILES DEL PROYECTO COMPARADOS CON LA ESPECIFICACIÓN DEL CR-2010 ...	35
TABLA 12. VALORES PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL IRI DEL PROYECTO	36

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE BE-25 ENSAYADOS POR EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD (ITP).	20
GRÁFICO 2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE BE-25 ENSAYADOS POR LANAMMEUCR	20
GRÁFICO 3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE BE-25 ENSAYADOS POR DEPARTAMENTO DE CALIDAD, CONAVI.	21
GRÁFICO 4. ESPESORES DE NÚCLEOS MEDIDOS POR EL LANAMMEUCR (MM)	28
GRÁFICO 5.ESPESORES DE NÚCLEOS REPORTADOS POR EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD (MM)	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
GRÁFICO 6. VALORES DE PORCENTAJES DE VACÍOS DE LOS NÚCLEOS EXTRAÍDOS ANALIZADOS POR EL LANAMMEUCR.	30
GRÁFICO 7. VALORES DE PORCENTAJES DE VACÍOS DE LOS NÚCLEOS EXTRAÍDOS ANALIZADOS POR EL LANAMMEUCR.	32
GRÁFICO 8. VALORES INDIVIDUALES DE IRI PARA EL PROYECTO VEINTISIETE DE ABRIL-VILLAREAL	34
GRÁFICO 9. ANÁLISIS DE FRECUENCIA ACUMULADA DE VALORES DE IRI.....	35



INFORME EN VERSIÓN FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

ANÁLISIS GENERAL DEL PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y CALIDAD DE LOS MATERIALES DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RUTA NACIONAL No. 152, SECCIÓN: VEINTISIETE DE ABRIL-VILLAREAL. CARTEL DE LICITACIÓN PÚBLICA NO 2011LN-000019-DI

1. FUNDAMENTACIÓN

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

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

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

2. OBJETIVO DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

El objetivo de esta Auditoría Técnica realizada en el proyecto de contratación para el Mejoramiento de la Ruta Nacional No 152, sección: Veintisiete de Abril-Villareal. Cartel de Licitación Pública No 2011LN-000019-DI, es dar a conocer a la Administración, desde el punto de vista externo y constructivo, situaciones derivadas del análisis, con relación a la calidad de los materiales colocados en el proyecto, procesos constructivos observados durante las diferentes visitas realizadas por el equipo de Auditoría Técnica -LanammeUCR al sitio, medición de índice de regularidad superficial (IRI) y extracción de núcleos para medir espesores de la capa de mezcla asfáltica.

Se procura que este informe sea una herramienta que le permita a la Administración evaluar las condiciones en las que se desarrolló 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.

El presente informe tiene como objetivo realizar un análisis de los aspectos importantes en torno a la calidad de los materiales del proyecto y otros aspectos constructivos, en miras de la recepción definitiva del mismo. Adicionalmente, se pretende evaluar aspectos



relacionados con los procedimientos constructivos y de inspección acorde con la normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería civil e determinación de la regularidad superficial del proyecto.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN

El objeto del contrato de esta licitación fue contratar una persona física o jurídica para realizar los trabajos de Mejoramiento de la Ruta Nacional No, 152, sección de control 50261: Veintisiete de Abril-Villarreal.

Lo anterior conforme con:

- Las especificaciones técnicas contenidas en el Cartel de Licitación Pública N° 2011LN-000019-DI.
- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-77).
- Manual de Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica (MC-2002).
- Torno de Disposiciones para la Construcción y Conservación Vial.
- Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCCR).
- Código Sísmico de Costa Rica (2002)
- Ley No. 7600. Ley de igualdad de Oportunidades para las personas con Discapacidad.
- Las Normas para la Colocación de Dispositivos de Seguridad para Protección de Obras.
- Decreta ejecutivo No. 31363-MOPT del 02 de junio de 2003 (Reglamento de Circulación de por Carreteras con base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga).
- Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA).
- Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras (SIECA)
- Otras normas contenidas en las Especificaciones de la Secretaria de integración Económica Centroamericana (SIECA).
- Planos o esquemas y demás disposiciones contractuales.

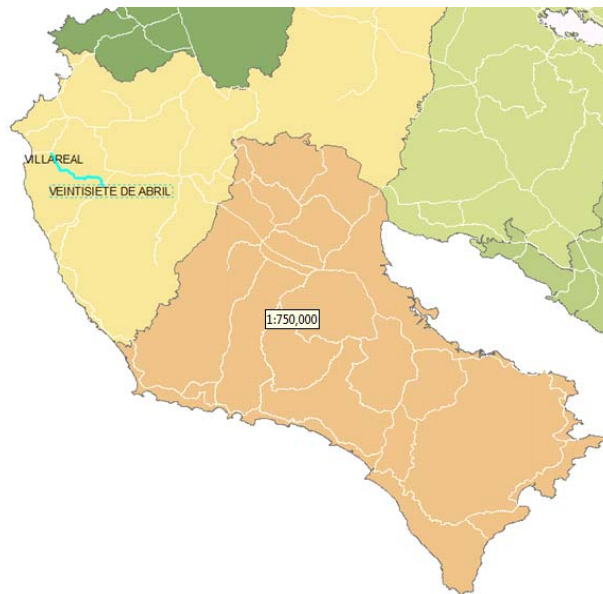


Figura 1. Ubicación del proyecto

El Proyecto se ubica en la provincia de Guanacaste en la Ruta Nacional No. 152. Inicia al final del puente sobre el Río Soncoyo, en las cercanías de la intersección de la Ruta Nacional No. 152 y la No.160 en la entrada a la población de Veintisiete de Abril, y finaliza en el poblado de Villarreal. (Información obtenida del Cartel de Licitación del proyecto).

La carretera existente estaba conformada por lastre, de espesor variable, con un ancho promedio de 11,00 (once) metros; la topografía presente es relativamente plana con unas pequeñas ondulaciones, los radios de curvatura son aceptables en algunos sectores y otros se modificaron, además el sistema de evacuación pluvial no era el más adecuado provocando con ello desbordamientos sobre la carretera, afectando las propiedades aledañas a la misma y la circulación vehicular y peatonal.

Los trabajos a realizar incluían las obras de terracería y de movimiento de tierra necesarios para dar cabida a la sección típica, misma que tendrá la siguiente estructura de pavimento:

- Conformar y compactar al 95% (noventa y cinco por ciento) del Próctor modificado.
- Colocar una subbase granular de 0,30 (cero coma treinta) metros de espesor compactado.
- Colocar una base granular estabilizada con cemento tipo Portland de 0,20 (cero coma veinte) metros de espesor compactado.
- Colocar una carpeta asfáltica de 0,075 (cero coma cero setenta y cinco) metros de espesor compactado
- Se deberá realizar la demarcación vial horizontal con pintura y captaluces en toda la longitud del proyecto y la colocación de las señales verticales que se indican en los planos constructivos o en su efecto la unidad supervisora del proyecto.
- Además se realizará la limpieza, adecuación, ampliación y/o sustitución de las obras de drenaje menor. En cuanto a los estudios de drenaje mayor se construirán puentes con sección transversal a 2 (dos) vías.



4. ANTECEDENTES

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

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-012-2014	19/02/2014	Oficio de inicio de auditoría técnica externa y solicitud de información del proyecto.	-
LM-AT-023-2014	13/03/2014	Recordatorio de solicitud de información	GCTI-14-0393 03/04/2014
LM-IC-D-0310-14	08/04/2014	Nota informe en relación al deterioro en la superficie imprimada de la base estabilizada del proyecto.	-
LM-IC-D-0519-14	18/06/2014	Nota informe sobre resistencia a la compresión de cilindros de base estabilizada del proyecto	-
LM-AT-087-14	28/07/2014	Solicitud de actualización de los datos de control y verificación del calidad del proyecto	GCTI-14-0889 29/08/2014
LM-AT-091-14	08/08/2014	Respuesta al oficio AUOF-10-14-0262 del 27/06/014	AUOF-10-14-0262 27/06/014
LM-AT-095-14	05/09/2014	Respuesta con información complementaria al oficio AUOF-10-14-0262 del 27/06/014	
LM-AT-106-14	01/10/2014	Solicitud de información	
LM-AT-120-14	03/11/2014	Envío Informe preliminar LM--PI-AT-061B-14	GCTI-12-14-1268 25/11/2014 GCTI-12-14-1355 03/12/2014

- No se recibió respuesta



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.

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 analizaron los resultados de ensayos de los laboratorios de control de calidad del proyecto, ensayos de regularidad y extracción de núcleos.

6. ALCANCE DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en la recopilación y análisis de la información sobre la evaluación de la calidad de los materiales utilizados en el proyecto, con mayor detalle en la base estabilizada con cemento, que fue emitida por los laboratorios de control 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. Además, se verificaron los espesores de la capa de mezcla asfáltica con la extracción de núcleos y se determinó la regularidad superficial del proyecto, utilizando el índice de regularidad superficial (IRI).

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 encontraba en proceso constructivo durante la ejecución de la auditoría técnica. 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.



7. RESPONSABLES DEL PROYECTO

a) Responsables por parte de la Administración:

- Entidad ejecutora del contrato: Gerencia de Construcción de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad, CONAVI
- Laboratorio de Verificación de Calidad, por parte de la Administración: la verificación de calidad está a cargo de laboratorio I.T.P. que es el organismo de ensayo encargado de efectuar los ensayos de verificación de calidad a los materiales y procesos constructivos que realiza el Contratista en este proyecto.

b) Responsables por parte de la empresa constructora:

- Contratista: La empresa Contratista "Constructora RAASA S.A.", adjudicataria del proyecto de mejoramiento de la Ruta Nacional No 152, sección: Veintisiete de Abril-Villareal. Cartel de Licitación Pública No 2011LN-000019-DI

8. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR

- Ing. Wendy Sequeira Rojas MSc. (Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica)
- Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo (Auditora Técnica Líder)
- Ing. Mauricio Salas Chaves (Auditor Técnico Adjunto)
- 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 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, pese a que se conoce que este documento no es contractual este análisis se realiza por los motivos antes descritos.

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

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



Aspectos relacionados con la resistencia a la compresión de la base estabilizada BE-25

A manera de antecedente cabe recalcar que el criterio del LanammeUCR en cuanto a lo descrito en la sección 308 “Base Estabilizada con Cemento Portland” del CR-77, queda expresado en el oficio LM-PI-044-12 emitido el 07 de mayo de 2012 al Director Ejecutivo de CONAVI en función, Ing. José Luis Salas Quesada.

En este oficio se expresa que de acuerdo con lo establecido en la sección del CR-77 antes mencionada, se establece que la totalidad de los resultados de ensayo de resistencia a la compresión de bases estabilizadas BE-25 ensayadas, deben mostrar un valor promedio de 30 kg/cm^2 , sin que se obtenga valores menores a 21 kg/cm^2 . Acá cabe destacar una de las principales confusiones de esta norma ya que no se indica explícitamente un valor de límite superior para la especificación, por lo que el objetivo de dicho oficio es aclarar la posición del LanammeUCR en cuanto a la interpretación de las especificaciones dadas en el CR-77.

