

**INFORME DE
AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
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”**

AGOSTO 2009

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. Potestades _____	3
2. Objetivos de las auditorías técnicas _____	3
3. Alcances y objetivos del informe _____	4
3.1 Metodología de la auditoría técnica _____	5
4. Antecedentes _____	5
4.1 Obligaciones contractuales _____	5
4.2 Plantas de producción activas _____	6
4.3 Diseño de mezcla asfáltica en caliente _____	6
5. Hallazgos y Observaciones de Auditoría Técnica _____	7
5.1 Hallazgos de la Auditoría _____	7
5.2 Observaciones de la Auditoría _____	13
6. Sobre el Descargo _____	16
7. Conclusiones _____	17
8. Recomendaciones _____	19
Anexos _____	21
Anexo A. _____	22
Anexo B. _____	35
Anexo C. _____	47

NFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
“Cumplimiento de los requisitos técnicos de las especificaciones contractuales y normativa vigente”

1. POTESTADES

La auditoría técnica externa a los procesos, controles, laboratorios, proyectos e instituciones públicas que efectúan sus labores en las rutas nacionales, se realiza de conformidad con la disposición 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 de Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR).

De manera adicional, el proceso de auditoría se respalda en el pronunciamiento C-087-2002 del 4 de abril de 2002, de la Procuraduría General de la República, que indica:

“... la fiscalización que realiza la Universidad de Costa Rica 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 riesgo de esa red. La cual implica una fiscalización a quienes podrían estar fiscalizando proyectos concretos.”

2. OBJETIVOS 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.

3. ALCANCES Y OBJETIVOS DEL INFORME

La auditoría de “Evaluación de los diseños de mezcla asfáltica en caliente utilizados en actividades de conservación vial” consiste en un estudio integral conformado por el análisis del proceso de diseño de mezcla asfáltica en caliente, así como el proceso administrativo de aprobación y aceptación del diseño de mezcla asfáltica en caliente, finalizando con la evaluación de la aplicación del diseño durante el proceso productivo. Los temas anteriormente referidos se desarrollarán en fases, iniciando con el análisis del proceso de diseño de mezcla asfáltica en caliente y en posteriores informes se tratarán los demás temas indicados.

El objetivo general de esta auditoría es analizar si los informes de diseño de mezcla asfáltica en caliente: 1. Cumplen con los requisitos establecidos por la metodología Marshall y la Disposición Vial AM-01-2001¹. 2. Reúnen todos los requerimientos documentales que se indican en la Disposición Vial MN-01-2001².

El cumplimiento de los requisitos establecidos por la metodología de diseño Marshall es una obligación contractual, es por esta razón que esta auditoría analizó ocho informes de diseño de mezcla, uno por cada planta de producción que se encuentra activa, excepto en el caso de la planta de producción de Cebadilla, Santa Fe, que se analizaron dos diseños debido a que mantiene activos varios diseños de mezcla. Los informes analizados fueron elaborados en el periodo comprendido entre junio de 2006 a agosto de 2008. (ver Tabla 1).

Tabla 1. Informes de diseños de mezcla asfáltica analizados

Diseño	Planta de Producción	Contratista	Fecha del informe	Realizado por
INF.326-2006	Calle Blancos	CONANSA	30 junio 2006	LGC
ITP-116-2008	Bagaces	MECO	27 marzo 2008	ITP
ITP-117-2008	Barranca		29 marzo 2008	ITP
ITP-118-2008	La Uruca		31 marzo 2008	ITP
ITP-135-2008	Limón		3 abril 2008	ITP
ITP-270-2008	Cebadilla	Constructora Santa Fe	4 junio 2008	ITP
INF.2397-2008	Cebadilla		25 agosto 2008	CACISA
INF-PA004I-2008	Palmar Sur		5 febrero 2008	CACISA

¹ Disposición Vial AM-01-2001: “Actualización del capítulo 400, sección 400.01 al 400.09 inclusive, del CR-77”

² Disposición Vial MN-01-2001: “Diseño y fórmula de mezclas para el trabajo”

3.1 METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Se analizó la información que se presenta en los informes de diseño de mezcla asfáltica en cuanto a: la combinación granulométrica propuesta, contenido de asfalto, gráficas y parámetros Marshall y requisitos volumétricos de la mezcla asfáltica (Contenido de vacíos, VMA, VFA, polvo/asfalto) y se contrasta con los criterios contractuales vigentes para valorar el cumplimiento de los mismos y a su vez la consistencia integral del diseño con la metodología Marshall.

