



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

LanammeUCR

LM-PI-PV-AT-46F-06

46F-06

## **INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA**

### **PROYECTO DE CONSERVACIÓN VIAL DE SAN JOSÉ. ZONA DE PURISCAL, RUTA 310**

**MARZO 2006**

**INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA**  
**PROYECTO DE CONSERVACIÓN VIAL DE SAN JOSÉ**

**Zona de Puriscal**

**LPCO-018-01**

**A. ÍNDICE**

	Página
A. Índice .....	01
1. Potestades .....	02
2. Justificación .....	02
3. Objetivo de la auditoría y alcance .....	02
3.1. Equipo auditor .....	03
3.2. Antecedentes y descripción del proyecto .....	03
3.3. Diagrama de flujo de actividades de la auditoría técnica .....	04
4. Descripción de los hallazgos y observaciones de auditoría técnica .....	05
Hallazgo No.1. La Administración no realizó un diseño estructural del pavimento para justificar los espesores colocados en la ruta nacional 310 sección Pozos de Santa Ana – cruce de Honduras. La Administración utilizó un “Estudio de evaluación del plan de rehabilitación” como si fuera un diseño estructural y no verificó su factibilidad constructiva y económica antes de ponerlo en práctica .....	05
Hallazgo No.2. El nivel de inversión realizado en la sección Pozos de Santa Ana – cruce de Honduras sobre la ruta 310 y la durabilidad de las obras construidas no responden a los principios de eficiencia en el uso de los fondos públicos al compararlos con otras rutas intervenidas .....	07
Observación No.1: La Administración no verificó la aplicación de lo establecido en el Manual Técnico para el Desarrollo de Proyectos de Obra Pública de la Contraloría General de la República antes de considerar el “Estudio de evaluación del plan de rehabilitación” como un diseño estructural para la ruta 310 .....	09
Observación No.2: Se utilizó de forma incorrecta la información de deflexiones de la evaluación de la red vial nacional en el análisis de espesores para la ruta 310, sección Pozos de Santa Ana – Cruce de Honduras. ....	10
Hallazgo No.3. La mezcla asfáltica colocada sobre la ruta 310, en la sección auditada, presenta incumplimientos a las especificaciones técnicas de poros (vacíos) de la mezcla compactada .....	11
Hallazgo No.4. La Administración no realizó muestreos de verificación de la calidad para comprobar los resultados de los ensayos presentados por el contratista en su autocontrol de calidad y que son utilizados por la Administración para los pagos mensuales.....	12
Hallazgo No.5. La Administración no sustituye los muestreos extemporáneos del autocontrol que realiza el contratista por muestreos de verificación .....	13
Hallazgo No.6. El procedimiento de “pago en función de calidad” utilizado por el CONAVI en este contrato, no fue una herramienta eficiente para evaluar el cumplimiento de la compactación (poros en sitio) en esta obra .....	14
5. CONCLUSIONES .....	15
6. RECOMENDACIONES .....	16
Anexo I.....	18

**INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA**  
**PROYECTO DE CONSERVACIÓN VIAL DE SAN JOSÉ**  
**ZONA DE PURISCAL. LPCO-018-01**

### **1. Potestades**

La auditoría técnica externa a proyectos en ejecución que se realizan para el sector vial, se realiza de conformidad con la disposición del artículo 6 de la Ley 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

De manera adicional, el proceso de auditoría se respalda 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. Justificación**

Los proyectos de conservación vial representan uno de los principales rubros de inversión de los recursos que El Estado destina al CONAVI para ser invertidos en la red vial nacional.

En un proyecto como el de conservación vial de San José (LPCO-018-01), el papel de fiscalización que realiza el LANAMME-UCR por medio de las auditorías técnicas, es un mecanismo fundamental para evaluar los procesos de control interno y de calidad de la gestión vial e identificar importantes oportunidades de mejora, que eventualmente se reflejen en una mejor inversión de los dineros de la hacienda pública y una mayor durabilidad de las obras viales.