A saber, pese a no expresarse claramente en la especificación un límite superior, con herramientas estadísticas elementales es posible inferir, a partir de los límites anteriormente indicados, un valor máximo y una desviación estándar asociada que permita cumplir simultáneamente ambos requisitos de resistencia a la compresión de bases estabilizadas con cemento.

Por ejemplo, utilizando la metodología de “Evaluación Estadística del Trabajo, sección 107.05 del CR-2010 o en su defecto el Anexo A “Especificaciones Especiales para el pago en función de la Calidad” del Cartel de Licitación de este proyecto (metodología similares), se puede calcular la desviación estándar máxima aceptable para una muestra dada, que de manera simultánea cumpla con los valores de resistencia mínima y resistencia promedio (21 y 30 kg/cm^2 respectivamente).

Este tipo de metodología se utilizó en el análisis de los resultados obtenidos en el presente informe de auditoría (LM-AT-061B-14), donde se obtuvo un valor máximo de resistencia a la compresión para bases estabilizadas BE-25 de 39 kg/cm^2 , y a partir de este dato se definió el cumplimiento de la especificación del CR-77.

Para calcular mediante inferencia estadística la desviación estándar máxima aceptable para una muestra dada (que para este caso asume 30 muestras, una por cada día de colocación de base estabilizada en un mes), que de manera simultánea cumpla con los valores de resistencia mínima y resistencia promedio (21 y 30 kg/cm^2 respectivamente).

Cabe destacar que el análisis propuesto parte del supuesto de que los datos se comportarán de acuerdo con una distribución normal, lo que permite inferir un límite máximo aceptable, que aunque no esté especificado de forma explícita, es conocido que debe controlarse debido a los problemas de fisuración por contracción que pueden tener las bases estabilizadas con cemento.

No es recomendable dar a la capa de base estabilizada un exceso de resistencia, debido a que al ser tan rígida, se vuelve muy susceptible al agrietamiento, con la consecuencia de que las grietas que se forman se reflejarán en las capas que se colocarán sobre la base.

En función de la resistencia a compresión a 7 días se puede estimar cualitativamente, el agrietamiento de las bases estabilizadas con cemento según el siguiente criterio:

Tabla 1. Tipos de agrietamiento asociados a la resistencia a la compresión a los 7 días.²

Resistencia a la compresión, 7 días	Tipo de Agrietamiento
$R_c 7 \leq 20 \text{ kg/cm}^2$	Agrietamiento muy leve o imperceptible
$20 \text{ kg/cm}^2 \leq R_c 7 \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	Agrietamiento de muy leve a leve
$30 \text{ kg/cm}^2 \leq R_c 7 \leq 40 \text{ kg/cm}^2$	Agrietamiento de leve a moderado
$40 \text{ kg/cm}^2 \leq R_c 7 \leq 55 \text{ kg/cm}^2$	Agrietamiento de moderado a alto
$R_c 7 \geq 60 \text{ kg/cm}^2$	Agrietamiento de alto a severo

Rc 7: Resistencia a la compresión a los 7 días

El agrietamiento de la base estabilizada, especialmente a un nivel igual o inferior al aquí señalado como moderado, no afecta negativamente, ni la vida útil ni el desempeño a largo plazo de la estructura del pavimento, siempre y cuando el diseño en laboratorio así como el proceso constructivo y de control de calidad de la base se haya ejecutado correctamente. Desde luego se supone que el diseño estructural y el mantenimiento del pavimento se realizan de forma adecuada.

Es importante, durante la formulación del diseño, realizar un adecuado diseño de la base estabilizada para encontrar el porcentaje óptimo de cemento que se le debe agregar al material a estabilizar, de manera que se pueda alcanzar la resistencia requerida con el mínimo cemento posible, para así maximizar el uso de los recursos.

En bases estabilizadas el objetivo es tener un diseño de mezcla balanceado, en donde el cemento que se utiliza (que está asociado al valor de resistencia a la compresión a alcanzar) sea suficiente para que la base estabilizada resultante sea resistente, durable y relativamente impermeable, pero no tanto como para que genere otros tipos de deterioros en el pavimento, esto de acuerdo con la Guía de Bases Tratadas con Cemento (CTB) de la PCA (Portland Cement Association).

También es importante señalar que el control de la calidad y aceptación de la resistencia a la compresión de la base estabilizada debe hacerse única y exclusivamente tal como está establecido en la documentación contractual (CR-77), con los resultados del ensayo AASTHO T-1343 "Método estándar de ensayo para las relaciones humedad densidad de las mezclas suelo cemento" (según CR-77) ó ASTM D1633 (según cartel de licitación), que establece claramente que los especímenes de ensayo se preparan mediante moldeo Próctor compactado al 100% de la densidad máxima para un tiempo de curado de 7 días.

Sin bien es cierto los datos de falla de núcleos se pueden utilizar para revisiones, comparaciones o verificaciones de los resultados y el estado del proyecto en general, estos no deberán ser utilizados como base de aceptación y pago, ya que el único medio para obtener la resistencia para pago es mediante los ensayos indicados anteriormente, con especímenes característicos con una edad de resistencia ya definida por la especificación.

² Publicación técnica "Experiencia costarricense en diseño, aseguramiento de la calidad y construcción de bases estabilizadas con cemento". Volumen 1, Número 1, LanammeUCR Marzo 2012

³ La norma equivalente ASTM D558.



Especificaciones de Índice de Regularidad Internacional (IRI) para Costa Rica

En el caso de Costa Rica en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010, en el apartado 401.16 "Control de regularidad (IRI) en carpetas de mezclas asfálticas en caliente" se indica lo siguiente: "...Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad aceptable, si todos los promedios consecutivos de diez valores de IRI tienen un valor igual o inferior al indicado en la siguiente tabla y ninguno de los valores individuales supera 3,0 m / km.

Porcentaje de m/km	Rodadura e Intermedia	
	Tipo de vía	
	Autopistas y Vías concesionadas	Resto de Vías
50	<1,5	<1,5
80	<1,8	<2,0
100	<2,0	<2,5

Las irregularidades que excedan las tolerancias especificadas, así como las zonas que retengan agua sobre la superficie, deberán ser corregidas según las instrucciones del Ingeniero de Proyecto.

El IRI medio en el caso de las autopistas y vías concesionadas será como máximo de 1,69; del resto de vías 1,85 y el de otras capas bituminosas 2,35.

Si se asume una distribución normal para la serie de valores de IRI, los percentiles que se muestran anteriormente permiten definir un valor promedio de 1,85 m/km y una desviación (σ) de 0,39 m/km, que será la máxima aceptable".⁴

⁴ Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010. Costa Rica, 2010.



10. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-PI-AT-061B-14

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-120-14 del 03 de noviembre de 2014 se envía el informe preliminar LM-PI-AT-061B-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 10 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe para el envío de comentarios al informe preliminar.

Posterior al envío del informe preliminar se le brinda audiencia a la parte auditada para que se refiera al informe preliminar, el día 25 de noviembre de 2014 a las 9:00am en las instalaciones del LanammeUCR en donde se realizó la presentación del informe LM-PI-AT-061B-14 en su versión preliminar y en la que participaron los ingenieros Ing. Alexander Guerra Morán y el Ing. Alejandro Nieves Rodríguez de parte de Consejo Nacional de Vialidad, CONAVI. Así como los auditores encargados del informe Ing. Mauricio Salas Chaves y la Ing. Ana Elena Hidalgo, la coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica-PITRA LanammeUCR, Ing. Wendy Sequeira Rojas.

El día 04 de diciembre de 2014, se recibe el oficio GCTI-12-14-1268 con fecha del 25 de noviembre de 2014, remitido por el Ingeniero de proyecto Veintisiete de Abril-Villareal, Ing. Alejandro Nieves de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de CONAVI, en el cual se solicita una prórroga al plazo de entrega del documento de descargo del informe preliminar LM-PI-AT-061B-14, hasta el 05 de diciembre de 2014.

La prórroga es concebida por parte de la Unidad de Auditoría Técnica del PITRA-LanammeUCR, considerando la importancia que tiene para el proceso de auditoría técnica. El mismo 04 de diciembre de 2014, se recibe el oficio GCTI-12-14-1322, con fecha del 03 de diciembre de 2014, donde la el ingeniero y director del proyecto en cuestión remiten las observaciones generadas a partir de la presentación y entrega del informe LM-PI-AT-061B-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-061-14 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 LOS RESULTADOS DEL MATERIAL DE LA CAPA DE BASE ESTABILIZADA (BE-25) DEL PROYECTO DE ACUERDO A LOS DATOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR, EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD Y EL DEPARTAMENTO DE CALIDAD DE CONAVI.

Observación 1. La resistencia a la compresión de los cilindros de Base Estabilizada BE-25 presentan en general valores de resistencia mayores al valor promedio establecido en la especificación del CR-77 de 30 kg/cm².

Para realizar un diagnóstico de la resistencia de la base estabilizada colocada en el proyecto de Mejoramiento de la Ruta Nacional No.152, Sección 27 de Abril-Villarreal. Contratación Directa 2013LN-000061-0DO00, se realizó un análisis de los resultados de los ensayos a cilindros de base muestreados por parte del laboratorio del LanammeUCR en los meses de abril y julio del 2014.

Adicionalmente, se le solicitó a la Administración la información del control de calidad del proyecto mediante el oficio LM-AT-012-14 del 21 de febrero del 2014 y el oficio LM-AT-023-14 del 13 de marzo del 2014. El 04 de abril del 2014 se recibe el oficio GCTI-14-0393, con la información solicitada en los oficios anteriores. Posteriormente, en el oficio LM-AT-087-14 del 28 de julio del 2014 se envía un oficio solicitando la actualización de la información y se recibe el oficio GCTI-14-0889 el 29 de agosto del 2014 con dicha información. Por último, se analizó la información de resistencia a la compresión de cilindros de BE-25 del Departamento de Calidad de CONAVI, informes DGL-0058-14, DGL-0048-14, DGL-0045-2014 y DGL-0044-2014.

A continuación se presentan las siguientes tablas con la información detallada para cada una de las fuentes analizadas.