Como otro aparte del estudio se corrobora que el documento donde se presenta el “Informe de Diseño de Mezcla” contenga toda la información requerida en apego a los requisitos establecidos en las especificaciones especiales MN-01-2001 y AM-01-2001 apartado 401.07.

4. ANTECEDENTES

4.1 OBLIGACIONES CONTRACTUALES

Los carteles de licitación que rigen la contratación de las actividades de mantenimiento de la red vial nacional establecen una serie de requisitos y especificaciones que deben cumplir los contratistas como adjudicatarios de los proyectos que llevarán a cabo.

Para desarrollar todas las actividades de conservación vial durante el periodo de ejecución de 2006 a 2009, definidas en el cartel de licitación LP-01-2005 “Conservación vial de la red vial nacional pavimentada” se destinó para cada una de las veintidós zonas los montos que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Informes de diseños de mezcla asfáltica analizados

Región	Nombre del Proyecto	Total Monto del Contrato Modificado
Región 1	Zona 1-1, San José	Q16.934.658.582
	Zona 1-2. Puriscal	Q5.943.902.947
	Zona 1-3. Los Santos	Q4.857.503.870
	Zona 1-4. Alajuela Sur	Q16.455.848.741
	Zona 1-5. Alajuela Norte	Q6.830.971.138
	Zona 1-6. San Ramón	Q3.392.921.250
	Zona 1-7. Cartago	Q6.410.115.450
	Zona 1-8. Turrialba	Q7.159.185.013
	Zona 1-9. Heredia	Q9.113.217.675
Región 2	Zona 2-1 Liberia	Q10.515.638.991
	Zona 2-2 Cañas	Q11.662.144.755
	Zona 2-3 Santa Cruz	Q7.081.604.552
	Zona 2-4. Nicoya	Q7.475.105.036
Región 3	Zona 3-1 Puntarenas	Q4.555.876.638
	Zona 3-2 Quepos	Q5.201.318.546
Región 4	Zona 4-1 Pérez Zeledón	Q13.432.130.966
	Zona 4-2 Buenos Aires-Coto Brus	Q6.704.901.477
	Zona 4-3 Zona Sur	Q20.789.425.931
Región 5	Zona 5-1 Guápiles	Q4.755.387.948
	Zona 5-2 Limón	Q3.401.364.404
Región 6	Zona 6-1 San Carlos	Q4.516.756.777
	Zona 6-2 Los Chiles-Guatuso	Q5.273.781.239
Total de los contratos modificados de Conservación Vial		Q182.463.761.926

4.2 PLANTAS DE PRODUCCIÓN ACTIVAS

Durante la ejecución del presente informe se encuentran activas ocho plantas de producción de mezcla asfáltica, las cuales suministran mezcla para las veintidós zonas definidas en los contratos de conservación vial, tal como se observa en la Tabla 2. Las actividades de supervisión de la planta de producción son responsabilidad de la(s) empresa(s) a la(s) que se le(s) adjudicaron las labores de conservación vial de la zona donde se encuentra ubicada la planta.

4.3 DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Las especificaciones contractuales proponen como una de las alternativas de diseño de mezcla asfáltica la metodología Marshall, la cual es la que se ha utilizado con mayor frecuencia en el país.

El diseño de mezcla asfáltica tiene como propósito establecer la proporción óptima de los componentes principales de la mezcla (agregado mineral y el cemento asfáltico). Dicha proporción repercute directamente en el desempeño del pavimento durante la operación de la carretera. En el Anexo C se desarrolla con mayor detalle aspectos relacionados con el Diseño de Mezcla Marshall.

La metodología de diseño así como las especificaciones contractuales, exigen el cumplimiento de los requisitos para la mezcla asfáltica (parámetros de aceptación y control) con el propósito de garantizar que la mezcla utilizada en los proyectos viales sea de la calidad contractualmente pactada.

