



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

PITRA

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-154-11

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA DEL GRUPO OROSÍ.

PROYECTO: Conservación de la Red Nacional Pavimentada.

Contratación Directa No. 2009LN-000003-CV.

Línea 16 Zona 1-7: Cartago, Consorcio Grupo Orosí.

INFORME

Preparado por:

Unidad de Auditoría Técnica

San José, Costa Rica

NOVIEMBRE, 2011



Información técnica del documento

1. Informe Informe LM-AT-154-11.	2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA DEL GRUPO OROSÍ. Contratación Directa No. 2009LN-000003-CV. Línea 16 Zona 1-7: Cartago, Consorcio Grupo Orosí	4. Fecha del Informe Noviembre, 2011	
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>Sobre la planta de producción de mezcla asfáltica: La planta de producción de asfalto engloba los principales componentes generales requeridos en el cartel, entre ellos cuatro tolvas para la combinación de agregados, tambor secador y mezclador, quemador, casa de filtros, tanque de almacenamiento del asfalto / combustible, bomba de asfalto, silo de almacenaje, plataforma de pesaje y cabina de control entre otros elementos. Además se mantiene bajo control metrológico los componentes de medición e indicadores de temperatura con que cuenta la planta.</p> <p>Sobre el control de agregados: En general el control de agregados se efectúa de acuerdo con lo requerido contractualmente, manteniendo apilamientos de cuatro tipos de agregados, protección y medición por humedad, control de granulometrías de los acopios y de la combinación de las fracciones en las tolvas. No obstante, la combinación granulométrica producto de la fórmula de trabajo demuestra un riesgo de exceder los límites permitidos.</p> <p>Sobre los controles de producción y despacho de mezcla asfáltica: se determina la aplicación de diferentes registros, por parte del inspector de planta de CONAVI para la supervisión de la producción y despacho de mezcla asfáltica.</p> <p>Sobre el proceso de pesaje: el proceso de pesaje revela que no existen diferencias significativas en los pesos reportados en las boletas de despacho y los obtenidos por el LanammeUCR.</p> <p>Sobre el diseño de la mezcla asfáltica: Los parámetros volumétricos de porcentaje de vacíos en la mezcla y vacíos llenos de asfalto (VFA) muestran un riesgo potencial de incumplimiento en un 54% del rango de contenido óptimo de asfalto establecido en el diseño de mezcla.</p>		
10. Palabras clave Planta asfáltica, Mezcla asfáltica, Diseño de mezcla	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 36

INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA DEL GRUPO OROSÍ. Contratación Directa
No. 2009LN-00003-CV. Línea 16 Zona 1-7: Cartago, Consorcio Grupo Orosí

Departamento encargado del proyecto: Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, CONAVI
Ingeniero de Conavi Zona 1-7 Cartago: Ing. Pablo Camacho Salazar.
Laboratorio de verificación de calidad: Castro & De la Torre, Laboratorio de Materiales para la Construcción

Empresa contratista: Grupo Orosí
Laboratorio de control de calidad: OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.

Monto original del contrato: ₡6.845.235.305,02 (colones)
Plazo original de ejecución: 1095 días naturales

Coordinador de Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA:
Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, PhD

Coordinadora de Auditoría Técnica:
Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc Eng.

Audidores:
Ing. Víctor Cervantes Calvo
Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Asesor Legal externo:
Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:
El alcance de esta auditoría técnica se centró en la evaluación de la planta de producción de mezcla asfáltica del Grupo Orosí.

Ubicación de la planta auditada:



Figura 1. Ubicación de Planta Grupo Orosí, Barrio San José de Curridabat.



TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE FOTOGRAFÍAS.....	5
1. FUNDAMENTACIÓN.....	6
2. OBJETIVO DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS	6
2.1. Objetivos del informe	6
2.2. Alcance del informe	7
3. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR.....	7
4. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-AT-154B-11	7
5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	7
5.1. Información general de la planta.....	8
6. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	8
6.1. Hallazgos de la Auditoría.....	9
6.1.1. Sobre la planta de producción de mezcla asfáltica	9
6.1.2. Sobre el control de agregados.....	15
6.1.3. Sobre los controles de producción y despacho de mezcla asfáltica.....	18
6.1.4. Sobre el proceso de pesaje.....	20
6.1.5. Sobre el diseño de la mezcla asfáltica	24
6.2. Observaciones de la Auditoría.....	27
6.2.1. Sobre la consistencia del diseño de mezcla vigente durante el periodo de estudio.....	27
7. CONCLUSIONES.....	33
8. RECOMENDACIONES.....	35

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE CALIBRACIONES DE ELEMENTOS SENSORES DE PESO.....	14
TABLA 2. RESUMEN DE CALIBRACIONES DE LA BÁSCULA DE PESAJE DINÁMICO	14
TABLA 3. FÓRMULA DE TRABAJO UTILIZADA EL DÍA 04 DE OCTUBRE DE 2011	16
TABLA 4. COMBINACIÓN GRANULOMÉTRICA DE DISEÑO CALCULADA CON FÓRMULA DE TRABAJO ..	17
TABLA 5. DETALLE DE LAS MEDICIONES DE PESO REALIZADAS EN LA PLANTA DEL GRUPO OROSÍ	22
TABLA 6. GRANULOMETRÍA DEL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA	25
TABLA 7. VALORES DEFINIDOS PARA LOS PARÁMETROS DE CALIDAD EN LA DISPOSICIÓN VIAL	28
TABLA 8. ANÁLISIS DEL RANGO EFECTIVO DE CONTENIDO DE ASFALTO	30

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA DE PROCESO DE PESAJE DE VAGONETAS.	21
FIGURA 2. GRÁFICO COMPARATIVO DE LOS PESOS DE TARA DE VAGONETAS Y LAS DIFERENCIAS ENTRE LOS VALORES.	24
FIGURA 3. GRÁFICO COMPARATIVO DE GRANULOMETRÍA DE DISEÑO DE MEZCLA, RANGO DE DISEÑO Y LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN SEGÚN LA DISPOSICIÓN VIAL AM-01-2001.....	26
FIGURA 4. ANÁLISIS GRÁFICO DEL RANGO EFECTIVO DE CONTENIDO DE ASFALTO PARA EL INFORME Nº 261-11	31

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1 SILOS DE ALMACENAJE DE MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA (PRINCIPAL Y AUXILIAR)	10
FOTOGRAFÍA 2 TOLVAS DE DOSIFICACIÓN DE AGREGADOS, CON ESTRUCTURA DE TECHOS.....	11
FOTOGRAFÍA 3 FAJAS DE TRANSPORTE DE AGREGADOS Y CASA DE FINOS.	11
FOTOGRAFÍA 4 CABINA DE CONTROL (VISTA EXTERNA E INTERNA) Y PLATAFORMA DE MUESTREO. .	12
FOTOGRAFÍA 5 PLATAFORMA DE PESAJE. TAMBOR DOBLE BARRIL (SECADOR Y MEZCLADOR).....	13
FOTOGRAFÍA 6 ZONA BAJO TECHO EN DONDE SE UBICAN TANQUES DE ALMACENAMIENTO.	13
FOTOGRAFÍA 7 ZONA DE APILAMIENTOS DE AGREGADOS.....	16
FOTOGRAFÍA 8 LONAS PARA PROTECCIÓN DE APILAMIENTOS DE AGREGADOS	16
FOTOGRAFÍA 9 BITÁCORAS PARA SUPERVISIÓN Y DESPACHO DE MEZCLA ASFÁLTICA.	19
FOTOGRAFÍA 10 SISTEMA DE MARCHAMOS DE CONAVI.	19
FOTOGRAFÍA 11 PROCESO DE PESAJE DE VAGONETAS EN PLANTA Y BOLETA DE DESPACHO.....	23



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCION DE MEZCLA ASFÁLTICA DEL GRUPO OROSÍ. CONTRATACIÓN DIRECTA NO. 2009LN-000003-CV. LÍNEA 16 ZONA 1-7: CARTAGO, CONSORCIO GRUPO OROSÍ

1. FUNDAMENTACIÓN

La auditoría técnica externa a los procesos, controles, laboratorios, proyectos e instituciones públicas que efectúan sus labores para el sector vial, se realiza de conformidad con las disposiciones del artículo 6 de la Ley 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la ley 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 LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

El propósito de las auditorías técnicas que realiza el LanammeUCR en cumplimiento de las tareas asignadas en la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria”, Ley N° 8114, es el de emitir informes que permitan a las autoridades del país, indicadas en dicha ley, conocer la situación técnica, administrativa y financiera de los proyectos viales durante todas o cada una de las etapas de ejecución: planificación, diseño y especificaciones; cartel y proceso licitatorio; ejecución y finiquito. Asimismo la finalidad de estas auditorías consiste en que, la Administración, de manera oportuna tome decisiones correctivas y ejerza una adecuada comprobación, monitoreo y control de los contratos de obra, mediante un análisis comprensivo desde la fase de planificación hasta el finiquito del contrato.

2.1. Objetivos del informe

El objetivo de este informe es valorar el diseño de mezcla utilizado por la planta para la producción de mezcla asfáltica, así como evaluar algunas de las actividades de control que aplica la Administración para control de envío y despacho de mezcla a los diferentes sitios de

Informe LM-PI-AT-154-11	Fecha de emisión: 03 de Enero de 2012	Página 6 de 36
----------------------------	---------------------------------------	----------------



trabajo, de conformidad con lo que se establece en las especificaciones contractuales y las prácticas ordinarias para diseño de mezcla.

2.2. Alcance del informe

El estudio que realiza esta auditoría consiste en el análisis general del diseño de mezcla planteado por el laboratorio de control de calidad del contratista para la producción de mezcla asfáltica en la planta del Grupo Orosí. Además se determina la utilización de controles establecidos por la Administración para el despacho de mezcla asfáltica. Adicionalmente se realiza un proceso de comprobación de peso de vagonetas con el fin de determinar la conformidad del control del sistema de pesaje de la planta.

3. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR

- Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc. Eng. (Coordinadora de la Unidad de Auditorías Técnicas)
- Ing. Víctor Hugo Cervantes Calvo (Auditor Técnico)
- Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. (Auditora Técnica)
- Lic. Miguel Chacón Alvarado (Asesor Legal)

4. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-AT-154B-11

Como parte de los procedimientos de Auditoría Técnica y en lo referente a la remisión del informe preliminar, el día 24 de noviembre del 2011 se brindó audiencia a la parte auditada, mediante la presentación y entrega del informe preliminar LM-AT-154B-11 mediante oficio LM-AT-165-11.

En esta audiencia participaron por parte del área auditada: el Ing. Marco Rojas Jenkins, Gerente de Conservación de Vías y Puentes, Ing. William Abarca Cubero, Director Regional de la región central, Ing. Rodrigo Ulloa Meléndez, subdirector de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes y Lic. Reynaldo Vargas Sota, Auditor a.i; por parte del LanammeUCR y parte del equipo auditor encargado del desarrollo del informe, a saber, Ing. Jenny Chaverri Jiménez, Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica, Ing. Víctor Cervantes Calvo e Ing. Wendy Sequeira Rojas.