### **3. Objetivo de la auditoría y alcance**

Evaluar la eficiencia y eficacia de las labores de conservación vial observadas sobre la 310, Pozos de Santa Ana – Cruce a Honduras, por medio de estudios de campo, estudios de laboratorio y análisis de ingeniería. Esta evaluación se realizó analizando la evidencia física y analítica que surge de los procesos de diseño, control de calidad, colocación y pago de la mezcla colocada y es consignada en

este informe mediante la descripción de hallazgos y observaciones técnicas. El propósito de esta auditoría es contribuir con el mejoramiento continuo de los procesos de control de calidad de las obras y la buena administración de los fondos públicos.

### 3.1. Equipo auditor

Ing. Marcos Rodríguez, MSc, Coordinador de Auditorías Técnicas  
 Ing. Roy Barrantes Jiménez, Auditor Técnico.  
 Ing. Mauricio Salas Chaves; Auditor Técnico.

### 3.2. Antecedentes y descripción del proyecto

El proyecto de conservación vial de San José (LPCO-018 -01) corresponde a un proyecto concebido bajo la modalidad de “cuantía inestimable”, donde el ingeniero de proyecto tiene la potestad de definir y priorizar las necesidades de los trabajos a ejecutar durante un periodo de tres años que comprende esta contratación.

El monto original definido para efectos fiscales de este contrato, fue de \$2.612.507,89 (Dos millones seiscientos doce mil quinientos siete dólares con ochenta y nueve centavos USA exactos).

Este proyecto de conservación vial se encuentra dividido en tres sub-zonas: La sub-zona de San José, la sub-zona de Puriscal y la sub-zona de los Santos.

Las labores objeto de esta auditoría, se encuentran circunscritas dentro de la sub-zona de Puriscal y corresponden a una sobrecapa de mezcla asfáltica en caliente colocada en la sección Pozos de Santa Ana – Cruce a Honduras, ruta 310, con una longitud aproximada de 3.2 km.

Los detalles de las labores realizadas se muestran en la siguiente tabla resumen:

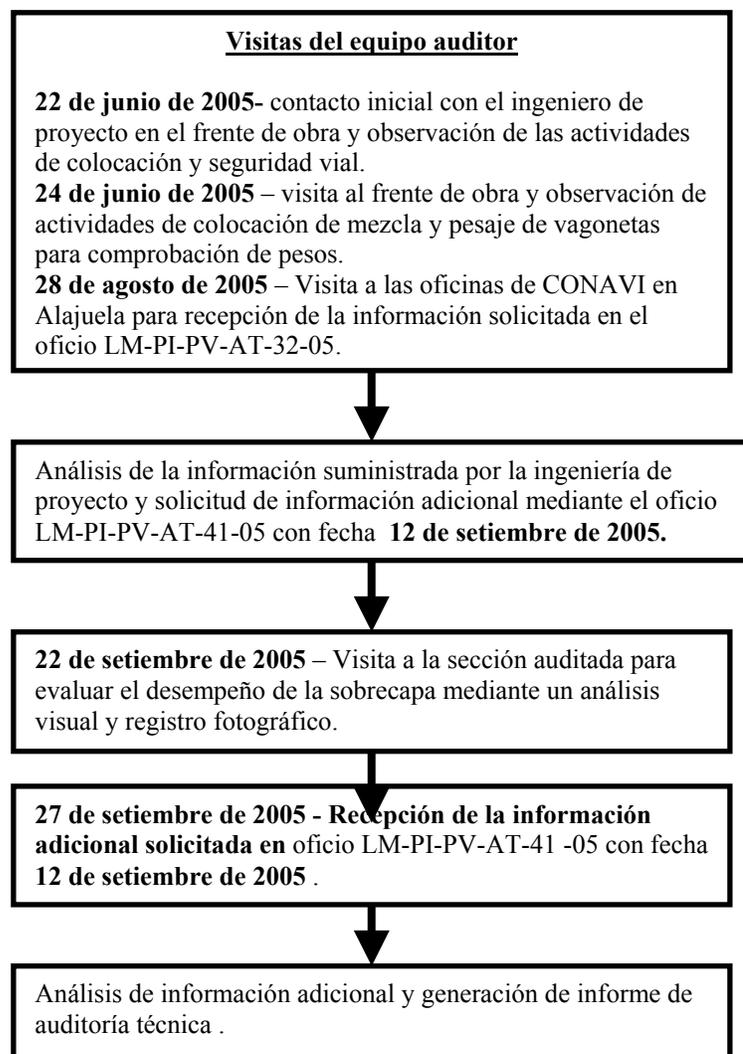
**Tabla No.1: Información general del proyecto auditado**