5. HALLAZGOS Y OBSERVACIONES DE AUDITORÍA TÉCNICA

A continuación se presenta una descripción de los hallazgos y observaciones realizadas por esta auditoría, los cuales se desarrollan con mayor detalle en el Anexo A. *“Detalle del análisis para la 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”.*

5.1 HALLAZGOS DE LA AUDITORÍA

5.1.1 Sobre la variación granulométrica de los diseños de mezcla

Hallazgo N° 1 La tolerancia de la combinación granulométrica de la fórmula de trabajo propuesta en algunos de los diseños de mezcla analizados incumple las especificaciones de graduación. (Ver Anexo A1.1.1)

De la revisión de la combinación granulométrica presentadas en los diseños de mezcla estudiados se evidenciaron problemas de cumplimiento con las tolerancias estipuladas en la normativa nacional en el 88% de los informes (7 de 8 informes), principalmente para los tamaños granulométricos (ver Tabla 3):

- Seis de los diseños en la malla 12,5 mm (malla de 1/2")
- Cuatro de los diseños en la malla 2,36 mm (malla N° 8)
- Tres de los diseños en la malla 1,18mm (malla N° 16)
- Tres de los diseños en la malla 0,6 mm (malla N° 30)

El fundamento normativo que respalda lo descrito anteriormente se detalla a continuación: Tabla 1 del apartado 401.04.02.01 “Graduación de la combinación de agregados” de la Disposición Vial AM-01-2001.

Para controlar la variabilidad de la combinación granulométrica de la fórmula de trabajo resultado del proceso de explotación, trituración, clasificación, acopio y apilamiento de los agregados producidos, las disposiciones viales vigentes establecen que la combinación granulométrica seleccionada debe cumplir con las especificaciones y mantenerse dentro de las tolerancias definidas en la normativa contractual para la granulometría establecida en el diseño de mezcla.

El incumplimiento de las tolerancias de la combinación granulométrica puede ser resultado de la formulación de la combinación granulométrica (fórmula de trabajo), del proceso de trituración de los agregados, de la conformación y el control de los apilamientos, entre otros.

Tabla 3. Cumplimiento de la tolerancia de la combinación granulométrica indicada en los informes de diseño de mezcla asfáltica analizados. (Ver Tabla A.2 en Anexo A)

Parámetro	Informes								Total de incumplimientos Tolerancias
	INF. 326-2006	ITP-116-2008	ITP-117-2008	ITP-118-2008	ITP-135-2008	ITP-270-2008	INF.2397-2008	PA-0041-2008	
1/2"	-	T	T	T	T	T	T	-	6
3/8	-	-	-	-	-	-	-	T	1
Nº4	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Nº 8	-	-	T	-	T	T	T	-	4
Nº 16	-	T	-	T	-	T	-	-	3
Nº 30	-	T	T	T	-	-	-	-	3
Nº 200	-	-	-	-	-	T	T	-	2
Total de incumplimientos por informe	0	3	3	3	2	4	3	1	

T: Se refiere al incumplimiento de la tolerancia establecida en la Tabla 1 del apartado 401.04.02.01 de la Disposición Vial AM-01-2001, según el tamaño máximo nominal definido para cada informe.

- : Se refiere al Incumplimiento de las tolerancias de graduación establecida en la Tabla 1 del apartado 401.04.02.01 de la Disposición Vial AM-01-2001, según el tamaño máximo nominal definido para cada informe.

Al incumplir con los rangos de tolerancia de la combinación granulométrica de diseño se provoca un incumplimiento de la especificación de graduación para mezcla asfáltica.

5.1.2 Sobre el cumplimiento de los parámetros de diseño Marshall

La normativa nacional vigente en la Disposición Vial AM-01-0021, apartado 401.06 establece los requisitos que debe cumplir la mezcla asfáltica, los cuales se tipifican en su mayoría para la metodología de diseño de mezcla Marshall, por lo que el cumplimiento integral de los requisitos establecidos en este procedimiento, no sólo constituye una obligación contractual sino que define las pautas de producción que se deben seguir para producir mezcla asfáltica con la calidad contractualmente pactada.