Tabla 2. Datos de resistencia a la compresión a los 7 días de cilindros de base estabilizada BE-25 del proyecto 27 de Abril-Villarreal obtenidos por el laboratorio ITP

Información General			Resistencia	
Muestra	Estación	Fecha	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Desviación Estándar.
LB-12-14	-	09/01/14	34	1,53
LB-085-14	13+100 LI	30/01/14	40	1,15
LB-087-14	12+800	31/01/14	40	1,53
LB-322-14	5+800 LD	30/03/14	46	1,73
LB-324-14	5+050 LD	31/03/14	41	5,13
LB-325-14	4+700 LD	01/04/14	57	0,58
LB-341-14	4+120 LI	05/04/14	42	0,58
LB-342-14	3+900 LI	07/04/14	42	0,00
LB-354-14	3+450 LI	08/04/14	44	1,53
LB-379-14	3+800 LD	10/04/14	45	0,00
LB-413-14	4+450 LD-LI	22/04/14	47	4,51
LB-414-14	3+400 LD	23/04/14	46	2,31
LB-415-14	2+350 LD	25/04/14	47	0,58
LB-438-14	2+350 LD	26/04/14	44	3,79
LB-439-14	2+150 LI	27/04/14	44	1,53
LB-440-14	1+875 LI	29/04/14	43	2,31
LB-441-14	1+730 LI	30/04/14	46	2,00
LB-446-14	1+410 LD	01/05/14	46	0,58
LB-467-14	0+820 LI	08/05/14	58	1,15
LB-470-14	0+850 LI	09/05/14	48	0,58
LB-501-14	0+550 LI	14/05/14	53	0,58
LB-501-14	0+490 LD	15/05/14	42	2,52
LB-533-14	5+450 LI	21/05/14	37	0,58
Promedio (kg/cm²)			46	

- No se proporciona información al respecto

Tabla 3. Datos de resistencia a la compresión a los 7 días de cilindros de base estabilizada BE-25 del proyecto 27 de Abril-Villarreal obtenidos por el LanammeUCR

Información General				Resistencia	
Informe	Muestra	Estación	Fecha	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Desviación Estándar
I-0595-14	0632-14	7+510	01/04/14	39	1,93
	0789-14	4+500	14/05/14	46	1,42
I-0569-14	1130-14	5+390	20/05/14	61	3,56
Promedio (Kg/cm²)				49	

Tabla 4. Datos de resistencia a la compresión a los 7 días de cilindros de base estabilizada BE-25 del proyecto 27 de Abril-Villarreal obtenidos por el Departamento de Calidad de CONAVI.

Información General				Resistencia	
Informe	Muestra	Estación	Fecha	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Desviación Estándar
DGL-0058-2014	-	-	03/04/14	65	2,6
DGL-0048-2014	-	9+750	06/03/14	59	6,4
DGL-0045-2014	-	9+730	26/02/14	27	1,4
DGL-0044-2014	-	9+500	26/02/14	27	0,9
Promedio (kg/cm²)				45	

- No se proporciona información al respecto

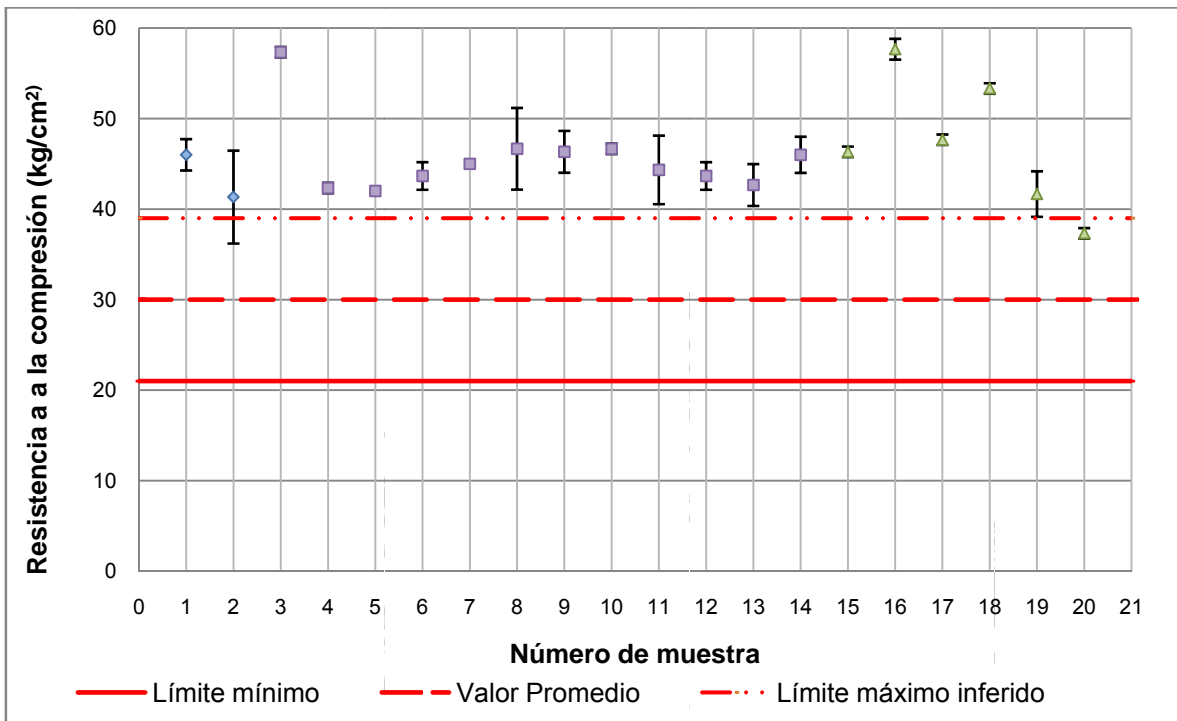


Gráfico 1. Resistencia a la compresión de cilindros de BE-25 ensayados por el laboratorio de Control de Calidad (ITP).

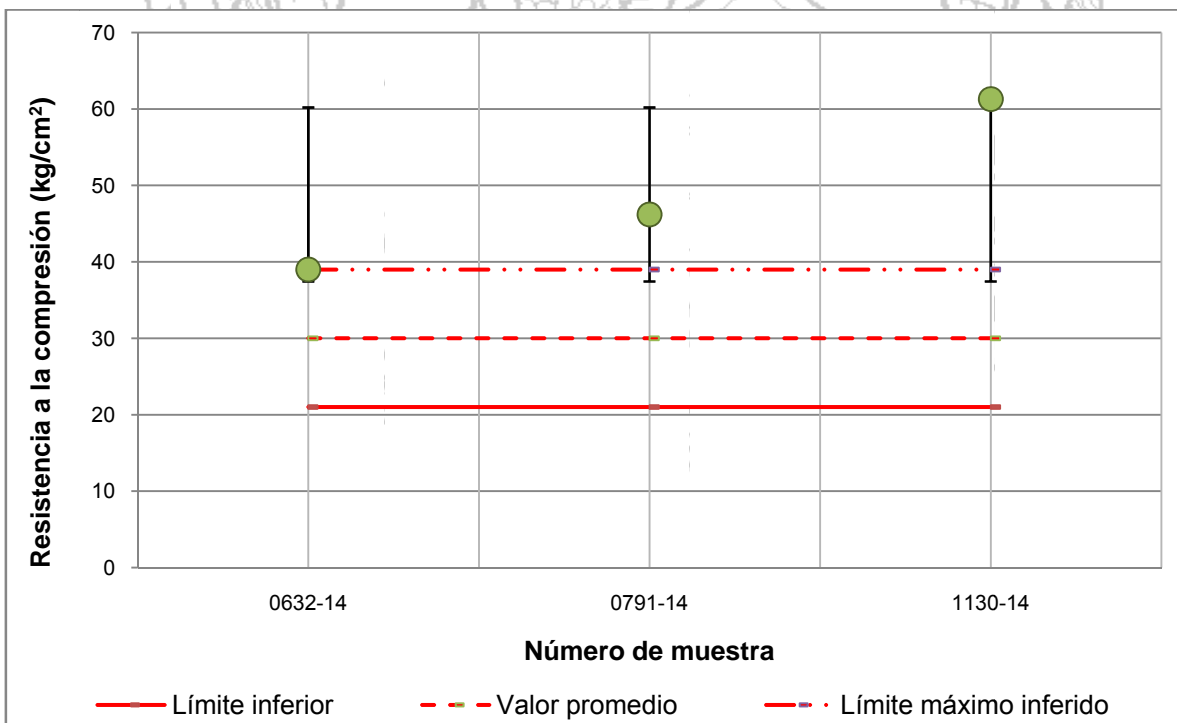


Gráfico 2. Resistencia a la compresión de cilindros de BE-25 ensayados por LanammeUCR

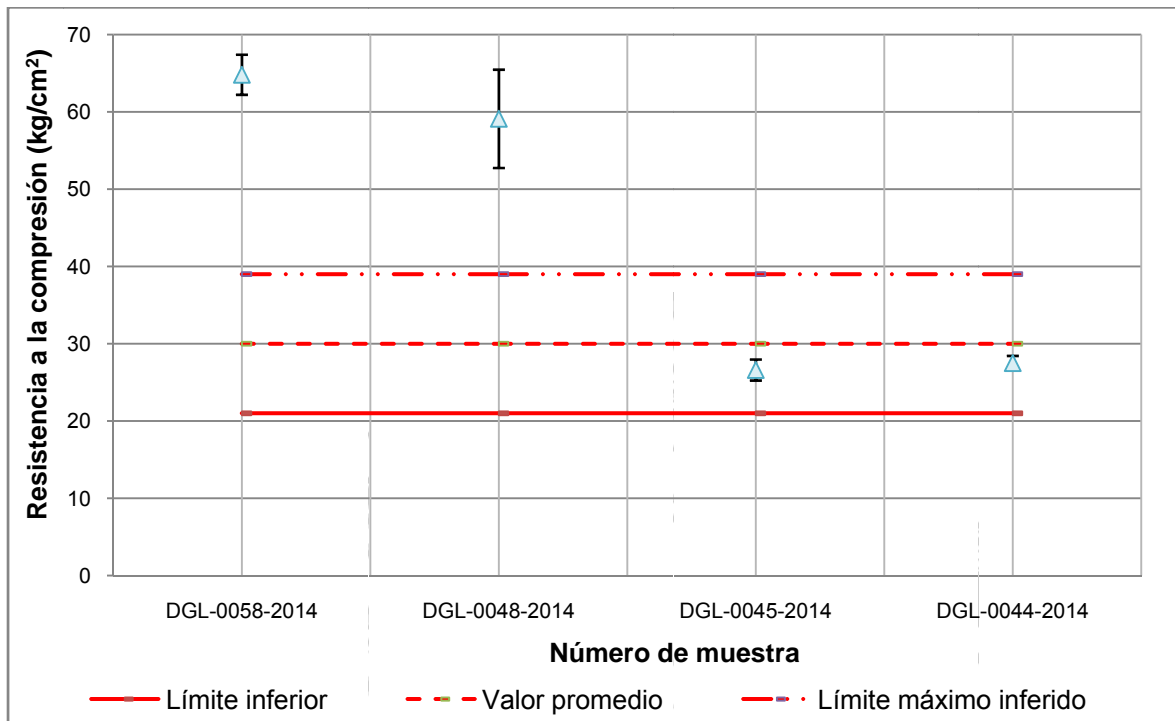


Gráfico 3. Resistencia a la compresión de cilindros de BE-25 ensayados por Departamento de Calidad, CONAVI.