Proyecto licitación ruta	Ingeniero responsable del control de calidad y los pagos hasta agosto de 2005	Labores auditadas	Monto pagado por la Administración	Empresa contratista	Periodo de realización de las obras
Proyecto de conservación vial de San José LPCO-18-01 Ruta 310	Ing. Luis Carlos Corrales Xatruch	1) Colocación de mezcla asfáltica por el renglón de pago M-45A 2) Estudio de evaluación de espesores 3) Actividades de colocación de sobrecapas. 4) Aspectos de seguridad vial. 5) Controles de calidad y pagos	\$3256,50 en bacheo \$225.354,96 en sobrecapa	Constructora MECO S.A.	Julio de 2005

Para decidir qué espesores debían ser colocados sobre esta sección de la ruta, la Administración se basó en los resultados presentes en un estudio de evaluación de varios espesores de sobrecapa denominado “Estudio de evaluación del plan de rehabilitación, ruta nacional 310”. Este estudio fue realizado por el Ing. Pedro Castro Fernández (análisis estructural) y por la empresa “Ingeniería Técnica de Pavimentos S.A.” (evaluación de campo y laboratorio) con fecha del 15 de febrero de 2005.

### 3.3 Diagrama de flujo de actividades de la auditoría técnica

La auditoría técnica realizó sus actividades de recolección y análisis de evidencias de acuerdo al siguiente diagrama de flujo:



**Diagrama No.1: Cronograma de actividades**

#### 4. Descripción de los hallazgos y observaciones de auditoría técnica

**Hallazgo No.1. La Administración no realizó un diseño estructural del pavimento para justificar los espesores colocados en la ruta nacional 310 sección Pozos de Santa Ana – cruce de Honduras. La Administración utilizó un “Estudio de evaluación del plan de rehabilitación” como si fuera un diseño estructural y no verificó su factibilidad constructiva y económica antes de ponerlo en práctica.**

La sección Pozos de Santa Ana – Cruce de Honduras en la ruta 310, cuenta con una longitud aproximada de 3.2 km. Para tomar la decisión de cuáles espesores de sobrecapa debían ser colocados sobre la ruta, la Administración aplicó lo establecido en un estudio realizado por el Ing. Pedro Castro Fernández (“Verificación de la aplicabilidad de espesores de sobrecapa de 8.0, 10.0 y 12.0 cm”), utilizando evaluaciones de campo y de laboratorio realizadas por la empresa Ingeniería Técnica de Pavimentos S.A. Esta “verificación de la aplicabilidad de varios espesores” es considerada por la Administración como un diseño estructural (refiérase oficio DCV-SJP-024-2005, anexo No.1) y fue aprobado por la Dirección de Conservación Vial por medio de una comunicación verbal, donde el ingeniero de proyecto, Ing. Luis Carlos Corrales Xatruch., informa que cuenta con un “diseño estructural” realizado específicamente para esta sección de la ruta 310 (ver la bitácora para registro de proceso de auditorías con la declaración del Ing. Corrales).

No existe evidencia que la Administración haya realizado una revisión formal de los espesores considerados en el estudio mencionado y que evaluara la factibilidad de su aplicación. En el oficio DCV-SJP-024-2005 con fecha del 05 de julio de 2005, el ingeniero Corrales declara que en el tramo ubicado entre los estacionamientos 3+000 y 3+320, no se colocó el espesor analizado de 12 cm, ya que con la colocación de este espesor de sobrecapa se imposibilitaba la salida de los vehículos de las casas por la diferencia de niveles que existía, por lo que la ingeniería de proyecto decidió colocar una capa de menor espesor en este tramo.