Hallazgo N° 2: Los parámetros de diseño Marshall de contenido de vacíos, estabilidad y flujo no se cumplen en la totalidad del rango de contenido óptimo de asfalto señalado en los diseños de mezcla estudiados. (Ver Anexo A1.2.1).

Se evidencia, en el 88% de los diseños de mezcla revisados, un incumplimiento recurrente de la especificación contractual en el parámetro de contenido de vacíos (3% a 5%), en la totalidad del rango de contenido óptimo de asfalto (valor óptimo $\pm 0,5\%$) (ver Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de cumplimiento de parámetros Marshall para el valor óptimo de contenido de asfalto y dentro del rango de variación permisible por las especificaciones. (Ver Tabla A.3 en Anexo A)

Parámetros de diseño Marshall analizados	Informe							Cumplimientos (✓)	Incumplimientos (-)	Porcentaje de incumplimientos	
	INF.326-06	ITP-116-2008	ITP-117-2008	ITP-118-2008	ITP-135-2008	ITP-270-2008	INF.2397-2008				INF PA0041-2008
Estabilidad	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8	0	0%
Flujo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	7	1	13%
Contenido de vacíos	✓	-	-	-	-	-	-	-	1	7	88%

✓: Cumplimiento de las especificaciones para el parámetro indicado.

- : Incumplimiento de las especificaciones para el parámetro indicado.

La variabilidad propia del proceso productivo aumentaría la posibilidad que se alcancen los límites del rango de contenido óptimo de asfalto, lo cual podría provocar el incumplimiento en dicho parámetro. En la Tabla A.3 del análisis presentado en el Anexo A1.2.1, se muestran los resultados del parámetro de contenido de vacíos, en los límites del rango de contenido de asfalto.

Por el contrario, el parámetro de estabilidad cumple las especificaciones requeridas para la mezcla asfáltica dentro del rango óptimo de contenido de asfalto propuesto en la mayoría de los diseños de mezcla analizados.

El fundamento normativo que respalda lo descrito anteriormente se detalla a continuación: Apartado 401.06 "Requisitos para la mezcla asfáltica" de la Disposición Vial AM-01-2001.

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. (Para mayor ilustración respecto al tema consultar el anexo C)

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

Hallazgo N° 3: Los parámetros volumétricos de vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos llenos de asfalto (VFA) y relación polvo/asfalto se incumplen en el rango de contenido óptimo de asfalto indicado en los diseños de mezcla estudiados. (Ver Anexo A1.2.2)

Se evidencia que el parámetro volumétrico de relación polvo/asfalto presenta un incumplimiento en cinco de los ocho (63%) informes de diseño de mezcla estudiados, no obstante los tres restantes diseños en los que este parámetro cumple, se denota que éste factor se mantiene cercano al límite superior, por lo que la variabilidad propia del proceso productivo de mezcla asfáltica aumentaría la probabilidad de que se supere dicho límite, produciendo incumplimiento de las especificaciones nacionales (ver Tabla 5).

Además los resultados obtenidos para el parámetro volumétrico VFA no cumplen los requisitos normativos establecidos contractualmente en las especificaciones nacionales³ (Disposición Vial AM-01-2001), dentro del rango óptimo de contenido de asfalto en:

³ Para efectos de este informe se entenderá las condiciones de tránsito como los millones de ejes equivalentes que se estima circularán por la carretera en construcción. Además se denominará tránsito liviano a los rangos menores a 0,3 millones de ejes equivalentes, tránsito medio al rango entre 0,3 y 3 millones de ejes equivalentes y tránsito pesado al rango superior a 3 millones de ejes equivalentes. Todo ello en concordancia con la Tabla 6 de la Disposición Vial AM-01-2001

- Ocho de los diseños para condiciones de tráfico pesado
- Seis de los diseños para condiciones de tráfico medio
- Ocho de los diseños para condiciones de tráfico liviano

Tabla 5. Análisis de cumplimiento de parámetros volumétricos de la mezcla para el valor óptimo de contenido de asfalto y dentro del rango de variación permisible por las especificaciones. (Ver Tabla A.4 en Anexo A)