En general como se pudo observar de las tablas y los gráficos anteriormente mostrados, para las tres fuentes de información analizadas los datos de resistencia a la compresión de los cilindros de base estabilizada BE-25, presentan valores mayores al valor promedio de 30kg/cm^2 establecido en la especificación del CR-77, en el caso de los datos analizados para el laboratorio de control de calidad el promedio de la resistencia a la compresión para la muestra analizada fue de $46,0\text{kg/cm}^2$, aproximadamente 16kg/cm^2 superior al promedio y 7kg/cm^2 mayor al valor máximo inferido. En el caso de la muestra analizada por el LanammeUCR el promedio fue de $48,8\text{kg/cm}^2$ aproximadamente 18kg/cm^2 superior al promedio y 9kg/cm^2 mayor al valor máximo inferido y por último en el caso de Departamento de Calidad de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de CONAVI para las 4 muestras analizadas se obtiene un valor promedio de $44,5\text{kg/cm}^2$ aproximadamente 15kg/cm^2 superior al promedio y 6kg/cm^2 mayor al valor máximo inferido.

Utilizando como base el criterio expuesto en el oficio LM-PI-044-12 emitido el 07 de mayo de 2012 al señor Director Ejecutivo de CONAVI en ese periodo, Ing. José Luis Salas Quesada, y 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; el equipo de auditoría técnica realizó un análisis estadístico con base en las muestras ensayadas por el Laboratorio del Control de Calidad (ITP).

El cartel de licitación y la especificación del CR-77 no detalla de forma explícita el valor máximo de resistencia a la compresión de cilindros de base estabilizada, pero este valor se

puede inferir de 39kg/cm² mediante un proceso estadístico, como se describe en la sección 9. Marco Teórico de este informe de auditoría técnica.

Realizando este análisis se obtiene un porcentaje total estimado fuera de los rangos de trabajo (porcentaje defectuoso, PT) de 91,2%, de acuerdo a la tabla C107-1 de la sección CR-2010 para una muestra de 20 datos el valor permitido es de 39,8%. (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Análisis estadísticos del porcentaje fuera de los rangos estimado para las muestras ensayadas por el laboratorio de control de calidad ITP para cilindros de base estabilizada.

Parámetro	Categoría	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
BE-25	II	20	91,2	39,8

Cabe recalcar que no es recomendable dar a la capa de base estabilizada un exceso de resistencia, debido a que con una rigidez excesiva, se vuelve susceptible al agrietamiento, con la consecuencia de que las grietas que se forman se reflejarán en las capas que se colocarán sobre la base.

Además, a partir de los puntos señalados anteriormente, podemos decir que es posible que en el campo, durante el desarrollo del proceso constructivo, no se esté dosificando un porcentaje óptimo de cemento al material a estabilizar, por lo que es importante reforzar la inspección y control de calidad de manera que se pueda alcanzar la resistencia requerida con el porcentaje de cemento establecido en el diseño, para así maximizar el uso de los recursos.

Tal y como se mencionó en el marco teórico de este informe, en bases estabilizadas el objetivo es tener un diseño de mezcla balanceado, en donde el cemento que se utiliza (que está asociado al valor de resistencia a la compresión a alcanzar) sea suficiente para que la base estabilizada resultante sea resistente, durable y relativamente impermeable, pero no tanto como para que genere otros tipos de deterioros en el pavimento, esto de acuerdo con la Guía de Bases Tratadas con Cemento (CTB) de la PCA (Portland Cement Association).

En el oficio GCTI-14-0393 se adjunta el informe de ITP-719-13 donde se detalla el diseño de la base estabilizada con cemento tipo UG (Uso General) para una resistencia promedio de una BE-25 de acuerdo al CR-77. En este informe se detalla que el porcentaje de cemento óptimo es de 6,5%, para una cantidad de cemento de 2,5 sacos/m³ y una resistencia promedio de 32 kg/cm², la cual se justifica en este informe indicando que: ... *"para minimizar las diferentes variables en la ejecución en campo, y que podrían dar como resultado alguna tendencia a la baja en la resistencia"*... Este valor es mayor al valor promedio de 30 kg/cm² establecido en la especificación del CR-77.

Asimismo, en el oficio GCTI-12-14-1322 de fecha 03 de diciembre de 2014 la ingeniería de proyecto menciona que: "... se aumentó la dosificación indicada en el diseño en medio saco por metro cúbico, es decir, se utilizaron 3 sacos/m³ en total. Este aumento se realizó de acuerdo con un análisis costo-beneficio que consideró *"los tipos de suelos, arcillas*

expansivas, materiales meteorizables, materiales con un alto grado de degradación, además de coeficientes altos de pulimento"..., según se indica en este mismo oficio. Este análisis no fue suministrado a la Auditoría Técnica, sin embargo, es importante recalcar que cualquier cambio en la dosificación de los materiales utilizados debió estar justificado mediante un nuevo diseño y ser aprobado por la Administración para poder ser utilizado en el proyecto, según lo establece la especificación del CR-77.

B. SOBRE LAS PRACTICAS Y PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS EN EL PROYECTO.

Observación 2. Algunas secciones de la superficie de la base estabilizada del proyecto presentan deterioros.

Durante las visitas realizadas al proyecto durante el periodo del desarrollo de la auditoría técnica, se evidenciaron deterioros en la superficie imprimada de la base estabilizada con cemento. Como se puede observar en las siguientes fotografías, la superficie de la base estabilizada presenta huecos, deformaciones, pérdida de material y deterioro de la capa de imprimación en múltiples puntos del proyecto.



Fotografías 1 y Fotografías 2. Deterioro en la superficie de la base estabilizada.
Estacionamiento 12+011 Fecha 25/03/2014



Fotografías 3 y Fotografías 4. Deterioro en la superficie de la base estabilizada.
Estacionamiento 12+250 Fecha 25/03/2014

Estos deterioros pueden obedecer a un período extenso desde el momento en que finalizó la estabilización de la base con cemento y su protección con el sello de imprimación hasta la colocación de la capa de mezcla asfáltica, periodo en el cual la vía se mantuvo abierta parcialmente al tránsito vehicular. Al exponerse la superficie al tránsito de vehículos considerando además las condiciones climáticas experimentadas, el sello de imprimación sufrió desprendimientos continuamente hasta que se formaron huecos en la superficie de la base estabilizada, con una inminente pérdida de material y algunas deformaciones leves, tal como se muestra en la Fotografías anteriores.

El posible efecto de estos desprendimientos y huecos es un debilitamiento en la superficie de la base estabilizada con cemento, variando las condiciones de capacidad de soporte puntuales para las que fue diseñada. Además, se puede generar una compactación inadecuada de la capa asfáltica de rueda por colocar sobre la base, al generarse espesores variables sobre las irregularidades de la capa de apoyo.

Por otra parte, las deficiencias de regularidad superficial de la base estabilizada podrían reflejarse en la superficie final del pavimento, razón por la cual se recomienda como una buena práctica de ingeniería en carreteras que la regularidad superficial de la capa de base debe poseer un estándar aceptable para que la superficie resultante de la capa asfáltica final resulte adecuada. El no controlar este aspecto implica un posible aumento de la irregularidad superficial y por consiguiente un aumento en los costos de operación de los vehículos que usen la vía y un aumento en la tasa de deterioro del pavimento por el efecto dinámico de las cargas del tráfico.

Asimismo, es importante considerar que al colocar una capa de mezcla asfáltica en caliente sobre una base estabilizada con cemento deteriorada, ésta pueda presentar un desempeño estructural y funcional que no es compatible con lo que se espera de la calidad de un proyecto en la etapa de construcción de acuerdo con su diseño.

Es conocido que una curva de deterioro de un proyecto nuevo decae más rápidamente cuando posee condiciones desfavorables en su calidad inicial (curva 1 en la Figura 2), que una donde se cumple a cabalidad con un proceso constructivo eficiente y efectivo de acuerdo al diseño e inicia su vida útil con una condición óptima (curva 2 en la Figura 2). Esto significaría que a futuro se debería hacer mayores inversiones en conservación y a un plazo menor desde el inicio de su vida útil, del que se podría programar para un desempeño esperado.

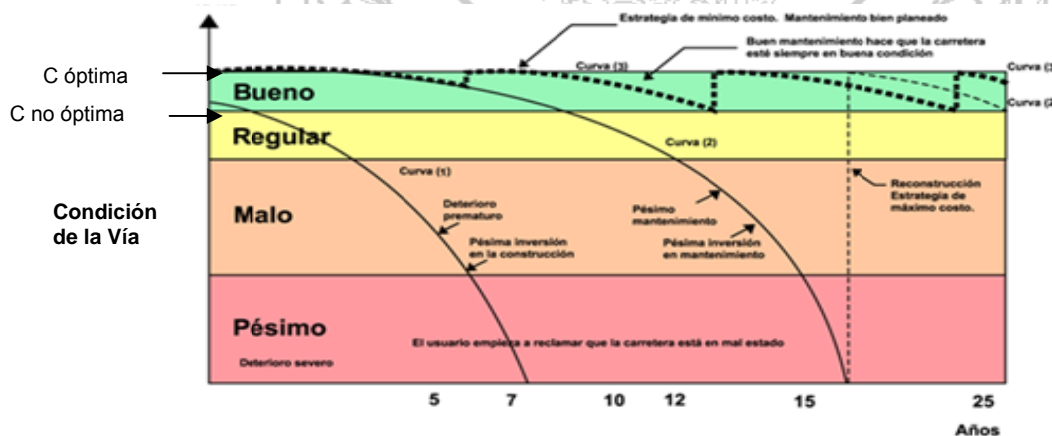


Figura 2. Gráfico típico de curvas de deterioro de un proyecto nuevo.

De acuerdo con todos los puntos expresados, es criterio de esta Auditoría Técnica que los deterioros evidenciados en la base estabilizada deben ser evitados a través de la aplicación rigurosa de la normativa referente al tema, las buenas prácticas de ingeniería y la implementación de las recomendaciones que se han emitido en anteriores informes de la Unidad de Auditoría Técnica del PITRA, LanammeUCR. Cabe recalcar que esta información fue manifestada de forma previa a este informe, a la Administración mediante el oficio LM-IC-D-0310-14 emitido el 08 de abril del 2014, tal y como se menciona en la sección 4. *Antecedentes*, del presente informe.

C. SOBRE ASPECTOS DE LA CAPA DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Observación 3. La capa de mezcla asfáltica en caliente en algunas secciones del proyecto presenta problemas de adherencia con la capa de base estabilizada.

Los días 23 y 24 de julio de 2014 se realizó la extracción de 26 núcleos de mezcla asfáltica del proyecto de manera aleatoria y alternando carriles. En la Figura 3 se muestra la ubicación de dichas extracciones.