En este punto es importante aclarar lo siguiente: La práctica normal de cualquier proceso de diseño estructural de carreteras considera, al menos, las siguientes fases: a) Análisis de prefactibilidad donde se determina cuales son las verdaderas necesidades de la ruta y se analizan las diferentes opciones de rehabilitación o mantenimiento para la determinación de la solución óptima de acuerdo a criterios técnicos y económicos b) Un análisis de la ruta (determinación de variables de diseño o estudios preliminares) donde la participación del diseñador es necesaria c) Realización de los cálculos de los espesores de las capas, de acuerdo con metodologías reconocidas y aprobadas, verificando el cumplimiento de criterios de

fatiga, deformaciones plásticas, cálculo de drenajes, aceras, espaldones y serviciabilidad general de la vía.

Es en esta fase del diseño donde se determinan los espesores de las capas, de acuerdo con un periodo de vida útil predefinido que puede variar de 8 –20 años para pavimentos asfálticos convencionales y tomando en cuenta lo definido en el plan de administración de pavimentos, y d) verificación “in situ” de la aplicabilidad de las propuestas de diseño y si es del caso, propuesta de diseños alternativos para prevenir problemas constructivos.

En el estudio mencionado (sin número de oficio) el profesional responsable evalúa varias combinaciones de espesores de sobrecapa para la sección auditada en cuatro tramos distintos, la combinación considerada por la Administración es la siguiente:

- Entre los estacionamientos 0+000 y 1+600 de 8cm.
- Entre los estacionamientos 1+600 y 2+200 de 12cm.
- Entre los estacionamientos 2+200 y 3+000 de 8cm.
- Entre los estacionamientos 3+000 y 3+200 de 12cm.

De acuerdo con estos datos del estudio y comparando con la decisión de la ingeniería de proyecto, vemos que en la sección comprendida entre las estaciones 3+000 y 3+200 se cambia de un espesor de 12 cm a un espesor de 4 cm (espesor considerado por la Administración como “no estructural” <sup>1</sup>).

Es criterio de esta Auditoría Técnica, que la Administración debe efectuar un análisis técnico riguroso y oportuno de cualquier estudio que se pretenda aplicar en una ruta nacional. Un estudio que analiza la posibilidad de colocar tres espesores de sobrecapa en una ruta nacional, no puede ser considerado como un diseño estructural y pone en evidencia la falta de un proceso formal de diseño que permita determinar cuál es el tipo de intervención óptima, el espesor necesario y la durabilidad de una sobrecapa que permita planificar un adecuado sistema de administración de pavimentos.

En este caso, el ingeniero responsable del proyecto determina que la construcción del espesor recomendado en el estudio no era factible; sin embargo, la Administración no propuso un diseño estructural formal que permitiera lograr, al menos, la misma durabilidad que la propuesta en el estudio realizado. En éste caso, el estudio considera un espesor de 12 cm para esta sección, lo cual representaba una vida útil de 2 años, sin embargo, la Administración ordena la

**Nota 1:** La definición de una capa “no estructural” es aplicada por la Administración del CONAVI para definir capas con espesores menores de 5 cm, sin embargo, la auditoría técnica no comparte esta definición, ya que este concepto no surge de estudios técnicos que determinen el aporte estructural de estas capas.

colocación de una sobrecapa de 4 cm de espesor (sin diseño estructural), la cual no puede mostrar una durabilidad aceptable y acorde con el nivel de inversión realizada.

De forma adicional, el estudio recomienda el uso de geotextiles para la sección donde sólo se colocaron 4 cm de espesor, esto con el fin de retardar el reflejo de grietas de las capas inferiores. No obstante, la Administración no analizó esta opción y tampoco la aplicó. Para este caso la solución de 4 cm de espesor escogida por la Administración tiene la tendencia de presentar deterioros más acelerados y resulta una opción poco económica.

El criterio general que aplica la auditoría técnica para evaluar la eficiencia y eficacia de las labores que realiza o inspecciona el CONAVI, se fundamenta en la definición presente en la ley 8292 “Ley General de Control Interno”, en su capítulo 2, artículo 8 donde dice: “Concepto de sistema de control interno: Para efectos de esta ley, se entenderá por sistema de control interno la serie de acciones ejecutadas por la administración activa, diseñadas para proporcionar seguridad en la consecución de los siguientes objetivos:

- a) Proteger y conservar el patrimonio público contra cualquier pérdida, despilfarro, uso indebido, irregularidad o acto ilegal.
- b) Exigir confiabilidad y oportunidad de la información.
- c) Garantizar eficiencia y eficacia en las operaciones.
- d) Cumplir con el ordenamiento jurídico y técnico.” (El subrayado no es parte del texto original).