En igual forma y como parte de los procedimientos de auditoría antes mencionados, una vez que la parte auditada brindó las observaciones que consideraron oportunas al informe preliminar, corresponde la elaboración del informe final LM-AT-154-11.

5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

La fiscalización que realiza la Auditoría Técnica del LanammeUCR es un proceso independiente, basado en normas y procedimientos establecidos, aplicando criterios objetivos en procura de lograr el cumplimiento del alcance y los objetivos definidos para cada

Informe LM-PI-AT-154-11	Fecha de emisión: 03 de Enero de 2012	Página 7 de 36
----------------------------	---------------------------------------	----------------



uno de los estudios desarrollados. Este proceso no limita a que algunas actividades puedan realizarse en conjunto con el auditado.

Durante el proceso de auditoría realizado por la Auditoría Técnica del LanammeUCR se visitaron las instalaciones de la planta asfáltica por un periodo definido¹ para llevar a cabo las actividades de pesaje y evaluación de la planta. Asimismo se contactó al Ingeniero encargado de la planta para obtener información y documentación relacionada con el proceso de supervisión y control implementado para el despacho de mezcla.

5.1. Información general de la planta

La planta es de marca ASTEC, ubicada en el barrio San José de Curridabat. Actualmente, la planta produce mezcla asfáltica para actividades de conservación vial de acuerdo con la contratación directa 2009LN-003-CV para la Línea 16, zona 1-7 Cartago para el consorcio Grupo Orosí. Asimismo, durante la visita a la planta se informa que se suministra mezcla asfáltica a la Constructora Hernán Solís para las zonas: 1-1 (San José), 1-2 (Puriscal), 1-3 (Los Santos) y 1-8 (Turrialba).

El laboratorio contratado por el contratista para realizar las actividades de control de calidad es el laboratorio "OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A" (OJM) que tiene unas instalaciones en la planta de producción, solamente para realizar el ensayo de contenido de humedad de los apilamientos. Las restantes actividades de control de calidad de la mezcla asfáltica se llevan a cabo en las instalaciones centrales del laboratorio. En cuanto que, el laboratorio de Verificación de Calidad designado por la administración es el laboratorio "Castro y de la Torre", con instalaciones ubicadas en San José.

El diseño de mezcla para ser producido en planta es el formulado por el laboratorio de OJM identificado como el informe 261-2011 "Diseño de Mezcla Asfáltica Tamaño Máximo Nominal de 12.5mm Designación 401(2)" del 07 de mayo de 2011.

6. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

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

¹ Los días 04, 18, 19, 20, 21, 24, 25 y 26 de octubre de 2011 se visitó las instalaciones de la planta.

Informe LM-PI-AT-154-11	Fecha de emisión: 03 de Enero de 2012	Página 8 de 36
----------------------------	---------------------------------------	----------------



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.

6.1. Hallazgos de la Auditoría

Las diversas propiedades que define la metodología de diseño de mezcla tienen como principal objetivo establecer la combinación más económica de los agregados y el asfalto que permita a la capa de rueda ser durable, tener mayor resistencia a la deformación y a la presencia de humedad. Mediante este proceso (diseño de mezcla) se establecen los requisitos y las tolerancias especificados que debe cumplir la mezcla asfáltica según la metodología que se emplee.

El monitoreo del proceso de producción, como parte del proceso de control de calidad, mediante la comparación de los resultados de los ensayos que se ejecutan con las especificaciones y la fórmula de trabajo, se realiza con el propósito de detectar posibles variaciones del proceso productivo que permitan efectuar modificaciones o ajustes correctivos, además, que habilita en algunas situaciones evaluar o reformular el diseño de la mezcla asfáltica utilizada en el proceso de pavimentación.

6.1.1. Sobre la planta de producción de mezcla asfáltica

HALLAZGO Nº 1: LA PLANTA DE ASFALTO CUMPLE LAS CONDICIONES GENERALES REQUERIDAS EN LA DISPOSICIÓN GENERAL VIGENTE AM-03-2001.

Durante la visita a las instalaciones de la planta del grupo Orosí, se efectúa una evaluación general de las condiciones de la misma, considerando los requisitos mínimos solicitados en la disposición general vigente, así como aspectos de disposición de los diferentes componentes de la misma.

Componentes generales

La planta de producción de mezcla asfáltica está conformada por tolvas, fajas transportadoras, tambor secador y mezclador, quemador, casa de filtros, tanque de almacenamiento del asfalto / combustible, bomba de asfalto, silo de almacenaje, plataforma

Informe LM-PI-AT-154-11	Fecha de emisión: 03 de Enero de 2012	Página 9 de 36
----------------------------	---------------------------------------	----------------

de pesaje y cabina de control entre otros elementos. En las Fotografía 1 a la Fotografía 7 se muestra el detalle de cada uno de los diferentes componentes mencionados.

Se mantienen cuatro tolvas individuales, provistas de un mecanismo automático de control para la alimentación y combinación de los agregados en frío, una para cada apilamiento de agregado utilizado en la producción de mezcla.

Cabe destacar que las tolvas de dosificación de agregados y las fajas transportadoras se encuentran bajo instalaciones techadas, esto con el fin de prevenir la afectación de la humedad durante el proceso de producción de la mezcla asfáltica.

La planta cuenta con un silo de almacenaje de la mezcla asfáltica producida, así como debajo de éste, un sistema de plataforma camionera para el pesaje de vagonetas y mezcla asfáltica.

En cuanto a la cabina de control se observa que cuenta con dispositivos automáticos y digitales para el control y monitoreo de la producción de la mezcla asfáltica, tales como control de la temperatura de asfalto, ajustes en la dosificación de asfalto ó velocidad de producción por humedad de los agregados, indicadores de temperaturas en el tambor mezclador y secador, del cemento asfáltico y de la llama del quemador, además un sistema que grafica la temperatura de la mezcla producida, entre otros controles (Fotografía 4). También tal como se observa en la Fotografía 4, se tiene una plataforma que favorece la realización de forma segura del muestreo de la mezcla asfáltica.

Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación: Sección 3 "Planta Mezcladora de Asfalto" del cartel de Licitación para los Proyectos de Conservación Vial Red Vial Nacional Pavimentada Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV.



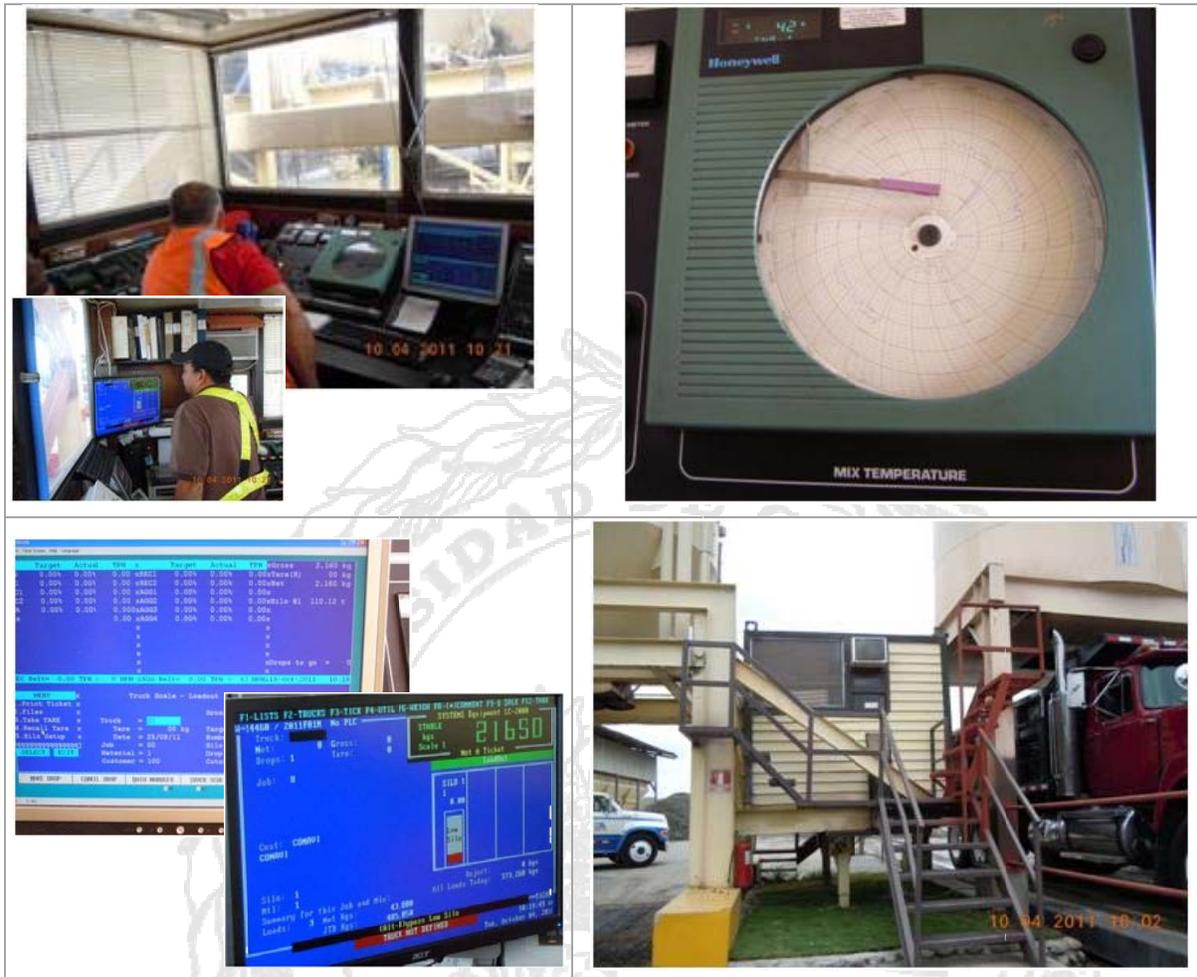
Fotografía 1 Silos de almacenaje de mezcla asfáltica producida (principal y auxiliar)



Fotografía 2 Tolvas de dosificación de agregados, con estructura de techos.



Fotografía 3 Fajas de transporte de agregados y casa de finos.



Fotografía 4 Cabina de control (vista externa e interna) y plataforma de muestreo.



Fotografía 5 Plataforma de pesaje. Tambor doble barril (secador y mezclador).



Fotografía 6 Zona bajo techo en donde se ubican los tanques de almacenamiento de cemento asfáltico, combustibles y otros. Estructura techada para protección de banda agregados.

HALLAZGO Nº 2: SE MANTIENEN BAJO CONTROL METROLÓGICO LOS COMPONENTES DE MEDICIÓN Y TEMPERATURA DE LA PLANTA, ASÍ COMO DE LA BALANZA CAMIONERA DE PESAJE ESTIPULADOS LA DOCUMENTACIÓN CONTRACTUAL.

De la revisión y análisis de la documentación relacionada con las actividades de control metrológico implementadas por el Grupo Orosí en la planta de producción de mezcla asfáltica se pudo determinar que la mayoría de los componentes de medición e indicadores de temperatura se mantienen bajo actividades de calibración vigentes, tal como se detalla en la Tabla 1. Se establece que estos componentes, han estado sujetos a actividades de calibración durante el mes de enero y el mes de setiembre del presente año 2011.