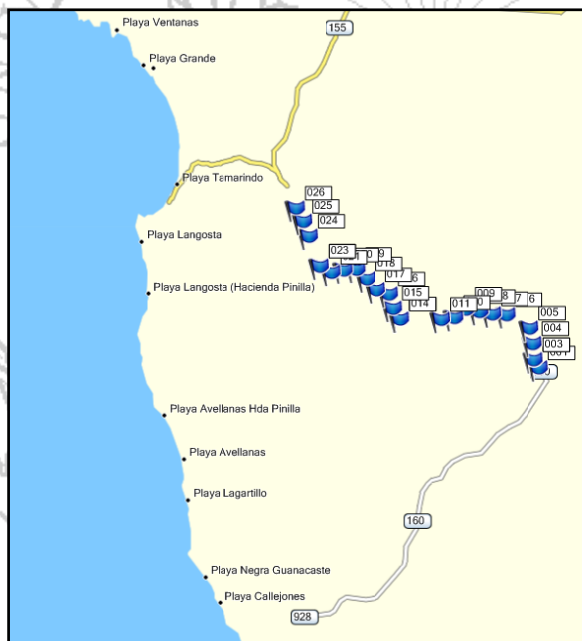






Figura 3. Localización de los puntos de extracción de núcleos.



Al realizar una evaluación visual a los núcleos, se observó claramente en la mayoría de ellos dos capas que componen el espesor total de la capa de mezcla asfáltica. La primera de ellas de un espesor entre 2 a 3 cm y la siguiente de un espesor mayor aproximado de 5 cm. Ambas capas se encuentran unidas en los núcleos extraídos. En el caso de la unión de la capa de mezcla asfáltica con la de base estabilizada, en seis de los veintiséis núcleos

(aproximadamente 23%) se desligaron al hacer la extracción. Cuatro especímenes extraídos de los seis mencionados, se ubicaron al inicio del proyecto entre los estacionamientos 2+000 a 3+500.

Esta condición de desligue entre la capa de mezcla asfáltica y la base estabilizada puede deberse a un riego de liga que no fue aplicado uniformemente en toda la superficie. El objetivo del riego de liga (denominado imprimación en el informe DVCR-14-0157) es aportar la adherencia entre las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento para que actúen eficientemente como un solo paquete estructural ante las sollicitaciones del tránsito y no como capas individuales. Para lograr un adecuado riego de liga en toda la superficie se debe calibrar el equipo de modo que se logre una tasa de aplicación adecuada y suficiente por metro cuadrado, variando la presión y la altura de las boquillas del tanque de riego y utilizando una velocidad idónea del camión.

Tabla 6 Descripción y ubicación de los núcleos extraídos por el LanammeUCR, del proyecto Veintisiete de Abril-Villareal que se encontraron desligados de la base estabilizada.

Número de núcleo	Sentido	Ubicación Longitudinal (m)	Ubicación Transversal (m)	Posición	Fotografía
1	27 de Abril Villareal	0+250	1.75	N10 15.120 W85 43.094	
	Villareal 27 de Abril	0+500	1.41	N10 15.255 W85 43.196	
3	27 de Abril Villareal	1+000	1.75	N10 15.255 W85 43.196	
6	Villareal 27 de Abril	2+500	1.70	N10 16.002 W85 43.750	

Número de núcleo	Sentido	Ubicación Longitudinal (m)	Ubicación Transversal (m)	Posición	Fotografía
14	Villareal 27 de Abril	6+500	1.45	N10 15.930 W85 45.882	
23	27 de Abril Villareal	11+000	2.80	N10 16.806 W85 47.512	

Para realizar una correcta aplicación de este riego, se debe garantizar que se cubra toda el área por pavimentar para que exista una adecuada adherencia entre capas. Además es importante asegurar una dosificación homogénea, con una cantidad de emulsión asfáltica suficiente para lograr ligar la nueva capa, pero no una cantidad en exceso que pueda afectar la estabilidad de la mezcla asfáltica y la textura superficial. Aplicaciones excesivas de emulsión, donde se presenta acumulación, podrían afectar la adherencia. Estas acumulaciones provocan alteraciones del contenido de asfalto en la mezcla, que podrían provocar deterioros puntuales de la superficie de ruedo, tales como deformaciones y exudación.

Un buen manejo y un adecuado funcionamiento del equipo dosificador de emulsión, puede lograr un recubrimiento homogéneo del área a pavimentar con una dosificación óptima para lograr el objetivo.

Cabe destacar que en relación a la normativa estipulada en el cartel de licitación, como documento de acatamiento obligatorio, el CR-77 en su sección 407.05:

Aplicación del Material Bituminoso, menciona que:

"El material bituminoso deberá ser uniformemente distribuido, a presión y a una proporción determinada por cantidad determinada dentro de 24 horas anteriores a la colocación de la capa de recubrimiento." (El subrayado no es parte del texto original).

En el informe No.14 emitido por medio del oficio DVCR-14-0157 y No.15 emitido por medio del oficio DVCR-14-0218 del Departamento de Calidad de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes relacionado con visitas al proyecto fueron advertidos riegos de liga e imprimación deficientes, donde no había una cobertura total de la superficie con la emulsión aplicada, situación que puede estar ligada a la separación de las capas de base estabilizada y mezcla asfáltica en los núcleos extraídos por el LanammeUCR. Al igual que en el caso anterior, esta información fue emitida a la Administración en el oficio LM-AT-095-14 del 05 de septiembre de 2014 al Licenciado Reynaldo Vargas Sotos, Auditor Interno del CONAVI. Hallazgo 1. La capa de mezcla asfáltica en caliente presenta variaciones de espesor, con valores menores a 75mm, a lo largo del proyecto.

Los especímenes extraídos fueron analizados por el laboratorio del LanammeUCR y se midió el espesor de la capa de mezcla asfáltica (Ver Gráfico 4). De acuerdo con los especímenes analizados por el laboratorio del LanammeUCR se puede observar en el siguiente gráfico que solamente siete núcleos de los veintiséis, tienen un espesor mayor o igual al espesor 75 mm, indicado en el cartel de licitación del proyecto para la capa de mezcla asfáltica, lo que representa aproximadamente un 73% de núcleos con valores por debajo del espesor indicado.

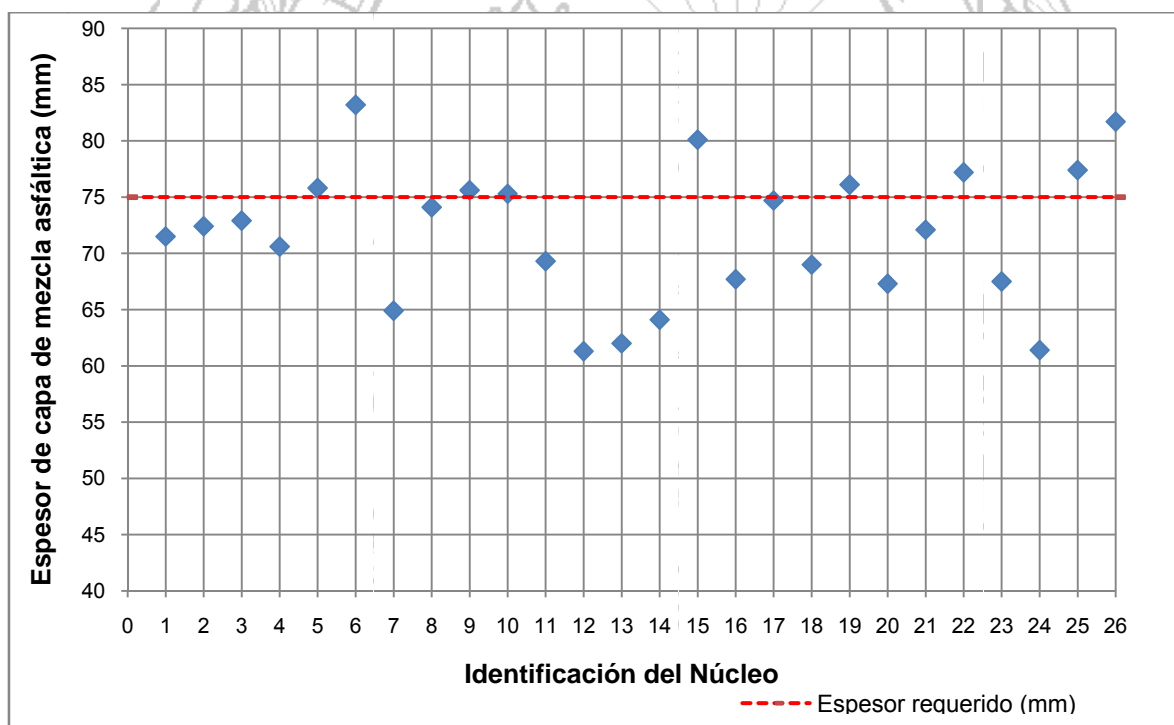


Gráfico 4. Espesores de núcleos medidos por el LanammeUCR

Realizando un análisis estadístico similar al que se hizo anteriormente para el parámetro de resistencia a la compresión de la capa de base estabilizada, utilizando como base 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, como se describe en la sección de 9. *Marco Teórico* de este informe de auditoría técnico, se obtiene un porcentaje total estimado fuera de los rangos de trabajo (porcentaje defectuoso, PT) de 68,9%. De acuerdo a la tabla CR107-1 de la sección CR-2010 para una muestra de 26 datos el valor permitido es de 37,5%. (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Análisis estadísticos del porcentaje fuera de los rangos estimado para los espesores de capa de mezcla asfáltica determinados por LanammeUCR.

Parámetro	Categoría	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
Espesor de capa de mezcla asfáltica	II	26	68,9	37,5

Cabe mencionar que tanto para la medición de espesores de la capa de ruedo como para la determinación de la gravedad específica de los núcleos, es necesario considerar el espesor de la capa de mezcla colocada y en ambos casos es necesario eliminar materiales extraños como: sello superficiales, riegos de liga o imprimación, material adyacente, suelo, etc. para poder realizar las dos mediciones, por lo que los datos de espesores extraídos y cortados deberían ser coincidentes o muy similares.

Es importante que la estructura construida en el proyecto coincida con los espesores definidos en el diseño estructural, ya que estos le darán la capacidad y resistencia necesaria a la estructura de pavimento para soportar las solicitaciones del tránsito (TPD) y condición climáticas que debería soportar durante su periodo de vida. De no ser así, la estructura se verá comprometida y se podrían presentar deterioros prematuros en la capa de ruedo, esto considerando los niveles de tolerancia propios de un proceso constructivo y lo referente al proceso administrativo asociado a este reglón de pago.

Observación 4. Los valores de porcentaje de vacíos analizados para el proyecto se encuentran dentro del rango especificado.

Adicionalmente, se realizó el análisis de vacíos para los núcleos extraídos por el laboratorio del LanammeUCR. Otro aspecto importante de mencionar es que el valor de gravedad específica máxima teórica se obtuvo del diseño de mezcla presentado por la Administración a esta auditoría en el oficio GCTI-14-0393 indicado en el informe No ITP-181-14. Y como complemento a este análisis se realizó una evaluación de los datos aportados por la Administración en el oficio GCTI-14-0889 el 29 de agosto de 2014.