Parámetros de diseño Marshall analizados	Informe								Cumplimientos (✓)	Incumplimientos (-)	Porcentaje de incumplimientos
	INF.326-06	ITP-116-2008	ITP-117-2008	ITP-118-2008	ITP-135-2008	ITP-270-2008	INF.2397-2008	INF PA0041-2008			
VMA	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	7	1	13%
Relación polvo/asfalto	-	✓	✓	✓	-	-	-	-	3	5	63%
VFA -tránsito pesado	-	-	-	-	-	-	-	-	0	8	100%
VFA -tránsito medio	✓	-	✓	-	-	-	-	-	2	6	75%
VFA -tránsito liviano	-	-	-	-	-	-	-	-	0	8	100%

✓: Cumplimiento de las especificaciones para el parámetro indicado.

- : Incumplimiento de las especificaciones para el parámetro indicado.

El fundamento normativo que respalda lo descrito anteriormente se detalla a continuación:
Apartado 401.06 "Requisitos para la mezcla asfáltica" de la Disposición Vial AM-01-2001.

La metodología de diseño Marshall le concede gran importancia a la volumetría de la mezcla asfáltica resultante de la combinación granulométrica y el ligante asfáltico (ver Anexo C) es por ello que se definen rangos específicos en los que se deben mantener los valores de los parámetros volumétricos (VMA, VFA y la relación polvo/asfalto), los cuales determinan el acomodo de la materia prima y el espacio disponible en la mezcla asfáltica compactada, con el fin de lograr un buen desempeño de la carpeta asfáltica durante la etapa de operación.

El incumplimiento de los parámetros VFA y relación polvo/asfalto podría ser causado por varios factores, entre los cuales se puede citar la relación existente entre la fracción 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. (Ver anexo C)

El exceder los rangos de especificación de dichos parámetros podría conllevar a deterioros por inestabilidad de la mezcla, exudación de asfalto; además se presentan problemas de trabajabilidad de la mezcla durante el proceso de colocación, entre otros efectos que podría manifestar la mezcla asfáltica. (Ver anexo C)

5.1.3 Sobre el cumplimiento de los requisitos de documentación contractual

Hallazgo N° 4: Los informes de diseño de mezcla analizados por esta auditoría, no incluyen todos los requisitos documentales que establecen las especificaciones contractuales (Ver Anexo A1.3.1)

La Disposición Vial MN-01-2001 “Diseño y formula de mezcla para el trabajo” señala que previo al inicio de la producción de mezcla asfáltica, el Contratista debe presentar un informe de diseño de mezcla que contenga toda la información estipulada en el apartado 3.2 “Requerimientos para el diseño de mezcla y la fórmula de mezcla para el trabajo”.

Esta auditoría evaluó que la información requerida en las especificaciones contractuales esté contenida en el informe de diseño de mezcla, resultando que los informes cumplen con la mayor parte de los requisitos documentales, no obstante, se detectó un incumplimiento recurrente en la inclusión de la información del aditivo requerida en el apartado 3.2.4 “Aditivo”, cuando es adicionado al diseño de mezcla. De la información requerida se adjunta, como Certificado de Calidad del producto, únicamente la información comercial del fabricante del aditivo.

Esta información comercial del fabricante no contempla los resultados de los ensayos, ni la normativa de control de calidad aplicada por el fabricante, ni los rangos de calidad de los parámetros presentados. Tampoco se menciona el método por medio del cual se va a dosificar el aditivo al proceso de producción de mezcla asfáltica.

El fundamento normativo que respalda lo descrito anteriormente se detalla a continuación: Apartado 401.07.01 “Requisitos para el informe de diseño de mezcla y fórmula de mezcla asfáltica” de la Disposición Vial AM-01-2001 y apartado 3.2 “Requerimientos para el Diseño de Mezcla y la Fórmula de Mezcla de Trabajo” de la Disposición Vial MN-01-2001.

La ausencia de las especificaciones del uso de los productos que se adicionan a la mezcla asfáltica en el informe de diseño de mezcla, no permite reproducir el procedimiento de dosificación recomendada por el fabricante durante el proceso productivo. Por lo cual no se conocen el tiempo, la temperatura y la velocidad de mezclado, entre otras condiciones requeridas para la dosificación.