Tabla 1. Resumen de calibraciones de elementos sensores de peso, temperatura, flujo y otros

Componente	Fecha	Certificado	Fecha	Certificado
Indicador de Temperatura Control de Flama	27/01/2011	20110127-15-3	02/09/2011	20110902-49-4
Indicador de Temperatura de Mezcla	17/01/2011	20110117-49-7	02/09/2011	20110902-49-3
Indicador Temperatura Bag House	17/01/2011	20110117-49-5	02/09/2011	20110902-49-2
Indicador Temperatura Bomba de asfalto	17/01/2011	20110117-49-1	02/09/2011	20110902-55-2
Indicador Temperatura de gases	31/01/2011	20110131-51-2	02/09/2011	20110902-55-1
Manómetro Suministro gasóleo	17/01/2011	20110117-49-6	02/09/2011	20110902-49-1
Termómetro Manométrico Tanque Asfalto	27/01/2011	20110127-15-4	02/09/2011	20110902-55-3

De igual manera se pudo evidenciar que el sistema de pesaje se encuentra bajo actividades de control metrológico vigentes, las cuales se realizaron durante los meses de enero, mayo y agosto de 2011, de acuerdo con lo detallado en la Tabla 2 dichas actividades han consistido de labores de comprobación y calibración.

Tabla 2. Resumen de calibraciones de la báscula de pesaje dinámico

Componente	Fecha	Comprobación	Calibración	Magnitud
Báscula de pesaje Dinámico	20/01/2011	Constancia de Pesaje	-	ni
	03/05/2011	-	20110503-01JB	1000 - 11000 kg
	26/08/2011	Constancia de Pesaje	-	1000 - 20440 kg

Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación: Sección 3 "Planta Mezcladora de Asfalto" del cartel de Licitación para los Proyectos de Conservación Vial Red Vial Nacional Pavimentada Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV.



6.1.2. Sobre el control de agregados

HALLAZGO Nº 3: LA DISPOSICIÓN Y EL CONTROL GENERAL DE LOS AGREGADOS MINERALES SE REALIZA DE ACUERDO CON LA DISPOSICIÓN GENERAL VIGENTE AM-03-2001.

Para la producción de mezcla asfáltica se tienen dispuestos cuatro apilamientos de agregados; según el diseño de mezcla los agregados grueso, intermedio y polvo de piedra provienen del Quebrador Ujarrás y otro para el agregado intermedio procedente del Quebrador El Indio. Dichos apilamientos se mantienen debidamente separados entre sí, lo que evita la intercontaminación entre ellos, además la superficie sobre la que ubican se observa limpia, plana y estable.

En cuanto al espacio disponible para el apilamiento de los agregados, se observa que tal como se muestra en la Fotografía 7, consiste en un área suficiente para mantener las cuatro fracciones que se solicitan en el cartel, considerando que además se mantienen apilados varios agregados ajenos a la producción de mezcla asfáltica. Sin embargo se observa que el espacio disponible para la recarga de agregados es limitado. Además se observa el uso de lonas para la protección de humedad en los apilamientos ante condiciones de lluvia, tal como se observa en la Fotografía 8.

Control de agregados

Según indica el inspector de planta, los controles de humedad de los apilamientos se realizan diariamente antes del inicio de la producción y durante el proceso productivo cada dos horas, aproximadamente. Estos ensayos se llevan a cabo en las instalaciones del laboratorio de control de calidad², contratado por el Grupo Orosí, ubicadas aproximadamente a 10 minutos de las instalaciones de la planta asfáltica, según lo declara el técnico de laboratorio entrevistado.

En tanto se realizan controles de la granulometría de cada uno de los apilamientos de forma diaria, mientras que la verificación de la combinación granulométrica conformada por las tolvas de dosificación en frío y obtenida en la banda transportadora se efectúa durante una vez a la semana.

² OJM Consultores de Calidad y Laboratorios

Informe LM-PI-AT-154-11	Fecha de emisión: 03 de Enero de 2012	Página 15 de 36
----------------------------	---------------------------------------	-----------------



Fotografía 7 Zona de apilamientos de agregados



Fotografía 8 Lonas para protección de apilamientos de agregados

Fórmula de trabajo

En la Tabla 3 se presenta la fórmula de trabajo utilizada en la producción de mezcla asfáltica durante la vista del día 4 de octubre de 2011, en dicha tabla se contrasta con la fórmula indicada en el diseño de Mezcla Asfáltica elaborado por el laboratorio OJM en el documento 261-2011, tal como se puede observar en dicha tabla la variación porcentual en la cantidad de materiales fino (polvo de piedra) con respecto al diseño es de un 4%.

Tabla 3. Fórmula de trabajo utilizada el día 04 de octubre de 2011

--

Con el fin de evaluar los cambios que podrían derivarse de la variación porcentual que se presenta en la fórmula de trabajo, se compara la granulometría obtenida con estos porcentajes respecto a las especificaciones y la tolerancia permitida en las especificaciones, determinándose que con dichos porcentajes la granulometría producida presenta un riesgo potencial de incumplimiento de los rangos de especificación para los tamaños de mallas de 1/2, N°4 y N°8, debido a que se reduce la tolerancia en -3/+5, -3/+4 y -2/+4 para cada uno de los casos, respectivamente.

Tabla 4. Combinación granulométrica de diseño calculada con la fórmula de trabajo del 04 de octubre de 2011

Especificaciones Generales					Formula de trabajo		
Tamaño	Malla	Especificación		Tolerancia especificada	Granulomet Formula de trabajo	Tolerancia formula de trabajo	
		Mín	Máx			Mín	Máx
25 mm	1	100	100	±5	100	100	100
19 mm	3/4	100	100	±5	100	100	100
12,5 mm	1/2	90	100	±5	93	88	98
9,5 mm	3/8	70	90	±5	79	74	84
4,75 mm	4	45	65	±4	48	44	52
2,36 mm	8	28	39	±4	30	26	34
1,18 mm	16	16	26	±4	20	16	24
0,600 mm	30	9	19	±4	14	10	18
0,300 mm	50	5	16	±4	10	6	14
0,075 mm	200	2	8	±2	4,9	2,9	6,9

Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación: Sección 2 "Especificaciones para mezcla asfáltica en caliente" y Sección 3 "Planta Mezcladora de Asfalto" del cartel de Licitación para los Proyectos de Conservación Vial Red Vial Nacional Pavimentada Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV.

Prácticas ordinarias de producción de mezcla asfáltica señalan que variaciones mayores al 5%-6% en una de las fracciones granulométricas determinan un riesgo potencial debido a que pueden llegar a presentarse cambios significativos en la combinación granulométrica final, aumentando la posibilidad de ocurrencia de incumplimientos en la tolerancia y en el rango granulométrico, por lo que a partir de estos valores es recomendable controlar la granulometría, inclusive revisar el diseño de mezcla inicial, para valorar si continúa cumpliendo los requisitos contractuales.

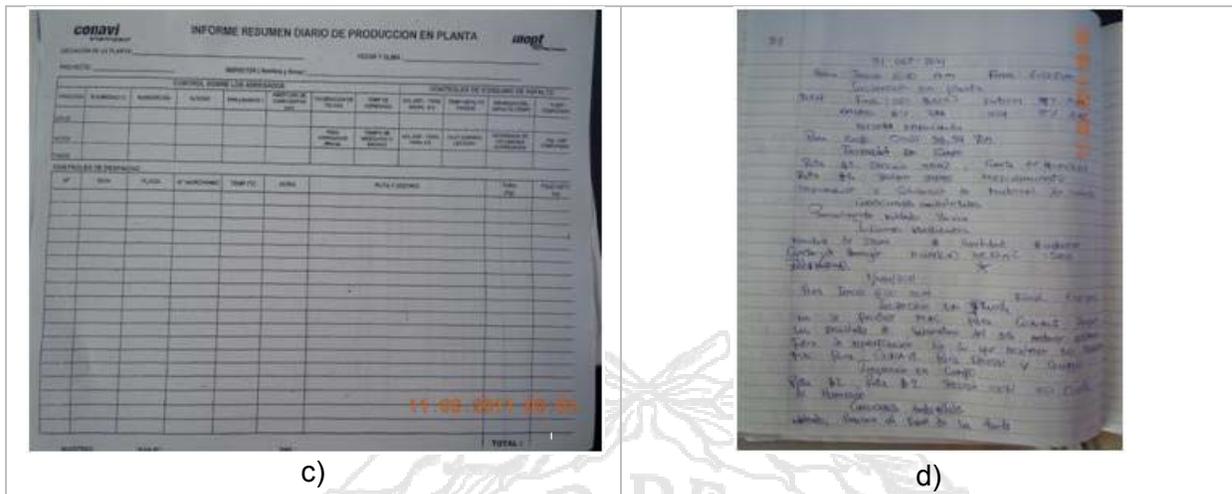
6.1.3. Sobre los controles de producción y despacho de mezcla asfáltica

HALLAZGO N° 4: SE EVIDENCIA LA APLICACIÓN DE CONTROLES ESPECIFICADOS EN LA DISPOSICIÓN GENERAL VIGENTE AM-03-2001 PARA LA SUPERVISIÓN DE PRODUCCIÓN Y DESPACHO DE MEZCLA ASFÁLTICA.

Durante la visita a las instalaciones de la planta, se observa que se mantiene un inspector de planta destacado por parte del Conavi en esta planta con el propósito de efectuar las labores de supervisión de la producción de mezcla asfáltica en caliente y despacho de mezcla a las diferentes zonas de Conservación Vial que abastece la planta de Orosí (zona 1-7 ubicada en Cartago) y a las zonas: 1-1 (San José), 1-2 (Puriscal), 1-3 (Los Santos) y 1-8 (Turrialba) asignadas a la Constructora Hernán Solís. El inspector mantiene implementadas diversos controles documentales, entre ellos:

- Guías de entrega y despacho de mezcla (Fotografía 9a), en la que se registra la identificación de la vagoneta, el destino, el tonelaje de mezcla, temperatura, entre otros datos.
- Entrega y control de marchamos de Conavi (fotografía 9a).
- Bitácora de muestreo en planta (fotografía 9b), en donde se anota la vagoneta en la cual se realizó el muestreo, laboratorios y personal que efectúa el muestreo, hora de viaje entre otra información.
- Tabla resumen semanal de producción (Fotografía 9c), en la cual se detalla la cantidad de mezcla producida diariamente y las zonas a las que fue despachada.
- Registro de actividades del inspector en bitácora foliada (Fotografía 9d), indicando las labores realizadas, la hora de inicio y final de supervisión y cualquier anomalía que se haya presentado durante el proceso de producción y despacho de la mezcla.





Fotografía 9 Bitácoras para supervisión y despacho de mezcla asfáltica.