Cabe destacar que el cartel de licitación presenta entre la lista de documentos de prevalencia, el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-77), el Manual de Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica (MC-2002) y el Tomo de Disposiciones para la Construcción y Conservación Vial. Por lo tanto, para realizar el análisis de vacíos de los especímenes extraídos se toma como referencia la siguiente sección del documento: "Actualización de Manuales de la

Administración Disposición AM-01-2001 CR-77 capítulo 400, sección 400, del 401.01 a la 401.09".

401.08 REQUISITOS DE COMPACTACION DURANTE LA CONSTRUCCION

La mezcla asfáltica fabricada de acuerdo con la fórmula de la mezcla para el trabajo aceptada, colocada, y compactada de conformidad con el tramo de prueba, debe tener un porcentaje de compactación de $94.5 \% \pm 2.5 \%$ del valor de la gravedad específica máxima teórica de referencia (vacíos de $5.5 \% \pm 2.5 \%$).

A continuación se presentan los datos analizados por el LanammeUCR, incluyendo el respectivo análisis estadístico utilizando como base 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, como se describe en la sección de 9. Marco Teórico de este informe de auditoría técnica.

Tabla 8. Análisis estadísticos del porcentaje fuera de los rangos estimado para el porcentaje de vacíos (%Va) de la mezcla asfáltica del proyecto, realizado por el LanammeUCR

Parámetro	Categoría	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
% Vacíos	II	26	23,4	37,5

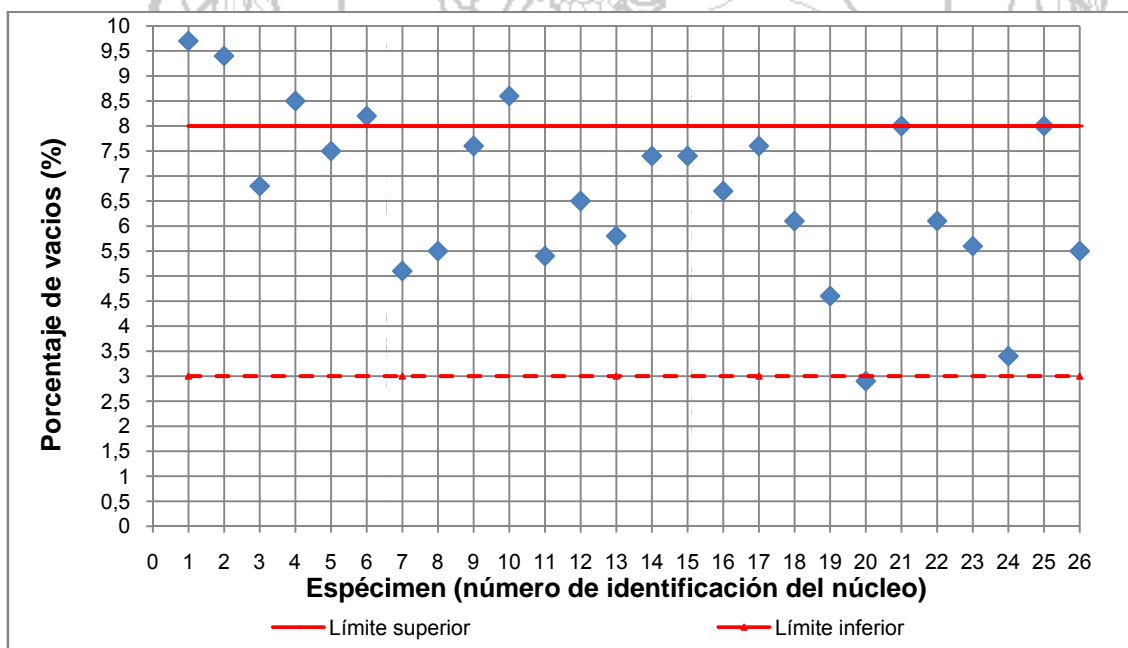


Gráfico 5. Valores de porcentajes de vacíos de los núcleos extraídos analizados por el LanammeUCR.

Tal y como se puede observar en el gráfico anterior, la mayoría de los valores de porcentaje de vacíos se encuentran dentro del rango establecido para obtener una compactación de la mezcla entre $94.5 \pm 2.5\%$.

Cabe recalcar que tal y como se indica en el cartel de licitación del proyecto, el pago en función de la calidad no se aplica para el parámetro de porcentaje de vacíos. Por lo que para el alcance de la auditoría técnica es realizar un análisis estadístico del porcentaje de datos fuera de los límites de especificación utilizando la sección 107.5 del CR-2010 a manera de ejemplificar la importancia que tiene el análisis estadístico en el manejo de datos, por lo que se calculó el porcentaje estimado de datos fuera de los límites y el máximo porcentaje fuera de los límites permitido.

Se obtuvo un porcentaje total estimado fuera de los rangos de trabajo (porcentaje defectuoso, PT) de 23,4%. Y el máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido es de 37,5%, por lo tanto este parámetro se encuentra dentro del rango de variabilidad admitido para un número de 26 muestras.

En el caso de los datos que se remitieron del laboratorio de Control de Calidad, se realizó el mismo análisis para lo cual se obtuvo un porcentaje total estimado fuera de los rangos de trabajo (porcentaje defectuoso, PT) de 13,7%. Y el máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido es de 30,0%, por lo tanto este parámetro se encuentra dentro del rango de variabilidad admitido para un número de 116 muestras. (Ver Tabla 10 y gráfico 7)

Tabla 9. Análisis estadísticos del porcentaje fuera de los rangos estimado para el porcentaje de vacíos (%Va) de la mezcla asfáltica del proyecto, realizado por ITP

Parámetro	Categoría	Número de muestras (n)	Porcentaje estimado de datos fuera de los límites de especificación (%)	Máximo porcentaje fuera de los límites de especificación permitido (%)
% Vacíos	II	116	13,7	30,0

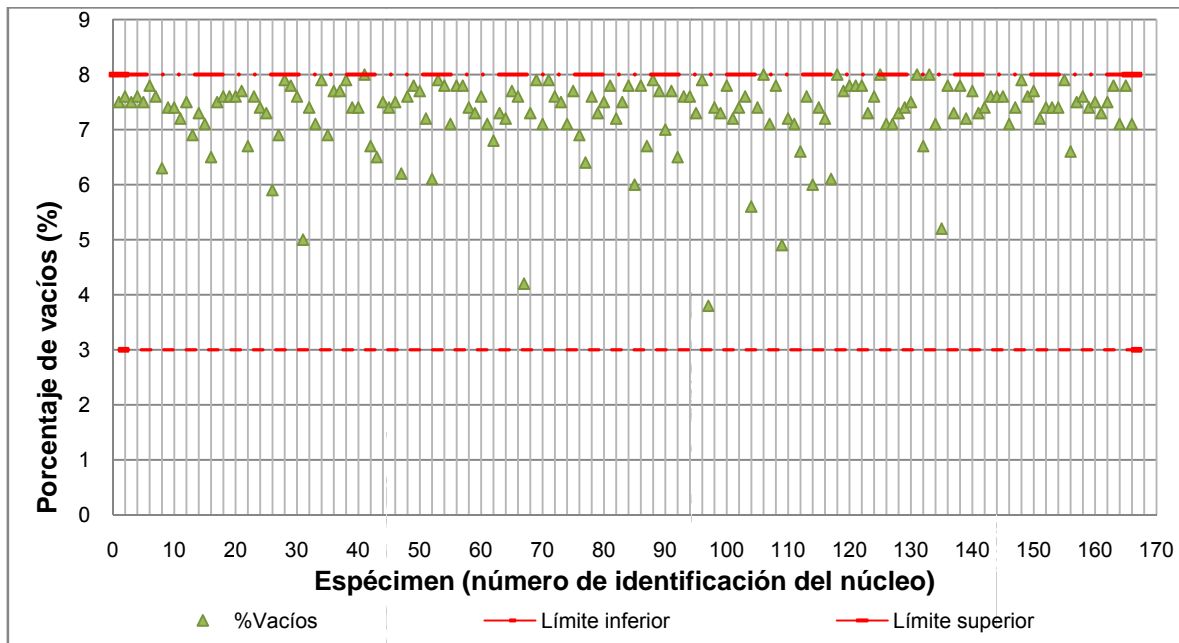


Gráfico 6. Valores de porcentajes de vacíos de los núcleos extraídos analizados por el laboratorio de control de calidad ITP

Como se puede observar en el análisis realizado a los datos de porcentaje de vacíos de los dos laboratorios, el porcentaje de valores permitidos fuera de los límites de la especificación son menores que establecidos, por lo tanto cumplen tanto con los requerimientos especificados como los estadísticos que dependen del control de variabilidad del procedimiento de elaboración, de colocación y de compactación de la mezcla asfáltica.

D. SOBRE EL CALCULO DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Observación 5. El Índice de Regularidad Internacional (IRI) del proyecto no cumple con la especificación del CR-2010

Con el propósito de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión de la Administración, se realizó un análisis sobre el valor de Índice de Regularidad Superficial (IRI) medido por el Laboratorio LanammeUCR y calculado por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR.

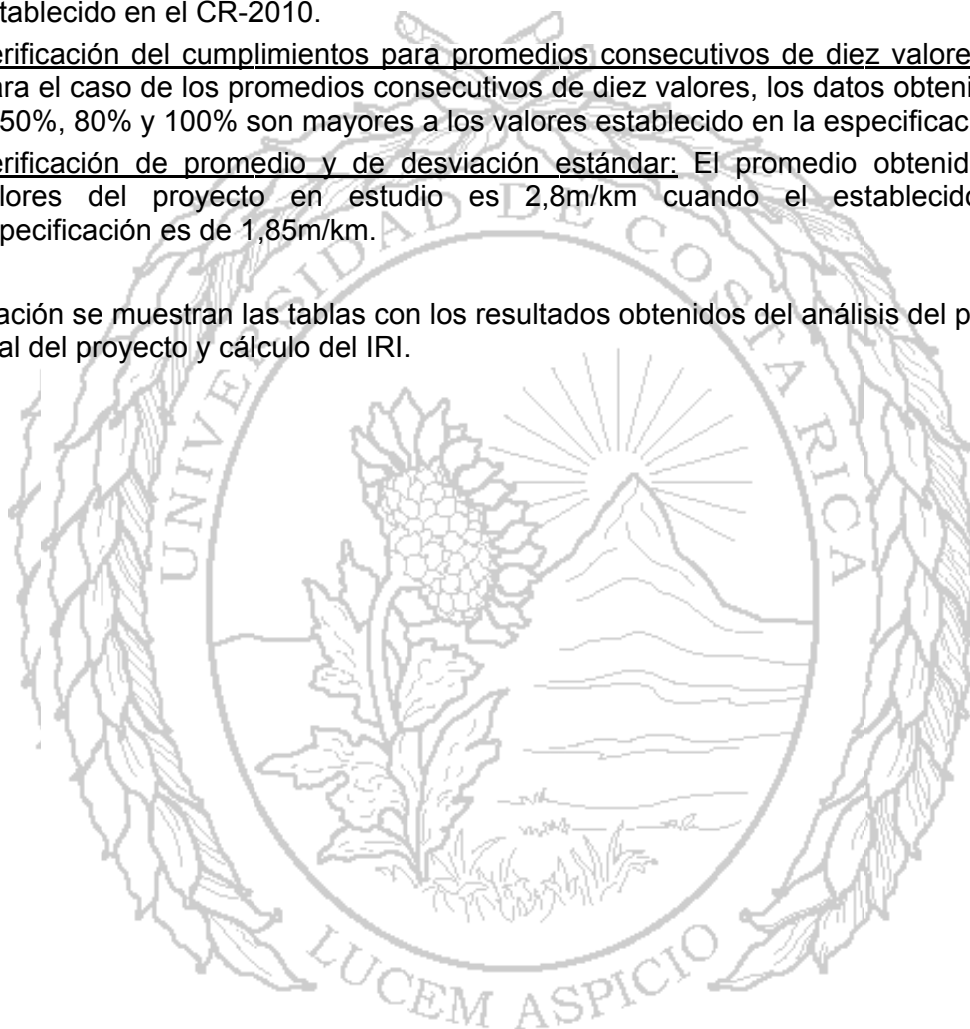
El objetivo específico de este análisis realizado por Auditoría Técnica es determinar el valor del índice de Regularidad Internacional de la superficie de ruedo del proyecto en cuestión, y comparar los resultados obtenidos con la especificación del CR-2010 sección 401.16.