5.2 OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA

Las observaciones que se detallan a continuación se basan en los resultados derivados de los análisis efectuados por la auditoría, para cada uno de los parámetros contenidos en los informes de diseño de mezcla estudiados. Producto de este análisis se evalúa el riesgo potencial de incumplimiento de la normativa contractual vigente (Ver Anexo A1.4), con el propósito de que la Administración plantee acciones correctivas y acciones preventivas.

5.2.1 Sobre la consistencia del diseño de mezcla

Observación N° 1: Determinación del rango de contenido de asfalto en el cual se cumplen todos los parámetros de diseño definidos en la Disposición Vial AM-01-2001 para la metodología Marshall y requisitos de la mezcla asfáltica. (Ver anexo A1.3.2)

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.

Del análisis de variación del contenido de asfalto dentro del rango óptimo permitido contractualmente, el cual tiene un ámbito de un 1% (óptimo \pm 0,5%), se determina en los diseños de mezcla examinados que los parámetros que delimitarían el rango efectivo⁴ de contenido de asfalto son (ver Tabla 6):

- Contenido de vacíos en cinco de los informes analizados, delimitando el rango efectivo, en el caso más crítico, en una magnitud de 0,58% (ITP-135-2008)
- Relación polvo/asfalto en tres de los informes analizados, delimitando el rango efectivo, para el caso más significativo, en una magnitud de 0,12% (INF. 2397-2008).
- Al ser la amplitud del rango efectivo de contenido de asfalto de tan sólo 0,12% y considerando la variabilidad propia del proceso productivo de mezcla asfáltica, la aplicación del diseño de mezcla asfáltica en cuestión aumentaría el riesgo potencial de incumplimientos de las especificaciones.

⁴ Entiéndase como rango efectivo de contenido de asfalto aquel en donde se cumplen todos los requisitos de la mezcla asfáltica establecidos contractualmente.

Tabla 6. Resumen del análisis del rango de cumplimiento de los parámetros Marshall para los informes de diseño de mezcla estudiados (ver Tabla A.8 del Anexo A)

Informe	Rango de contenido de asfalto				Parámetro principal que delimita al rango efectivo de contenido de asfalto
	Reportado en diseño de mezcla (el rango es de 1%)	Calculado para cumplimiento	Rango de diseño (%)	Rango efectivo ⁴ (%)	
INF.326-06	4,90 a 5,90	5,50* a 5,90	1	0,40	Relación polvo/asfalto
ITP-116-2008	5,50 a 6,50	5,60 a 6,48	1	0,88	Contenido de vacíos
ITP-117-2008	5,50 a 6,50	5,57 a 6,50	1	0,93	Contenido de vacíos
ITP-118-2008	5,15 a 6,15	5,24 a 5,97	1	0,73	Contenido de vacíos
ITP-135-2008	5,20 a 6,20	5,43 a 6,01	1	0,58	Contenido de vacíos
ITP-270-2008	5,40 a 6,40	δ	1	δ	Relación polvo/asfalto
INF.2397-2008	5,50 a 6,50	6,12* a 6,24	1	0,12	Relación polvo/asfalto y Flujo
INF PA004I-2008	6,05 a 7,05	6,26 a 6,86	1	0,60	Contenido de vacíos

^δ Los valores del parámetro polvo/asfalto superan los límites normativos en el rango de contenido de asfalto de diseño.

* Nótese que el límite inferior se modifica en una magnitud de 0,60 y 0,62 respectivamente.

Además del análisis realizado, se determina que:

- En dos de los informes (INF.326-06 y INF.2397-2008) se producen incumplimientos en la relación polvo/asfalto, cuando la producción de mezcla asfáltica se realiza con el valor óptimo de contenido de asfalto.
- Dentro del rango de contenido óptimo de asfalto indicado en el diseño de mezcla identificado como ITP-270-2008, no es posible cumplir con los valores normativos establecidos para el parámetro de relación polvo/asfalto (0,6% a 1,3%), ya que los valores en los límites van de 1,38% hasta 1,72%.
- Dos de los informes (ITP-116-2008 y ITP-117-2008) no presentan una sensibilidad significativa en los parámetros Marshall ante la variación del contenido de asfalto dentro del rango permisible en las especificaciones contractuales (óptimo \pm 0,5%).