Además el inspector de planta mantiene, para consulta y referencia, copia del informe del diseño de mezcla vigente, correspondiendo al diseño realizado por el Laboratorio OJM en el informe 261-2011. De igual manera se observa que tiene una termocupla para medir las temperaturas de la mezcla despachada, sin embargo dicha termocupla no se mantiene bajo actividades de control metrológico vigente.

Asimismo, fue posible observar el uso del sistema de marchamo de Conavi en las vagonetas que se despachan, éstos se suministran junto con la guía de entrega y despacho de mezcla a cada conductor de la vagoneta, quien posteriormente lo coloca en la compuerta de la góndola, tal como se aprecia en la Fotografía 10 Sistema de marchamos de Conavi.



Fotografía 10 Sistema de marchamos de Conavi.

Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación: Prácticas de control implementadas por la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, y lo dispuesto en el cartel de Licitación para los Proyectos de Conservación Vial Red Vial Nacional Pavimentada Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV.

6.1.4. Sobre el proceso de pesaje

HALLAZGO N° 5: EL PROCESO DE PESAJE DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CONTENIDA EN LAS VAGONETAS, QUE SE REALIZA EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DEL GRUPO OROSÍ, NO REPORTA DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS CON LOS PESOS MEDIDOS CON LOS EQUIPOS CALIBRADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.

Durante las diferentes visitas realizadas a la planta de producción de mezcla asfáltica, el equipo auditor determinó el peso de la mezcla asfáltica despachada en diversas vagonetas con la finalidad de corroborar el sistema y operación de la plataforma de pesaje utilizada en la planta del Grupo Orosí.

El procedimiento de pesaje de vagonetas cargadas con mezcla asfáltica implementado por la auditoría técnica se realiza mediante un sistema de balanzas camioneras, las cuales se ubican en el sitio de la planta, de manera que se pueda pesar cada uno de los ejes de la vagoneta. Además cabe destacar que las dichas balanzas cuentan con sus respectivos certificados de calibración, y que dentro del procedimiento de pesaje se considera y se valora la influencia de posibles variables tales como:

- a) Pendiente del terreno, longitudinal y transversalmente,
- b) presión de inflado de las llantas y
- c) uso del freno durante el pesaje.

El proceso de pesaje se realiza dos veces para cada uno de los ejes de cada vagoneta que es pesada, la primera secuencia de pesaje con la vagoneta vacía ("Tara") y la segunda secuencia con la vagoneta cargada (peso bruto), de esta forma al restar los dos pesos se obtiene el peso total de la mezcla transportada en la vagoneta (peso neto) que se está analizando. La secuencia de pesaje se muestra en la siguiente Figura 1, obsérvese que cada uno de los ejes es pesado simultáneamente.

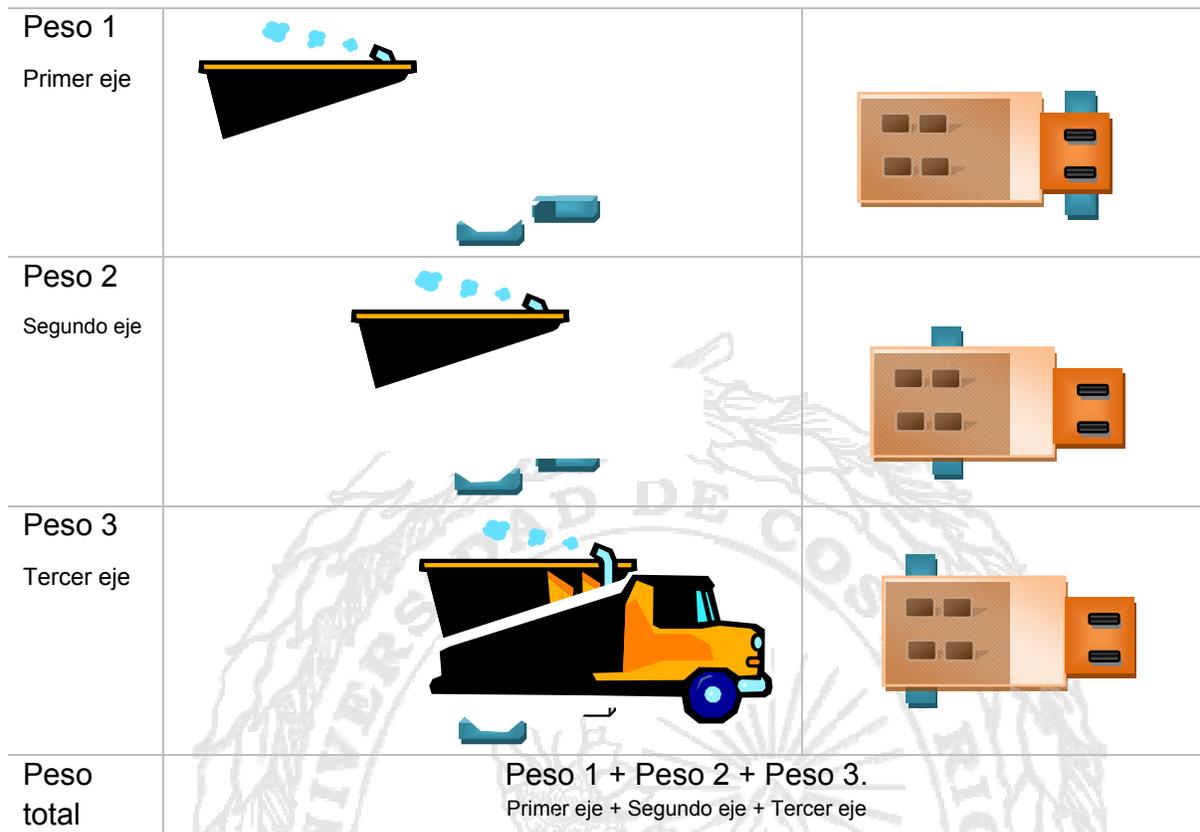


Figura 1. Esquema de proceso de pesaje de vagonetas.

Una vez obtenido los valores de peso de cada uno de los ejes de la vagoneta descargada y cargadas, se puede determinar el peso de la mezcla despachada en la planta. Luego estos valores son contrastados con los datos que se reportan, tanto en la cabina de control como en las boletas de despacho de cada vagoneta. En la Tabla 5 se presenta el detalle de las mediciones de peso realizadas.

Tabla 5. Detalle de las mediciones de peso realizadas en la planta del Grupo Orosí

Día	Placa	LanammeUCR <i>pesos en kg</i>			Grupo Orosí <i>pesos en kg</i>			Diferencia <i>pesos en ton (- faltante)</i>
		Tara Vagoneta	Peso Bruto	Peso Neto	Tara Vagoneta	Peso Bruto	Peso Neto	
18/10/2011	C151783	12.750	28.600	15.850	12.800	29.170	16.370	-0,52(3.3%)
	C150400	10.800	20.650	9.850	10.840	21.000	10.160	-0,31(3,1%)
	C145516	11.550	21.750	10.200	11.770	22.130	10.360	-0,16(1,6%)
02/11/2011	129822	12.150	26.750	14.600	11.460	26.690	14.750	-0,15(1.0%)
	131304	11.450	23.450	12.000	11.460	23.440	11.980	0,02(0,2%)
	133996	11.450	26.200	14.750	11.460	26.170	14.710	0,04(0.3%)
	156223	12.250	26.900	14.650	12.450	27.380	14.930	-0,28(1.9%)
03/11/2011	129640	11.200	23.250	12.050	11.230	23.190	11.960	0,09(0.7%)
	149112	12.450	30.950	18.500	12.170	30.620	18.450	0,05(0.3%)
	129822	12.300	24.100	11.800	12.080	24.020	11.940	-0,14(1.2%)
	142653	12.650	30.350	17.700	12.450	30.540	18.090	-0,39(2.2%)
	133996	11.350	26.300	14.950	11.420	26.380	14.960	-0,01(0.1%)

Como parte de un proceso de comparación de pesos mediante diferente tipos de balanzas, las prácticas internacionales permite una diferencia entre dos diversos instrumentos para la determinación de peso, considerándose diferencias permisibles hasta de un 3% máximo (aproximadamente 300kg a 450 kg) para magnitudes cercanas entre las 10 a 15 ton, diferencias mayores a los valores indicados se consideran diferencias significativas.

De acuerdo con los valores detallados en la Tabla 5, se observa que en general las diferencias de pesos son menores al margen aceptable en aproximadamente el 92% de los pesajes realizados, sin embargo en uno de los casos la diferencia de pesos excede la media tonelada. Sin embargo se determina que no es una desviación sistemática, ya que la mayoría de las diferencias son menores al 3%, lo cual podría atribuirse a los errores que existen durante el proceso de pesaje y que fueron señalados anteriormente.



Fotografía 11 Proceso de pesaje de vagonetas en planta y boleta de despacho.

En cuanto a los pesos de las vagonetas vacías (peso de Tara) se denota que en las boletas de despacho el peso consignado coincide con el peso obtenido por el LanammeUCR, sin embargo, en cuatro de los casos se advierte una diferencia cercana a los 200 kg entre la tara reportada por el sistema de control de la planta, y el peso determinado durante el proceso de pesaje (ver Figura 2). El proceso de pesaje y despacho debe ser controlado cabalmente, ya que pequeñas discrepancias podría generar -a la larga- diferencias en la cantidad de producto despachado.

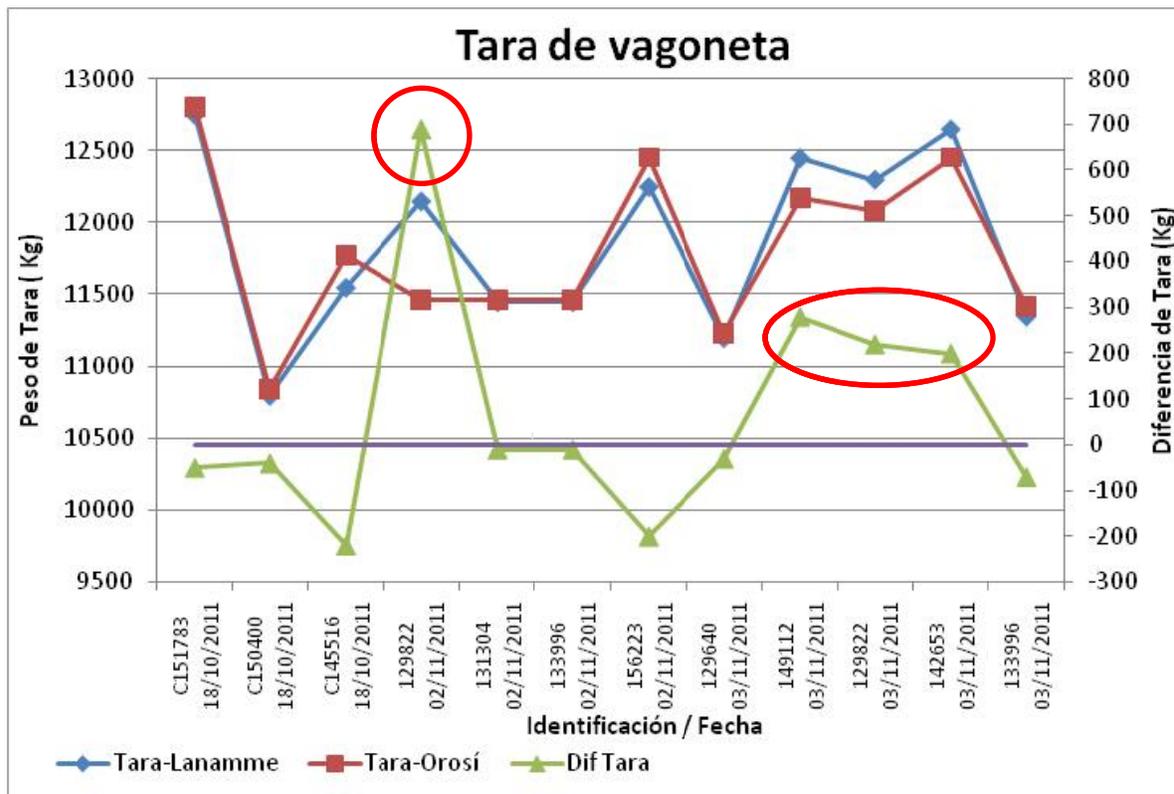


Figura 2. Gráfico comparativo de los pesos de tara de vagonetas y las diferencias entre los valores.

Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación: Sección 3 "Planta Mezcladora de Asfalto" del cartel de Licitación para los Proyectos de Conservación Vial Red Vial Nacional Pavimentada Licitación Pública N° 2009LN-000003-CV.

6.1.5. Sobre el diseño de la mezcla asfáltica

HALLAZGO N° 6: LA TOLERANCIA PERMITIDA PARA LA GRANULOMETRÍA PROPUESTA EN EL DISEÑO DE MEZCLA (INFORME N° 261-2011) SE RESTRINGE PARA LOGRAR CUMPLIR LOS LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MALLAS ½" Y N° 8.

Con el propósito de corroborar que la tolerancia de la granulometría de diseño determinada en el informe de diseño de mezcla N° 261-2011 cumple satisfactoriamente con las especificadas para la "Graduación de la combinación de agregados" en la Tabla 2 de la Disposición AM-01-2001³, se realiza una comparación de los límites especificados para cada

³ Includo en el Anexo I "Capítulo 400" del Cartel de Licitación 2009LN-000003-CV.

tamaño granulométrico con los valores extremos del rango, resultantes al aplicar la tolerancia establecida en la tabla mencionada. En la Tabla 6 se detallan los resultados de la comparación realizada.

Como resultado del análisis del rango de diseño, se evidenció que los valores indicados de porcentaje de agregado que pasa las mallas de $\frac{1}{2}$ " y N° 8, se encuentran por debajo del límite inferior de la especificación. Lo cual restringe el rango de tolerancia permitido en 1 unidad (de 5) para la malla de $\frac{1}{2}$ " y en 1 unidad (de 4) para la malla N° 8.

Además el límite inferior del rango de diseño coincide con el límite inferior de especificación para la malla N° 4. De igual manera el límite superior del rango de diseño y el límite superior de especificación coinciden para la malla N° 30.

En la Tabla 6 se detalla la comparación efectuada y en la Figura 3 se muestra gráficamente la comparación entre los límites del rango de diseño y los límites de especificación.

Tabla 6. Granulometría del diseño de mezcla asfáltica de acuerdo con informe N° 261-2011

Mallas	Rango de especificación (1)	Tolerancia de granulometría (1) (2)	Granulometría de diseño	Rango de diseño (3)	Tolerancia real de granulometría (1) (2)
$\frac{3}{4}$ (19,1 mm)	100	-----	100	100	-----
$\frac{1}{2}$ (12,5 mm)	90 – 100	± 5	94	89 – 99	-4 / +5
$\frac{3}{8}$ (9,5 mm)	70 – 90	± 5	81	76 – 86	± 5
N° 4 (4,75 mm)	46 – 65	± 4	50	46 – 55	± 4
N° 8 (2,36 mm)	28 – 39	± 4	31	27 – 35	-3 / +4
N° 16 (1,18 mm)	16 – 26	± 4	21	17 – 25	± 4
N° 30 (600 μ m)	9 – 19	± 4	15	11 – 19	± 4
N° 50 (300 μ m)	5 – 16	± 4	10	6 – 14	± 4
N° 200 (75 μ m)	2 – 8	± 2	5,1	3,1 – 7,1	± 2

⁽¹⁾ De acuerdo con los valores establecidos para la graduación de 12,5 mm en la Tabla 1 del apartado 401.04.02.01 de la Disposición Vial AM-01-2001.

⁽²⁾ La tolerancia es la desviación permisible al valor propuesto en la granulometría de diseño, sin salirse del rango especificado. La tolerancia es absoluta.

⁽³⁾ El rango de diseño se obtiene al aplicar la tolerancia a la granulometría de diseño propuesta.

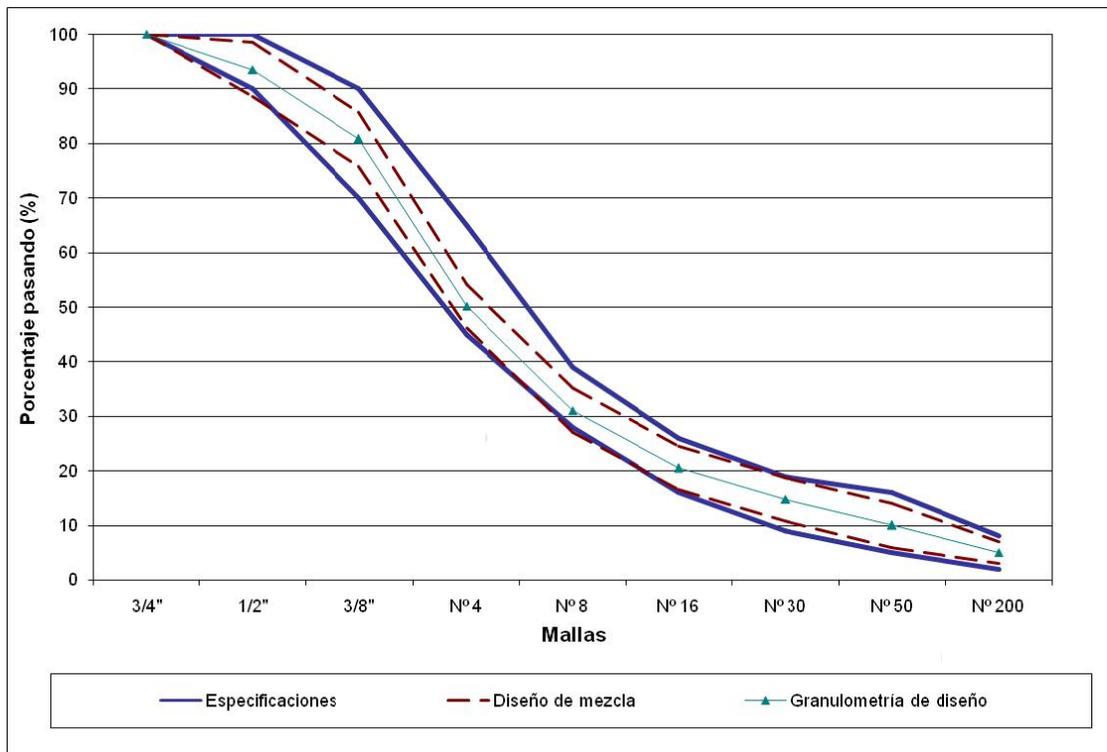


Figura 3. Gráfico comparativo de granulometría de diseño de mezcla, rango de diseño y límites de especificación según la Disposición Vial AM-01-2001

Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación: Tabla 1 Apartado 401.04.02.01 Graduación de la combinación de agregados" de la Disposición Vial AM-01-2001.

Cuando los límites del rango de diseño sobrepasan los límites de especificación (inferior o superior) reduce el ámbito en el que puede variar la combinación granulométrica durante el proceso productivo, asimismo, la coincidencia entre los límites del rango de diseño y los límites de especificación, podría representar un riesgo potencial de incumplimiento como producto de la variabilidad propia del proceso de producción. Tal como sucede con el tamaño granulométrico malla de 1/2" en donde la magnitud del rango se reduce en un 20% hacia el límite inferior, lo cual implica que por condiciones del diseño de mezcla el porcentaje de agregado que pasa dicha malla solamente puede variar en una magnitud de 4%, y no en un 5% tal como lo permite la especificación. En el caso de la malla N° 8 la reducción corresponde a un 25% del rango inferior.

El riesgo de incumplimiento se produce cuando la granulometría de trabajo se acerca a algún límite del rango de diseño, y este límite coincide con el límite de especificación, lo cual no permite tener un margen de seguridad para cumplir con la especificación y ajustar la granulometría durante el proceso productivo.

6.2. Observaciones de la Auditoría

Las observaciones contenidas en este informe se fundamentan en normativas o especificaciones que no son documentos contractuales, pero que obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería y a la experiencia internacional.

6.2.1. Sobre la consistencia del diseño de mezcla vigente durante el periodo de estudio

Observación N° 1: El análisis del contenido de asfalto determina una disminución en el rango en el cual se cumplen los parámetros de vacíos y VFA que forman parte de los parámetros de diseño definidos en la Disposición Vial AM-01-2001 para la metodología Marshall y requisitos de la mezcla asfáltica.

La metodología de diseño de mezcla asfáltica tiene como finalidad fundamental encontrar la combinación adecuada de agregados minerales y cemento asfáltico, que permita brindarle a la mezcla asfáltica resultante una serie de características físicas y de resistencia que se establecen en los requisitos contractuales de calidad de la mezcla asfáltica.

La Disposición Vial AM-01-2001 define los requisitos que cuantifican la calidad de la mezcla asfáltica a través de la definición de valores límites de algunos parámetros específicos para la mezcla asfáltica, tanto de la metodología Marshall y de características volumétricas, a saber: contenido de vacíos de la mezcla, estabilidad, flujo, vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos llenos de asfalto (VFA), correspondientes de la metodología Marshall y el parámetro volumétrico de la relación polvo/asfalto. En la Tabla 7 se detallan los valores establecidos en las especificaciones contractuales para cada uno de los parámetros señalados.

Tabla 7. Valores definidos para los parámetros de calidad en la Disposición Vial AM-01-2001.

Parámetro		Especificaciones
Estabilidad		Mínimo 800 kg
Flujo		20 a 40 ¹ / ₁₀₀ cm
Vacíos en la mezcla		3% a 5%
Relación polvo/asfalto		0,6 a 1,3
Vacíos en agregado mineral (VAM)		Mínimo 14%
Vacíos llenos de asfalto (VFA)		
Tráfico en millones de ejes equivalentes	Inferior a 0,3 (liviano)	70% a 80%
	De 0,3 a 3 (medio)	65% a 78%
	Superior o igual a 3 (pesado)	65% a 75%

En el informe LM-AT-41-09 **“Evaluación de los diseños de mezcla asfáltica en caliente utilizados en actividades de conservación vial: cumplimiento de los requisitos técnicos de las especificaciones contractuales y normativa vigente”** emitido en agosto de 2009, se detallan los conceptos fundamentales del diseño de mezcla.