Cabe destacar que si bien es cierto para este proyecto, en el cartel de licitación no se establece especificación de IRI, debido a la importancia de este parámetro en el desempeño futuro del pavimento es que esta Auditoría Técnica ha realizado la evaluación de la regularidad superficial resultante. El IRI es internacionalmente un parámetro de primer orden en la aceptación (control de calidad) de un pavimento nuevo y en la evaluación del pavimento en servicio.

Sobre los resultados del ensayo del índice de regularidad internacional (IRI) reportados por el LanammeUCR, según informe I-0836-14, se evidencia que para ninguno de los tres requerimientos del CR-2010 los valores de IRI obtenidos en el proyecto cumplen con la especificación:

- a) Verificación del Cumplimiento para valores individuales: El 22% de los valores individuales de IRI obtenidos en el proyecto son mayores al límite de 3,0 m/km establecido en el CR-2010.
- b) Verificación del cumplimiento para promedios consecutivos de diez valores de IRI: Para el caso de los promedios consecutivos de diez valores, los datos obtenidos para el 50%, 80% y 100% son mayores a los valores establecido en la especificación.
- c) Verificación de promedio y de desviación estándar: El promedio obtenido de los valores del proyecto en estudio es 2,8m/km cuando el establecido en la especificación es de 1,85m/km.

A continuación se muestran las tablas con los resultados obtenidos del análisis del perfil longitudinal del proyecto y cálculo del IRI.



a.) Verificación del Cumplimiento para valores individuales: Para verificar el punto mencionado se debe revisar si individualmente ninguno de los valores de IRI con base de medición cada 100 metros sobrepasa este valor indicado en especificación, para ello se grafica el límite de 3,0m/km y los puntos de IRI del proyecto.

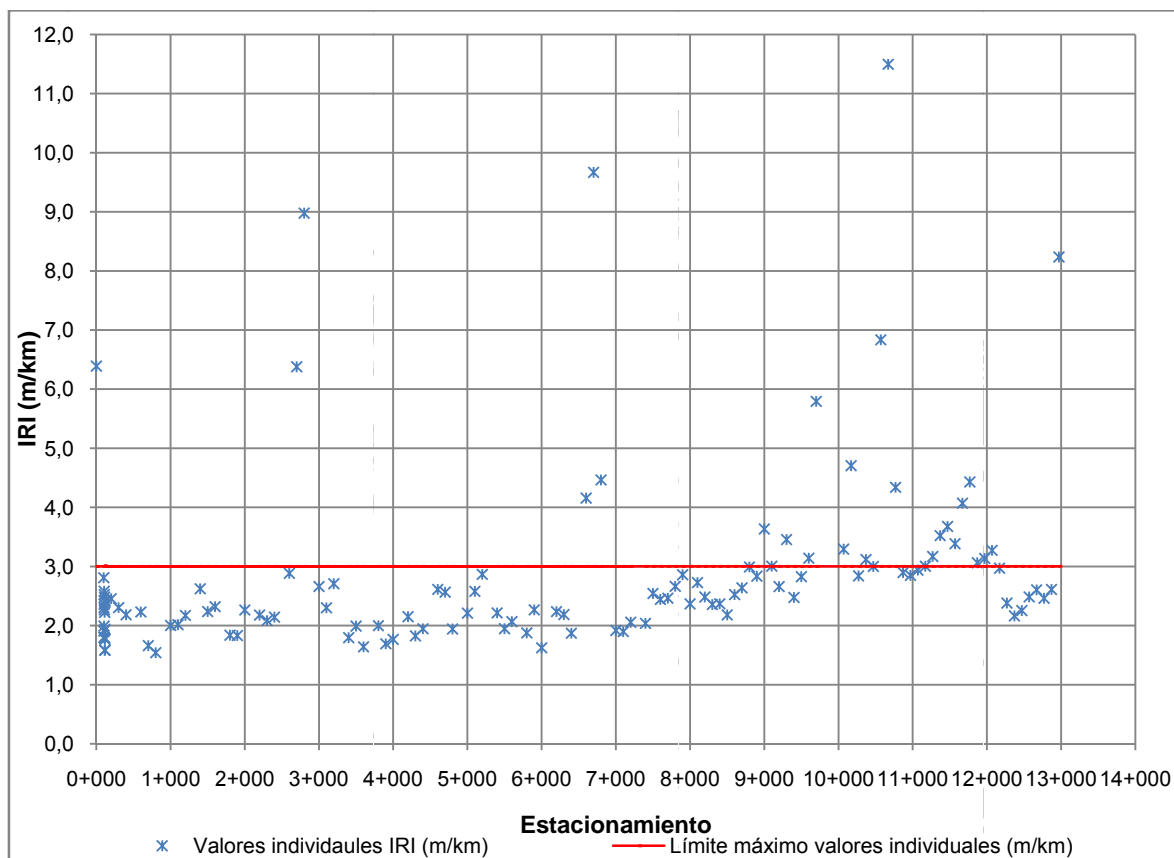


Gráfico 7. Valores individuales de IRI en tramos de 100m para el proyecto Veintisiete de Abril-Villareal

En el gráfico anterior se puede observar que el 77,3% de los datos de IRI se encuentran por debajo del valor máximo de 3,0m/km que indica la especificación para valores individuales de la sección 401.16 del CR-2010. Aproximadamente un 22% de los datos individuales no cumple con el límite superior indicado en la especificación.

b.) Verificación del cumplimiento para promedios consecutivos de diez valores de IRI: Para realizar este análisis, se toman los valores individuales calculados cada 100 m (base de medición indicada en el CR-2010) y se calcula el promedio consecutivo de diez valores (media móvil), posteriormente se calcula la frecuencia acumulada para los datos de IRI del proyecto en cuestión. Esto se hace con el objetivo de compararlos con la tabla descrita en la especificación del CR-2010.

De esto se obtuvieron los resultados del análisis de frecuencia acumulada, los cuales se muestran en el Gráfico 9.

Los puntos individuales hacen referencia a los puntos mencionados en la especificación del CR-2010 para 50%, 80% y 100%, por lo que se procede a realizar el gráfico comparativo donde se muestran los valores mencionados en la especificación y los obtenidos del análisis de frecuencia.

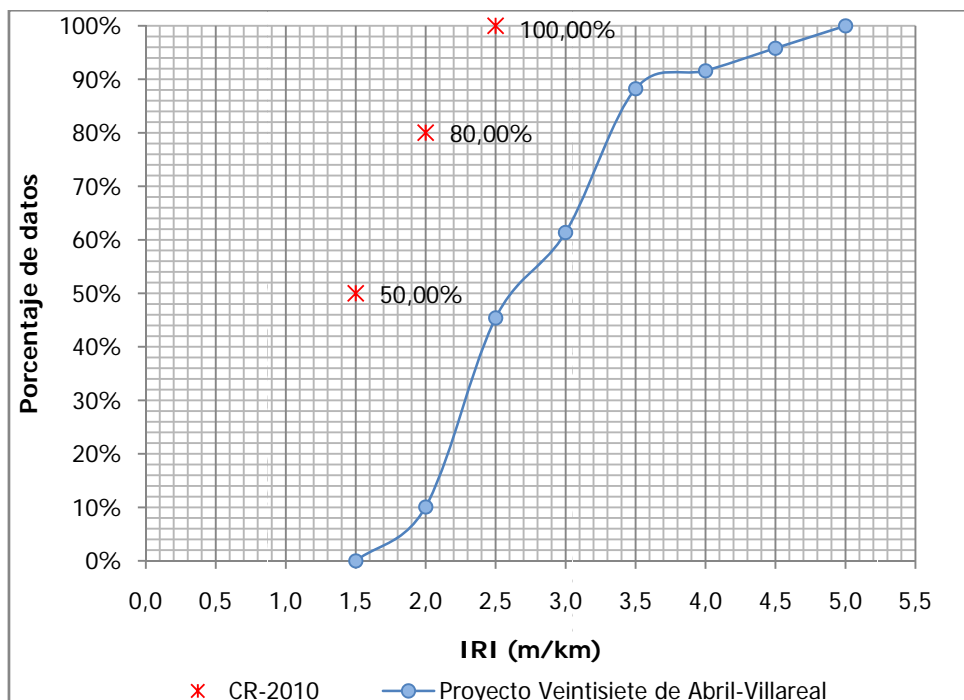


Gráfico 8. Análisis de frecuencia acumulada de valores de IRI

Como se puede observar en el Gráfico 9, la curva del proyecto está a la derecha de los datos requeridos por la especificación del CR- 2010, lo cual indica que los valores de IRI obtenidos en este proyecto son mayores que los que establecidos en el CR-2010 para un proyecto nuevo. Esta comparación entre los valores de IRI obtenidos en el proyecto y los valores especificados en el CR-2010 también se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 10. Datos de percentiles del proyecto comparados con la especificación del CR-2010

Porcentaje	Valor de IRI del proyecto (m/km)	Valor máximo de IRI CR-2010 (m/km)
50,00%	2,6	1,5
80,00%	3,3	2,0
100,00%	5,0	2,5

c.) Verificación de promedio y de desviación estándar: La especificación plantea que debe tener un valor menor al valor promedio indicado en el CR-2010 en la sección 401.16 (pavimento flexible), cuyo valor es de 1,85 (desviación estándar 0,39), En la Tabla 5 se compara ese valor con el promedio de IRI obtenido para el proyecto y la desviación estándar correspondiente. Se puede observar que en este caso no se cumpliría con la especificación, si este criterio se aplicara para este proyecto.