Además el diseño de mezcla debe adaptarse a las condiciones de operación de la carretera (vías de tráfico liviano, medio o pesado) donde vaya a ser colocada, es decir que la carpeta asfáltica tenga la capacidad de tener un desempeño óptimo ante la carga de tránsito que se estima circulará durante el periodo de servicio. Por esta

razón, para elaborar el diseño de mezcla asfáltica es de suma importancia considerar las limitantes que establece la metodología de diseño empleada, con respecto a las cargas de tránsito proyectadas para el periodo de diseño de la vía. (ver Tabla B.1 del anexo B).

Al analizar el cumplimiento de los requisitos especificados en la normativa contractual para el parámetro volumétrico VFA para condiciones de tránsito pesado con respecto a la variación del contenido de asfalto se evidencia que (ver Tabla 9):

- Se presenta incumplimientos en todos los informes analizados.
- En dos de los informes (INF.326-06 y INF.2397-2008), el rango efectivo de contenido de asfalto se restringiría a un valor específico de porcentaje de asfalto (5,57% y 6,15%, respectivamente).
- En el resto de los informes el rango efectivo de contenido de asfalto se restringe a magnitudes que van desde 0,37% hasta 0,66%.

Tabla 7. Resumen del análisis del rango de cumplimiento del parámetro VFA para vías con condiciones de tránsito pesado para los informes de diseño de mezcla estudiados. (Ver Tabla A.8 del Anexo A)

Informe	Rango de contenido de asfalto de diseño de mezcla (el rango es de 1%)	Rango calculado de contenido de asfalto para vías de tránsito pesado	Rango de diseño (%)	Rango efectivo ⁴ (%)
INF.326-06	4,90 a 5,90	5,50 a 5,64	1	0,14
ITP-116-2008	5,50 a 6,50	5,60 a 6,12	1	0,52
ITP-117-2008	5,50 a 6,50	5,57 a 6,23	1	0,66
ITP-118-2008	5,15 a 6,15	5,24 a 5,65	1	0,41
ITP-135-2008	5,20 a 6,20	5,43 a 5,83	1	0,40
ITP-270-2008	5,40 a 6,40	δ	1	δ
INF.2397-2008	5,50 a 6,50	6,12 a 6,17	1	0,05
INF PA004I-2008	6,05 a 7,05	6,26 a 6,63	1	0,37

^δ Los valores del parámetro polvo/asfalto superan los límites normativos en el rango de contenido de asfalto de diseño.

El fundamento normativo que respalda lo descrito anteriormente se detalla a continuación: Apartado 401.06 "Requisitos para la mezcla asfáltica" de la Disposición Vial AM-01-2001.

6. SOBRE EL DESCARGO

Mediante el oficio LM-AT-179-09, recibido el 29 de junio de 2009 en la Dirección de Conservación Vial, se envía el informe al Director de dicho departamento para que la información contenida sea analizada y, de requerirse, se proceda a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante la ejecución de la auditoría.

Sin embargo, hasta la fecha de la emisión de este informe, no se ha recibido respuesta.

7. CONCLUSIONES

Después de analizar los cálculos efectuados en este estudio basándose en los resultados de ensayo reportados en cada uno de los informes de diseño de mezcla, se concluye lo siguiente:

1. Se evidencia que el procedimiento de análisis y aprobación que efectúa la Administración no garantiza el cumplimiento de los requisitos normativos de la metodología aplicada en los diseños de mezcla asfáltica.
2. Las tolerancias de las combinaciones granulométricas, en algunos de los diseños de mezcla asfáltica estudiados, incumplen las especificaciones de graduación para los tamaños granulométricos de 12,5 mm (malla de 1/2"), 2,36 mm (malla N° 8), 1,18mm (malla N° 16) y 0,6 mm (malla N° 30).
3. Como resultado del análisis de cumplimiento de los parámetros Marshall y requisitos de la mezcla asfáltica en el rango óptimo de contenido de asfalto propuesto en los diseños de mezcla estudiados:
 - a. Se evidencia un incumplimiento del parámetro de contenido de vacíos en el 88% de los informes.
 - b. Los parámetros Marshall de estabilidad y flujo cumplen con las especificaciones contractuales.
 - c. El parámetro volumétrico de relación polvo/asfalto evidencia un incumplimiento de las especificaciones en el 63% de los informes.
 - d. Los informes analizados cumplen las especificaciones establecidas para el parámetro volumétrico VMA.
 - e. El parámetro volumétrico VFA no cumple las especificaciones requeridas para las condiciones tráfico liviano y tráfico pesado en ninguno de los informes analizados. Además presenta un incumplimiento en el 75% de los informes para condiciones de tráfico medio.
4. Se incumple el requisito documental de incluir la información relativa al uso de aditivos en los diseños que requieren su aplicación.
5. Variaciones cercanas a una magnitud del 5% en las fórmulas de trabajo en algunos de los diseños de mezcla asfáltica estudiados, presentan un riesgo

potencial de incumplimiento de las especificaciones para los tamaños granulométricos de 12,5 mm (malla de 1/2”), 4,75 mm (malla N° 4) y 2,36 mm (malla N° 8).

6. De la evaluación de la consistencia del diseño de mezcla se evalúa el riesgo potencial de incumplimiento de los parámetros de diseño Marshall y requisitos de la mezcla asfáltica en el rango óptimo de contenido de asfalto, se advierte que:
 - a. El parámetro Marshall de contenido de vacíos restringiría al rango efectivo de contenido de asfalto en el 63% de los informes.
 - b. El parámetro relación polvo/asfalto restringiría al rango efectivo de contenido de asfalto en el 27% de los informes.
 - c. Si el diseño de mezcla se aplicara a vías con condiciones de tráfico medio y pesado, el parámetro volumétrico VFA restringe el rango de contenido de asfalto para todos los informes analizados. Y para condiciones de tráfico liviano esta situación sucedería en el 75% de los informes.
 - d. No se cumplen los valores normativos establecidos para el parámetro de relación polvo/asfalto en uno de los informes.

8. RECOMENDACIONES

Considerando los hallazgos y las observaciones mencionadas en este informe, para garantizar el cumplimiento de los requisitos establecidos en las especificaciones contractuales vigentes, se recomienda a la Dirección Ejecutiva de CONAVI y Dirección de Conservación Vial que:

1. La revisión de los diseños de mezcla asfáltica presentados por el contratista incluya la verificación documental especificada tanto en la Disposición Vial MN-01-2001, así como en otra normativa vigente, además el análisis integral de los aspectos técnicos establecidos por la metodología de diseño de mezcla y por los requisitos contractuales de la mezcla asfáltica.
2. Se incluya dentro del procedimiento el análisis de los aspectos técnicos establecidos por la metodología de diseño de mezcla y por los requisitos contractuales de la mezcla asfáltica, con el propósito de detectar el riesgo potencial de incumplimientos que afectan la calidad del producto final que ha utilizado la Administración en los proyectos viales.
3. El proceso de revisión, aprobación y aceptación de los diseños de mezcla asfáltica presentada por el Contratista debe tener un análisis técnico más riguroso por parte de la Administración, debido a que el parámetro VFA está directamente relacionado con la carga de tránsito proyectada para el periodo de diseño.

Firmas del equipo auditor

Inga. Jenny Chaverri Jimenez Msc. Eng.
Coordinadora de Auditorías Técnicas
LanammeUCR

Ing. Víctor Cervantes Calvo
Auditor LanammeUCR

Inga. Ellen Rodríguez Castro
Auditora LanammeUCR

Visto Bueno De Legalidad

Lic. Miguel Chacón Alvarado
Asesor Legal Externo
Auditorías Técnicas LanammeUCR

ANEXOS

Anexo A. “Detalle del análisis para la 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”

Anexo B. Análisis del rango de contenido de asfalto donde se cumplen los parámetros Marshall y requisitos de la mezcla

Anexo C. Marco Teórico