Los valores establecidos en las especificaciones contractuales para todos los parámetros mencionados deben cumplirse dentro de la totalidad del rango óptimo de contenido de asfalto establecido en el diseño de mezcla analizado en Informe N° 261-2011, que en el caso de estudio corresponde a $5,75\% \pm 0,5\%$ (5,25% a 6,25%). Sin embargo, al analizar el comportamiento de cada uno de los parámetros se observa que algunos no cumplen con los valores especificados en la totalidad del rango óptimo indicado en el diseño.

Por esta razón se analiza el comportamiento individual de cada parámetro dentro del rango óptimo de contenido de asfalto y con el propósito de simplificar la comprensión del resultado del análisis se elabora un diagrama para cada parámetro analizado. En el diagrama se detallan dos parámetros, uno es el contenido de asfalto, identificado como “Rango Asfalto”, para el cual se indican los valores de los límites del rango óptimo y se detallan algunos puntos intermedios de contenido de asfalto; el segundo parámetro corresponde al que se está analizando señalando su cumplimiento o incumplimiento con respecto a las especificaciones contractuales dentro del rango óptimo de contenido de asfalto en el cual se produce la mezcla asfáltica. Para indicar los valores de contenido de asfalto en los cuales el parámetro cumple con las especificaciones establecidas, se utiliza el color gris con líneas inclinadas, mientras que se usa el color anaranjado para denotar los valores de contenido de asfalto en los cuales el parámetro ya no cumpliría con los requisitos establecidos en las especificaciones contractuales.

Como resultado del análisis se determina que:

- El parámetro de estabilidad es mayor a 800 kg en todo el rango de contenido de asfalto. Por lo que se cumple con las especificaciones de este parámetro, (inciso a. del apartado 401.06 de la Disposición Vial AM-01-2001) en todo el rango óptimo de contenido de asfalto.



- Se cumple con el rango del parámetro de flujo (20 a 40 $1/100$ cm indicado en el inciso b. del apartado 401.06 de la Disposición Vial AM-01-2001) en todo el rango de contenido de asfalto



El límite inferior del rango de contenido de asfalto debe aumentarse de 5,25% a 5,46% para que los vacíos de la mezcla no sobrepasen el 5% y el límite inferior de 3% se cumple satisfactoriamente. (inciso d. del apartado 401.06 de la Disposición Vial AM-01-2001). Lo cual indica que se incumpliría con los valores límites de este parámetro si durante la producción se utiliza un valor de contenido de asfalto menor a 5,46% y mayor a 6,25%.



- Se cumple con el rango del parámetro de relación polvo/asfalto (0,6 a 1,3 indicado en el inciso e. del apartado 401.06 de la Disposición Vial AM-01-2001) en todo el rango de contenido de asfalto.



- Los vacíos en el agregado mineral son superiores al valor mínimo de 14% en todo el rango de contenido de asfalto (inciso f. del apartado 401.06 de la Disposición Vial AM-01-2001).



- Según lo que se indica en el informe de diseño de mezcla asfáltica INF. 261-11 el tránsito que se estima para la ruta se clasifica como alto (mayor a 3 millones de ejes equivalentes), por lo que el parámetro de VFA (inciso i. del apartado 401.06 de la Disposición Vial AM-01-2001) debe mantenerse entre 65% y 75%. Al analizar el diseño de mezcla se obtiene que en el límite inferior del rango de contenido de asfalto de 5,25% el valor de VFA es de 65%, sin embargo el límite superior del rango de contenido de asfalto debe reducirse de 6,25% a 5,92% para que el valor del VFA no exceda 75%. Por lo que para cumplir con este parámetro se debe producir en un rango de contenido de asfalto de 5,25% a 5,92%.



En la Tabla 8 se muestra el resumen de los análisis realizados en donde se observa los límites máximos y mínimos del rango contenido de asfalto requeridos para el cumplimiento de cada uno de los parámetros con las especificaciones contractuales.

En la misma tabla se indica la restricción máxima del rango de contenido de asfalto que garantizaría el cumplimiento de la totalidad de los parámetros establecidos con los valores indicados en las especificaciones contractuales.

Tabla 8. Análisis del rango efectivo de contenido de asfalto para el informe N° 261-11

Parámetro	Límites de especificación		Contenido de asfalto (5,25% a 6,25%)	
			Porcentaje de cumplimiento	
			Mínimo	Máximo
Estabilidad, kg	Mayor a 800		5,25	6,25
Flujo, 1/100 cm	20	40	5,25	6,25
Contenido de vacíos, %	5	3	5,46	6,25
Relación Polvo/asfalto	1,3	0,6	5,25	6,25
VMA	Mayor a 14		5,25	6,25
VFA (mayor 3 millones)	65	75	5,25	5,92
Rango efectivo de contenido de asfalto (ver Figura 4)			5,46	5,92

En la Tabla 8 y en la Figura 4 se observa que el rango de contenido de asfalto en el cual la mezcla cumpliría con los valores establecidos en las especificaciones contractuales para los parámetros de estabilidad, flujo, vacíos en la mezcla, VMA, VFA y relación polvo/asfalto, se reduce en un 54%. Esto implica que habría que reducir la variación permitida de $\pm 0,5\%$ a óptimo $+0,29\%$ y $-0,17\%$, aproximadamente.

Informe LM-PI-AT-154-11	Fecha de emisión: 03 de Enero de 2012	Página 30 de 36
----------------------------	---------------------------------------	-----------------

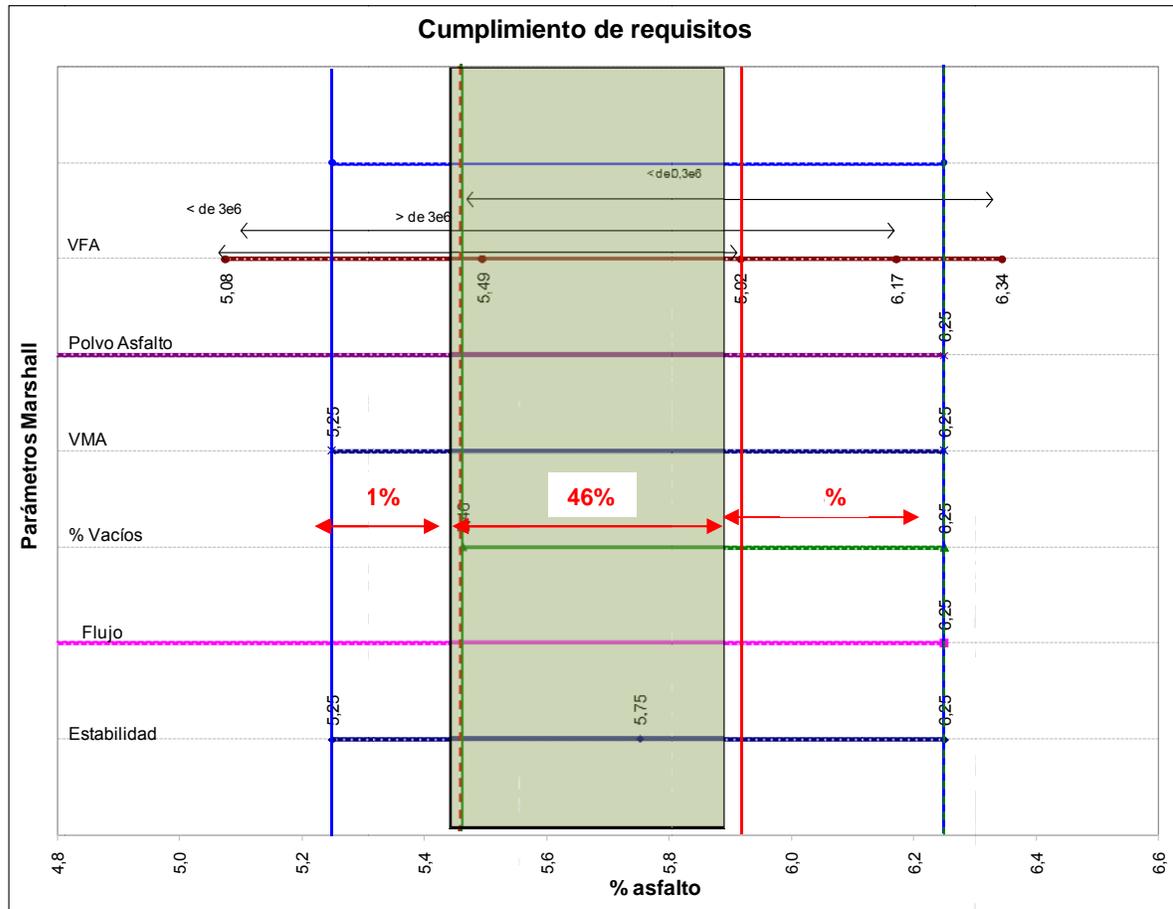


Figura 4. Análisis gráfico del rango efectivo de contenido de asfalto para el informe N° 261-11

Normativa técnica de referencia que respalda lo descrito anteriormente, se detalla a continuación: Apartado 401.06 "Requisitos para la mezcla asfáltica" de la Disposición Vial AM-01-2001.

Como resultado de este análisis se puede afirmar y advertir que el producir mezcla asfáltica en la totalidad del rango óptimo de contenido de asfalto implica un riesgo potencial de incumplimiento, debido a que en los extremos del rango existe una alta posibilidad de sobrepasar el valor de los requisitos establecidos en las especificaciones contractuales para los parámetros de contenido de vacíos de la mezcla y vacíos llenos de asfalto (VFA), lo cual no asegura la calidad de la mezcla asfáltica producida.