Tabla 11. Valores promedio y desviación estándar del IRI del proyecto

Dato	Valor de IRI del proyecto (m/km)	Valor de IRI CR- 2010 (m/km)
Promedio	2,8	1,85
Desviación Estándar	1,5	0,39

Es importante mencionar que un incremento en el IRI repercute en aspectos económicos, relacionados con los costos de operación de los vehículos y el mantenimiento de pavimentos, además afecta las condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios de la vía. Diferentes investigaciones realizadas, revelan que los costos de operación de los vehículos dependen de la magnitud de las irregularidades superficiales del pavimento, afectando la velocidad de circulación, el desgaste de las llantas y el consumo de combustible.

Los efectos dinámicos producidos por las irregularidades de las carreteras, pueden reflejarse no sólo en los vehículos, sino también en modificaciones de estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura del pavimento, lo que puede incrementar los costos en las actividades de conservación y rehabilitación.

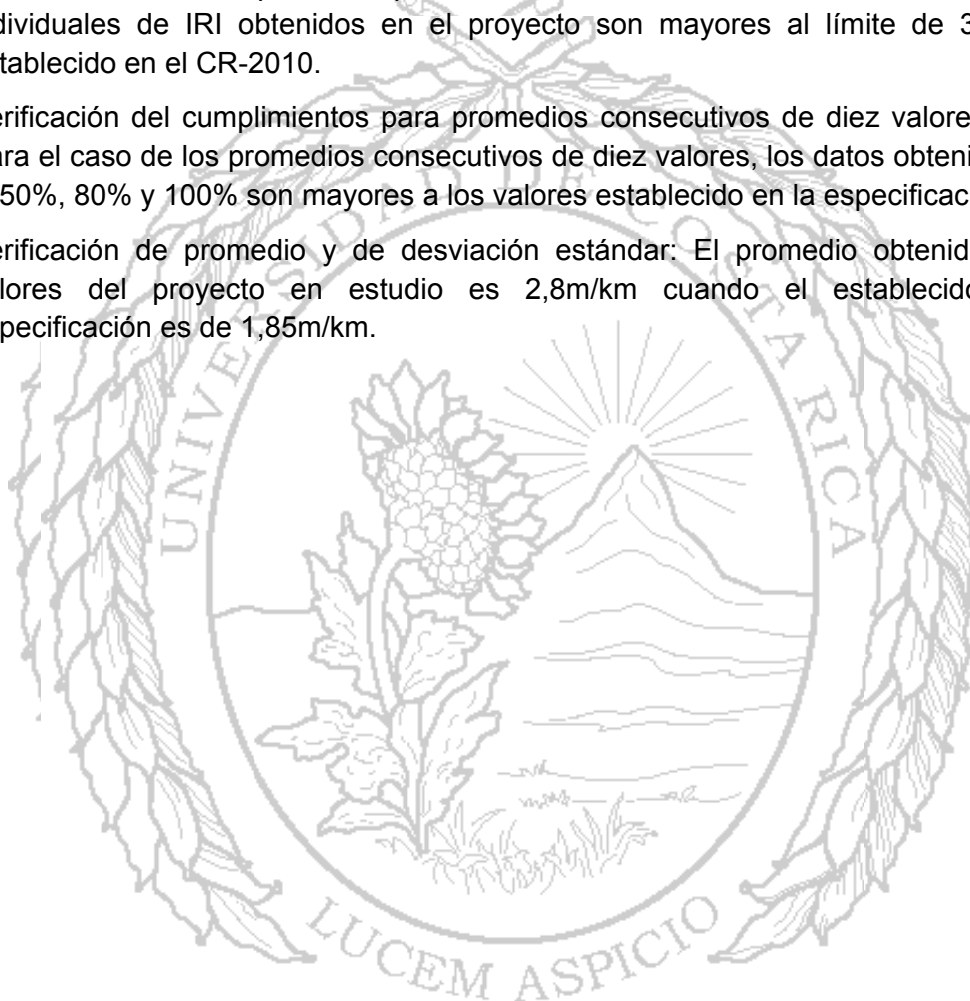
Es criterio de esta auditoría técnica que se refuerza la importancia de introducir este parámetro en los carteles de licitación, ya que además de que implicaría la necesidad de exigir una mejora en los procesos constructivos de los pavimentos (rígidos y flexibles), se estaría garantizando una inversión más efectiva de los recursos tanto para obra nueva como para mantenimiento, ya que como se mencionó anteriormente, niveles de IRI iniciales más bajos pueden influir en una mayor vida útil, costos anuales de mantenimiento y costos de operación de los vehículos más bajos, confort y seguridad, lo cual redundaría en un beneficio para los usuarios de las vías.

11. CONCLUSIONES

- Los resultados de resistencia a la compresión de cilindros de base estabilizada analizados por el LanammeUCR para las 8 muestras ensayadas en los meses de abril y julio del 2014, presentaron valores de resistencia a la compresión mayores el valor promedio (30 kg/cm²) descrito en la especificación del CR-77 en aproximadamente 19 kg/cm².
- Los resultados de resistencia a la compresión de cilindros de base estabilizada analizados por la Unidad de Auditoría Técnica y realizados por el laboratorio de control de la calidad del contratista (I.T.P.) y del Departamento de Calidad de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes del CONAVI para las muestras ensayadas durante el proceso de auditoría técnica, presentan valores que exceden el valor promedio (30 kg/cm²) descrito en la especificación del CR-77), en aproximadamente 16 kg/cm² y 14,5 kg/cm², de manera similar a los datos obtenidos por el LanammeUCR.
- Durante las visitas realizadas al proyecto se evidenció la presencia de deterioros en la superficie imprimada de la base estabilizada del proyecto, lo que podría afectar el desempeño funcional y estructural de la estructura del pavimento, provocando concentraciones de esfuerzo debido a las variaciones de espesor y de regularidad superficial, problemas de compactación debido a diferencias de espesor de la capa asfáltica, reflejo de deterioros en la carpeta asfáltica, entre otros.
- El análisis realizado a 26 núcleos extraídos del pavimento determinó que en un 23% de la muestra se evidenció un desligue entre la capa de mezcla asfáltica y la base estabilizada, lo cual se pudo presentar por un riego de liga que no fue aplicado uniformemente en toda la superficie, lo que podría ocasionar que la estructura de pavimento no presente el desempeño estructural esperado durante el periodo para el que fue diseñado.
- Se evidenció que la capa de mezcla asfáltica en caliente presenta variaciones de espesor, con valores menores a 75mm, a lo largo del proyecto, esto ya que en el 73% de la muestra se observan espesores menores al indicado, según el análisis realizado por el LanammeUCR.
- Al realizar un análisis estadístico se evidenció que los valores de porcentajes de vacíos de mezcla asfáltica para 26 núcleos extraídos del proyecto y analizados por LanammeUCR se encuentran dentro del rango especificado, esto acorde con la sección 107-5 del CR-2010, de manera que se evidenció que el porcentaje estimado fuera de los límites establecidos en la normativa es de 23,4% menor al porcentaje fuera de los límites máximo permitido de 37,5% para una muestra de 26 datos.
- Se complementó el análisis con la valoración estadística de los porcentajes de vacíos de mezcla asfáltica de 116 núcleos extraídos del proyecto el laboratorio de control de calidad (I.T.P.) donde se evidenció que estos se encuentran dentro del rango especificado, esto acorde con la sección 107-5 del CR-2010, donde se el porcentaje estimado fuera de los

límites establecidos en la normativa es de 13,7% menor al porcentaje fuera de los límites máximo permitido de 30,0% para una muestra de 116 datos.

- En el cartel de licitación no se establece especificación de IRI. Sin embargo, debido a la importancia del IRI en el desempeño futuro del pavimento es que esta Auditoría Técnica ha realizado la evaluación de este parámetro acorde con la sección 401.16 del CR-2010, donde se evidenció que:
 - a) Verificación del Cumplimiento para valores individuales: El 22% de los valores individuales de IRI obtenidos en el proyecto son mayores al límite de 3,0 m/km establecido en el CR-2010.
 - b) Verificación del cumplimiento para promedios consecutivos de diez valores de IRI: Para el caso de los promedios consecutivos de diez valores, los datos obtenidos para el 50%, 80% y 100% son mayores a los valores establecido en la especificación.
 - c) Verificación de promedio y de desviación estándar: El promedio obtenido de los valores del proyecto en estudio es 2,8m/km cuando el establecido en la especificación es de 1,85m/km.



12. RECOMENDACIONES

Como parte del proceso de auditoría técnica que se plasma en este informe, a continuación, se formulan algunas recomendaciones, respecto a las cuales no omitimos resaltar que, 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 la Ingeniería de Proyecto y Gerencia de Construcción de Vías y Puentes

- La aplicación de herramientas estadísticas para el control de procesos de producción de materiales que posteriormente se incorporan a un proyecto, es de vital importancia ya que evalúan no sólo los resultados fuera de los límites de especificación, sino también la variabilidad del proceso, permitiendo evaluar la probabilidad de que el material no cumpla con el nivel de calidad establecido por las especificaciones como resultado de la variabilidad inherente del proceso.
- Se recomienda velar por que se implemente acciones correctivas o de seguimiento correspondientes de acuerdo al estado de los defectos constructivos o aplicación de malas prácticas constructivas en resguardo de la calidad final del proyecto y la inversión de fondos públicos.
- Velar por que la integridad de la estructura del pavimento se mantenga a lo largo del proyecto para el periodo diseñado, ya que los espesores especificados complementados con un adecuado proceso constructivo y buena calidad de los materiales utilizados, le darán la capacidad y resistencia necesaria a la estructura de pavimento para soportar las solicitaciones del tránsito (TPD) y condición climáticas que debería soportar durante su periodo de vida.

A la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes

- Es recomendable limitar la rigidez en la resistencia de las bases estabilizadas, debido a que una rigidez excesiva, se traducen en bases susceptible al agrietamiento, con la consecuencia de que las grietas que se forman se reflejarán en las capas que se colocarán sobre la base.
- Incorporar en los carteles de licitación de proyectos de construcción, reconstrucción, mejoramiento o rehabilitación, el modelo de aceptación y pago en función de la calidad que la Administración considere conveniente.
- Esta Auditoría Técnica, recomienda que para futuros proyectos de construcción de obra vial, incluir dentro de las especificaciones de los carteles de licitación requerimientos de regularidad superficial (IRI) como uno de los indicadores de calidad para aceptación de los proyectos, debido a la importancia de garantizar una condición inicial de proyecto aceptable que vaya a incidir en una curva desempeño adecuada y una condición de transitabilidad favorable para el confort y la seguridad de los usuarios.



Equipo Auditor

Ing. Mauricio Salas Chaves.
Auditor Técnico, LanammeUCR

Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo.
Auditora Técnica, LanammeUCR

Aprobado por:

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

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

Visto bueno de legalidad

Lic. Miguel Chacón Alvarado.
Asesor Legal LanammeUCR