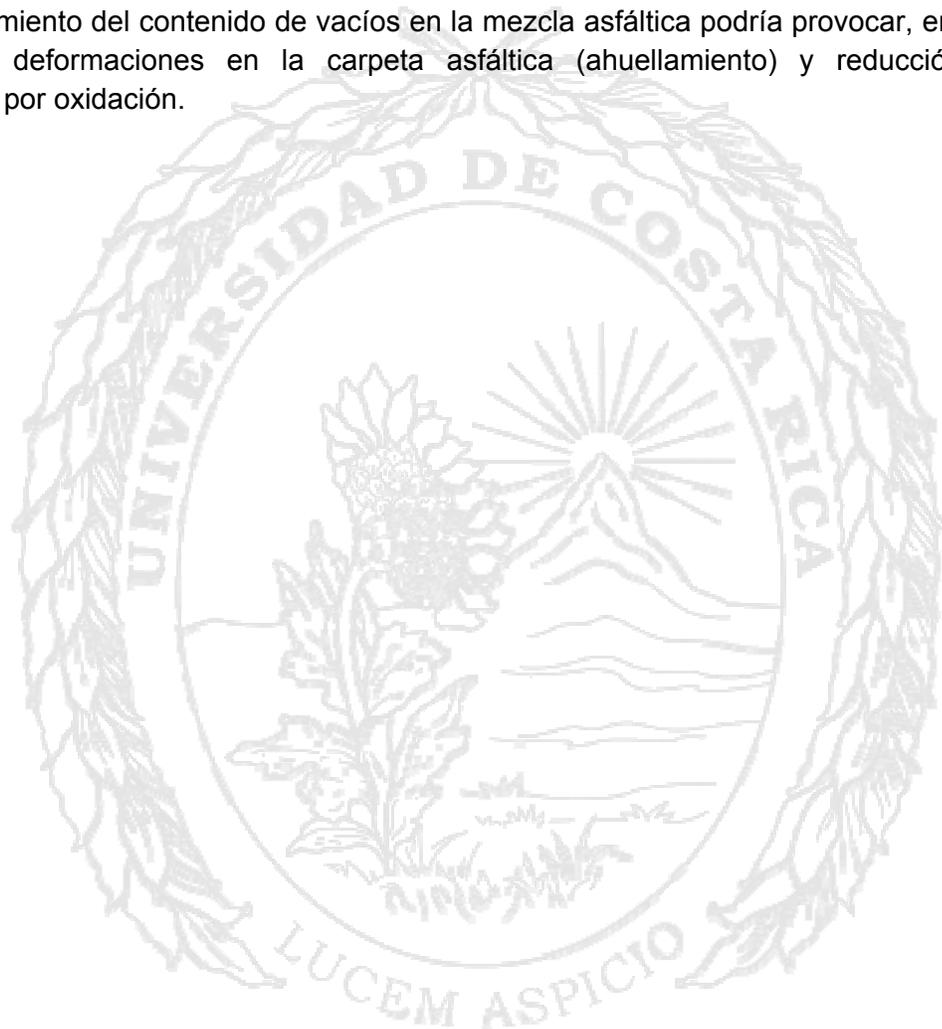
El incumplimiento de los parámetros VFA es producto de varios factores, entre los cuales se encuentran la proporción fina y gruesa de la combinación granulométrica, la porosidad del agregado, el porcentaje de asfalto en la mezcla y el porcentaje de agregado fino y polvo mineral presente en la mezcla.



El exceder los rangos de especificación de dicho parámetros conlleva a deterioros por inestabilidad de la mezcla y exudación de asfalto; además se podrían manifestar problemas de trabajabilidad de la mezcla durante el proceso de colocación, entre otros efectos.

El contenido de vacíos se ve afectado por factores tales como angularidad del agregado fino y grueso, proporción de partículas planas o alargadas, relación existente entre la proporción fina y gruesa de la combinación granulométrica, porcentaje de asfalto en la mezcla, para mencionar algunas posibles causas.

El incumplimiento del contenido de vacíos en la mezcla asfáltica podría provocar, entre otros deterioros, deformaciones en la carpeta asfáltica (ahuellamiento) y reducción de la durabilidad por oxidación.



7. CONCLUSIONES

A partir de las visitas a la planta de asfalto, la valoración de la documentación de calibración, del proceso de pesaje y del análisis del diseño de mezcla asfáltica, se emiten las siguientes conclusiones, con el propósito principal de aportar elementos técnicos a los procesos de mejora continua:

- a. La planta de producción de asfalto reúne los requisitos generales solicitados en la documentación contractual, entre ellos la combinación de agregados se realiza con cuatro tolvas, la planta se compone de tambor secador y mezclador, quemador, casa de filtros, tanque de almacenamiento del asfalto / combustible, bomba de asfalto, silo de almacenaje, plataforma de pesaje y cabina de control entre otros elementos.
- b. La documentación relacionada con el control metrológico evidencia que los componentes de medición e indicadores de temperatura con que cuenta la planta de producción de mezcla asfáltica se mantienen bajo actividades de calibración o comprobación vigentes.
- c. El control de los cuatro apilamientos agregados gruesos, intermedios y polvo de piedra se realiza de acuerdo con lo solicitado en la documentación contractual en cuanto a control granulométrico, determinación de humedades, protección de acopios entre otros aspectos, sin embargo al evaluar la fórmula de trabajo se determina un riesgo potencial en el cumplimiento de la tolerancia permitida de la combinación granulométrica.
- d. Se evidencia que los tamaños granulométricos $\frac{1}{2}$ " y N° 8 presentan incumplimiento con los límites definidos en la Disposición Vial AM-01-2001 para un tamaño máximo nominal de 12,5 mm. Modificar las proporciones de tamaño granulométrico definido puede afectar el desempeño de la mezcla asfáltica al no tener la estructura adecuada para soportar las cargas de tránsito de la carretera.
- e. Durante la producción y despacho de la mezcla asfáltica producida en planta, el inspector de planta del Conavi, supervisa las actividades realizadas anotando en diversos registros el despacho de la mezcla, muestreos realizados. Asimismo, se utiliza el sistema de control de marchamos para el transporte de la mezcla a sitio de trabajo.
- f. Del proceso de pesaje durante el despacho de vagonetas cargadas con mezcla asfáltica, se evidencia que no existen diferencias significativas en los pesos reportados en las boletas de despacho y los obtenidos por el LanammeUCR.
- g. Al analizar el diseño de mezcla con el cual se está produciendo la mezcla asfáltica, se determinó que los parámetros volumétricos de porcentaje de vacíos en la mezcla y

Informe LM-PI-AT-154-11	Fecha de emisión: 03 de Enero de 2012	Página 33 de 36
----------------------------	---------------------------------------	-----------------



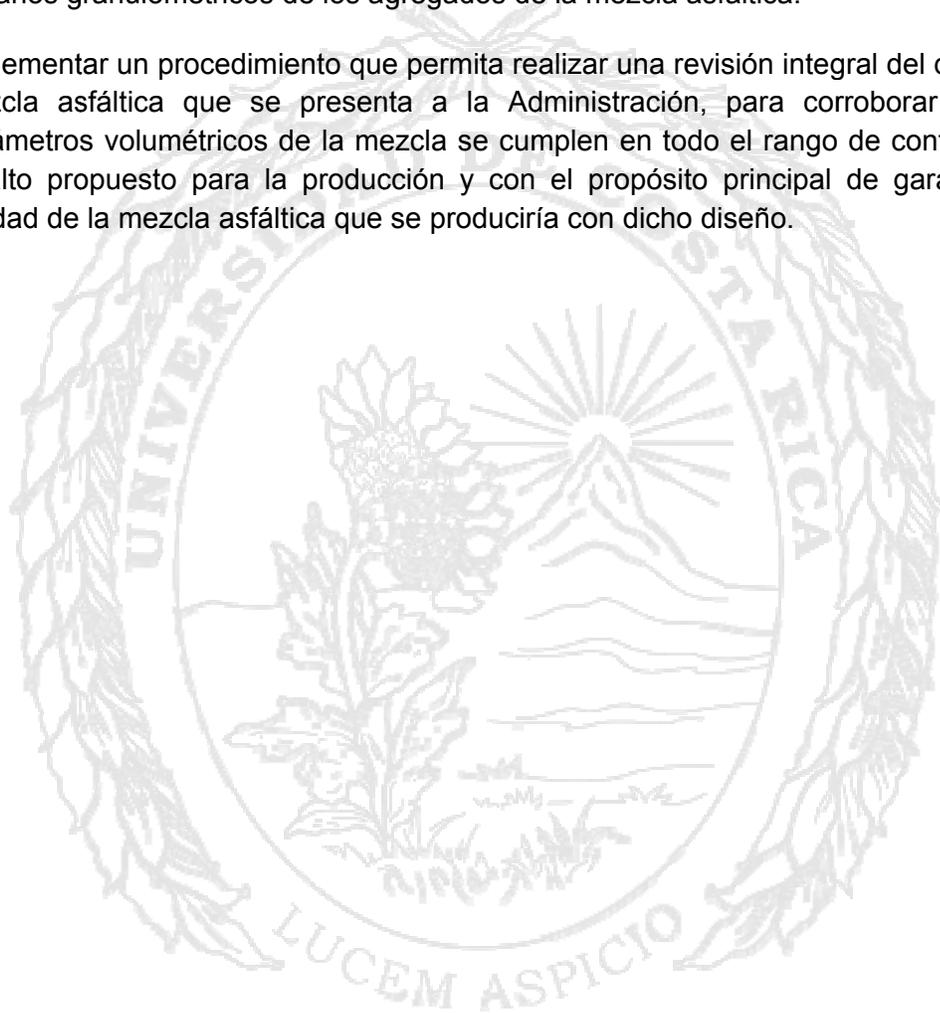
vacíos llenos de asfalto (VFA) muestran un riesgo potencial de incumplimientos en un 54% del rango de contenido óptimo de asfalto establecido en el diseño de mezcla. El exceder los valores establecidos en los términos contractuales, en dichos parámetros pueden causar deterioros por inestabilidad de la mezcla o por exudación de asfalto.



8. RECOMENDACIONES

A continuación se listan algunas recomendaciones para que sean consideradas por la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, con el propósito de que se definan e implementen soluciones integrales a éste y futuros proyectos.

- a. Incluir dentro de las labores de supervisión el monitoreo y control de la variabilidad inherente del proceso productivo para reducir el riesgo de incumplimientos de las especificaciones contractuales en lo que se refiere a los parámetros de vacíos, VFA y tamaños granulométricos de los agregados de la mezcla asfáltica.
- b. Implementar un procedimiento que permita realizar una revisión integral del diseño de mezcla asfáltica que se presenta a la Administración, para corroborar que los parámetros volumétricos de la mezcla se cumplen en todo el rango de contenido de asfalto propuesto para la producción y con el propósito principal de garantizar la calidad de la mezcla asfáltica que se produciría con dicho diseño.



Equipo Auditor



Ing. Víctor Cervantes Calvo.
Auditor Técnico, LanammeUCR



Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.
Auditora Técnica, LanammeUCR

Aprobado por:



Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc Eng.
Coordinadora Auditora Técnica, LanammeUCR

Aprobado por:



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

Visto bueno de legalidad



Lic. Miguel Chacón Alvarado.
Asesor Legal Externo LanammeUCR



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LanammeUCR

PARA RECIBIR

06 de diciembre de 2011
LM-IC-D-1666-2011



M Sc. Francisco Jiménez Reyes
Ministro
Ministerio de Obras Públicas y Transportes

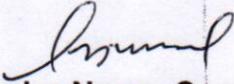
Estimado señor Ministro:

En cumplimiento de los mandatos de fiscalización de obras que le otorga la Ley N° 8114 y su reforma mediante la Ley N° 8603 al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR), me permito enviarle el informe de auditoría técnica **“Evaluación de la planta de producción de mezcla asfáltica del Grupo Orosí. Contratación directa No. 2009LN-000003-CV. Línea 16, zona 1-7: Cartago, Consorcio Grupo Orosí”**, Identificado como LM-PI-AT-154-11.

Tal y como nos lo ordena el párrafo final del artículo 6 de la Ley 8114, también remitimos los resultados del estudio al señor Ministro de la Presidencia, a la señora Contralora General de la República, al señor Presidente de la Asamblea Legislativa y a la señora Defensora de los Habitantes, para lo que a control interno y derecho corresponda realizar.

Adicionalmente, enviamos copia del informe al señor Director Ejecutivo del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Gerente de Construcción de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Auditor a.i. del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Director de proyecto y al Ingeniero de proyecto.

Del señor Ministro de Obras Públicas y Transportes se despide respetuosamente,


Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director LanammeUCR



Adjunto: Lo indicado.

Cc:

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, Ph D. Coordinador General PITRA-LanammeUCR

Ing. Jenny Chaverri Jiménez, M.Sc. Ing. Coordinadora de la Unida de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LanammeUCR

PARA RECIBIR

06 de diciembre de 2011
LM-IC-D-1667-2011

Lic. Juan Carlos Mendoza García
Presidente de la Asamblea Legislativa
Su Despacho

RECIBIDO EN LA PRESIDENCIA

EL DIA 12/12/11

A LAS 8:59

Xinio

FIRMA

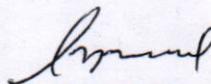
Estimado licenciado Mendoza:

En cumplimiento de los mandatos de fiscalización de obras que le otorga la Ley N° 8114 y su reforma mediante la Ley N° 8603 al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR), me permito enviarle el informe de auditoría técnica "**Evaluación de la planta de producción de mezcla asfáltica del Grupo Orosí. Contratación directa No. 2009LN-000003-CV. Línea 16, zona 1-7: Cartago, Consorcio Grupo Orosí**", Identificado como LM-PI-AT-154-11.

Tal y como nos lo ordena el párrafo final del artículo 6 de la Ley 8114, también remitimos los resultados del estudio al señor Ministro de la Presidencia, a la señora Contralora General de la República, al señor Presidente de la Asamblea Legislativa y a la señora Defensora de los Habitantes, para lo que a control interno y derecho corresponda realizar.

Adicionalmente, enviamos copia del informe al señor Director Ejecutivo del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Gerente de Construcción de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Auditor a.i. del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Director de proyecto y al Ingeniero de proyecto.

Del señor Presidente de la Asamblea Legislativa, suscribe respetuosamente,


Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director LanammeUCR



Adjunto: Lo indicado.

Cc:

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, Ph D. Coordinador General PITRA-LanammeUCR

Ing. Jenny Chaverri Jiménez, M.Sc. Ing. Coordinadora de la Unida de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LanammeUCR

PARA RECIBIR

06 de diciembre de 2011
LM-IC-D-1668-2011

Lic. Carlos Ricardo Benavides Jiménez
Ministro
Ministerio de la Presidencia
Su Despacho

Estimado Señor Ministro:

En cumplimiento de los mandatos de fiscalización de obras que le otorga la Ley N° 8114 y su reforma mediante la Ley N° 8603 al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR), me permito enviarle el informe de auditoría técnica **"Evaluación de la planta de producción de mezcla asfáltica del Grupo Orosí. Contratación directa No. 2009LN-000003-CV. Línea 16, zona 1-7: Cartago, Consorcio Grupo Orosí"**, Identificado como LM-PI-AT-154-11.

Tal y como nos lo ordena el párrafo final del artículo 6 de la Ley 8114, también remitimos los resultados del estudio al señor Ministro de la Presidencia, a la señora Contralora General de la República, al señor Presidente de la Asamblea Legislativa y a la señora Defensora de los Habitantes, para lo que a control interno y derecho corresponda realizar.

Adicionalmente, enviamos copia del informe al señor Director Ejecutivo del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Gerente de Construcción de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Auditor a.i. del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Director de proyecto y al Ingeniero de proyecto.

Del señor Ministro de la Presidencia se despide respetuosamente,

Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director LanammeUCR



Adjunto: Lo indicado.

Cc:

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, Ph D. Coordinador General PITRA-LanammeUCR

Ing. Jenny Chaverri Jimenez, M.Sc. ing. Coordinadora de la Unida de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR

Estado de su Trámite



Estimado/a usuario/a:

Usted puede consultar el estado de su trámite ante Contraloría ingresando a nuestro Sitio Web: www.cgr.go.cr, en el vínculo:

"Estado de su trámite"

Digite el número que se le asignó al presentar su gestión y podrá conocer en detalle el estado de la misma.

Gracias por su atención!

22140

PARA RECIBIR

06 de diciembre de 2011
LM-IC-D-1669-2011

2011 DEC - 8 P 12: 26
22140
RECIBIDO
CONTRALORIA GENERAL
DE LA REPUBLICA

Licda. Rocío Aguilar Montoya
Contralora General de la República
Su Despacho

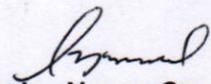
Estimada licenciada Aguilar:

En cumplimiento de los mandatos de fiscalización de obras que le otorga la Ley N° 8114 y su reforma mediante la Ley N° 8603 al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR), me permito enviarle el informe de auditoría técnica "Evaluación de la planta de producción de mezcla asfáltica del Grupo Orosí. Contratación directa No. 2009LN-000003-CV. Línea 16, zona 1-7: Cartago, Consorcio Grupo Orosí", identificado como LM-PI-AT-154-11.

Tal y como nos lo ordena el párrafo final del artículo 6 de la Ley 8114, también remitimos los resultados del estudio al señor Ministro de la Presidencia, a la señora Contralora General de la República, al señor Presidente de la Asamblea Legislativa y a la señora Defensora de los Habitantes, para lo que a control interno y derecho corresponda realizar.

Adicionalmente, enviamos copia del informe al señor Director Ejecutivo del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Gerente de Construcción de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Auditor a.i. del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Director de proyecto y al Ingeniero de proyecto.

De la señora Contralora General de la República, se despide respetuosamente,


Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director LanammeUCR



Adjunto: Lo indicado.

Cc:

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, Ph D. Coordinador General PITRA-LanammeUCR

Ing. Jenny Chaverri Jimenez, M.Sc. Ing. Coordinadora de la Unida de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LanammeUCR

PARA RECIBIR

06 de diciembre de 2011
LM-IC-D-1670-2011



Señora
Ofelia Taitelbaum Yoselewich
Defensora de los Habitantes de la República
Su Despacho

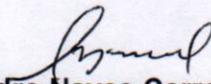
Estimada señora Taitelbaum:

En cumplimiento de los mandatos de fiscalización de obras que le otorga la Ley N° 8114 y su reforma mediante la Ley N° 8603 al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR), me permito enviarle el informe de auditoría técnica "**Evaluación de la planta de producción de mezcla asfáltica del Grupo Orosí. Contratación directa No. 2009LN-000003-CV. Línea 16, zona 1-7: Cartago, Consorcio Grupo Orosí**", Identificado como LM-PI-AT-154-11.

Tal y como nos lo ordena el párrafo final del artículo 6 de la Ley 8114, también remitimos los resultados del estudio al señor Ministro de la Presidencia, a la señora Contralora General de la República, al señor Presidente de la Asamblea Legislativa y a la señora Defensora de los Habitantes, para lo que a control interno y derecho corresponda realizar.

Adicionalmente, enviamos copia del informe al señor Director Ejecutivo del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Gerente de Construcción de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Auditor a.i. del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Director de proyecto y al Ingeniero de proyecto.

De la señora Defensora de los Habitantes, se despide respetuosamente,


Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director LanammeUCR



Adjunto: Lo indicado.

Cc:

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, Ph D. Coordinador General PITRA-LanammeUCR

Ing. Jenny Chaverri Jimenez, M.Sc. Ing. Coordinadora de la Unida de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LanammeUCR

PARA RECIBIR

06 de diciembre de 2011
LM-IC-D-1671-2011

Abonada
12/12/2011

Licda. María de los Ángeles Alfaro Murillo
Presidente
Comisión Permanente Especial para el Control del Ingreso y el Gasto Público
Asamblea Legislativa
Su Despacho

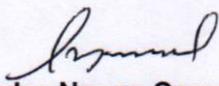
Estimada licenciada Alfaro:

En cumplimiento de los mandatos de fiscalización de obras que le otorga la Ley N° 8114 y su reforma mediante la Ley N° 8603 al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR), me permito enviarle el informe de auditoría técnica "**Evaluación de la planta de producción de mezcla asfáltica del Grupo Orosí. Contratación directa No. 2009LN-000003-CV. Línea 16, zona 1-7: Cartago, Consorcio Grupo Orosí**", Identificado como LM-PI-AT-154-11.

Tal y como nos lo ordena el párrafo final del artículo 6 de la Ley 8114, también remitimos los resultados del estudio al señor Ministro de Obras Públicas y Transportes, a la señora Contralora General de la República, al señor presidente de la Asamblea Legislativa, a la señora Defensora de los Habitantes y al señor Ministro de la Presidencia, para lo que a control interno y derecho corresponda realizar.

Adicionalmente, enviamos copia del informe al señor Director Ejecutivo del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Gerente de Construcción de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Auditor a.i. del Consejo Nacional de Vialidad, al señor Director de proyecto y al Ingeniero de proyecto.

De usted atentamente,


Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director LanammeUCR



Adj: Lo indicado.

Cc:

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, Ph D. Coord. Gral. PITRA-LanammeUCR

Ing. Jenny Chaverri Jiménez, M.Sc. Ing. Coordinadora de la Unida de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LanammeUCR

Moily Azofeifa

7DIC11AM8:36
DIREC. EJECUTIVA

PARA RECIBIR

06 de diciembre de 2011
LM-IC-D-1672-2011

Ing. Carlos Acosta Monge
Director Ejecutivo
Consejo Nacional de Vialidad
Su Despacho

Estimado ingeniero:

En cumplimiento de los mandatos de fiscalización de obras que le otorga la Ley N° 8114 y su reforma mediante la Ley N° 8603 al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR), me permito enviarle el informe de auditoría técnica titulado **“Evaluación de la planta de producción de mezcla asfáltica del Grupo Orosí. Contratación directa No. 2009LN-000003-CV. Línea 16, zona 1-7: Cartago, Consorcio Grupo Orosí”**, Identificado como LM-PI-AT-154-11.

Tal y como nos lo ordena el párrafo final del artículo 6 de la Ley 8114, también remitimos los resultados del estudio al señor Ministro de Obras Públicas y Transportes, a la señora Contralora General de la República, al señor Presidente de la Asamblea Legislativa y al señor Ministro de la Presidencia, para lo que a control interno y derecho corresponda realizar.

Sin otro particular, suscribe respetuosamente,



[Signature]
Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director LanammeUCR

David
CONSERVACION VIAL

7DIC'11 8:30

3 juegos.

Adjunto: Lo indicado.

Cc:

- Ing. Marco Rojas Jenkins, Gerente de Conservación de Vías y Puentes (Adjunto informe)
- Ing. William Abarca Cubero, Director Regional de la región central (Adjunto informe)
- Ing. Pablo Camacho Salazar, Ingeniero Conavi, zona 1-7, Cartago (Adjunto informe)
- Lic. Reynaldo Jiménez Soto, Auditor a.i, Consejo Nacional de Vialidad (Adjunto informe)
- Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, Ph D. Coordinador General PITRA-LanammeUCR
- Ing. Jenny Chaverri Jiménez, M.Sc. Ing. Coordinadora de la Unida de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR

CUNAVI AUDITORIA

7DIC2011AM8:38