Los lineamientos que plantea la Ley de Control Interno son aplicables para la Contraloría General de la República y todos los entes u órganos sujetos a su fiscalización, es decir, a todos aquellos que administren fondos públicos.

**Hallazgo No.2. El nivel de inversión realizado en la sección Pozos de Santa Ana – cruce de Honduras sobre la ruta 310 y la durabilidad de las obras construidas no responden a los principios de eficiencia en el uso de los fondos públicos al compararlos con otras rutas intervenidas.**

La zona de Puriscal se encuentra comprendida dentro del proyecto de conservación vial de San José bajo la licitación LPCO-18-01. En esta zona se han realizado labores de conservación vial durante los últimos tres años bajo la modalidad de proyectos de “Cuantía Inestimable”<sup>2</sup>. La inversión realizada en algunas rutas comprendidas dentro de la zona de Puriscal en colocación de sobrecapas se detalla en la tabla siguiente:

**Nota 2:** Los proyectos de “cuantía inestimable” son introducidos por el CONAVI en las contrataciones de conservación vial que abarcaron el periodo de agosto 2002 - agosto 2005 y corresponden a una modalidad donde la ingeniería de proyecto puede administrar los recursos del contrato de acuerdo a las necesidades de cada ruta.

**Tabla No.2: Detalle de cantidades y montos pagados por la Administración en colocación de sobrecapas (renglón de pago M-45 A)**

Ruta	Descripción	Características de la			Total de mezcla colocada de abril 2003 a junio de 2005 (tm)	Monto pagado (\$)	Cantidad total de mezcla colocada en la ruta	Monto total invertido en la ruta	Inversión promedio en la ruta por kilómetro
		Longitud (km)	Ancho Promedio (m)	TPD					
22	Brasil (R.27) - Ciudad Colon (R.239)	4,15	7,2	5920	2042,49	\$101.716,0	2042,49	\$101.716,0	\$24.509,9
137	Santiago Puriscal (R.239) - Grifo Alto ( iglesia)	10,69	6	525	7952,84	\$396.051,4			
137	San Pablo Turrubares (R.707) - San Pedro Turrubares (R.319)	2,80	5,70	185	1772,46	\$88.268,5	9725,3	\$484.319,9	\$35.902,1
239	Ciudad Colon (R.22) - Puente Río Viejo - Cruce Tabarcia (R.209)	12,43	7,2	2090	9777,05	\$486.897,1			
239	Cruce Tabarcia (R.209) - Santiago Puriscal (Iglesia)	8,78	7,5	2640	9305,15	\$463.396,5			
239	Santiago Puriscal (Iglesia) - Salitrales ( iglesia)	21,73	6,2	420	6366,975	\$317.075,4	25449,175	\$1.267.368,9	\$29.514,9
209	El Cruce Desamparados (R.206) - Aserri (R.312)	4,07	9,8	7250	4059,22	\$202.149,2			
209	Aserri (R.312) - Tarbaca (R.222)	8,40	6,70	2145	4750,08	\$236.554,0	8809,3	\$438.703,1	\$35.180,7
310	Honduras ( cruce A Quebrada Pilas) - Pozos ( paso Inferior R.27)	1,785	5,5	1325	2539,855	\$126.484,8			
310	Pozos ( paso Inferior R.27) - Santa Ana (R.121)	1,813	6,2	1840	1985,345	\$98.870,2	4525,2	\$225.355,0	\$62.633,4

Como se puede observar en la tabla anterior, el nivel de “inversión” promedio por kilómetro realizado en la ruta 310, en la sección auditada, supera considerablemente los montos de las demás rutas de la zona. Si se comparan las características de las rutas mostradas se observa que la ruta 310, no corresponde a la principal ruta del proyecto ya que no tiene el mayor tránsito promedio (TPD) ni resulta ser una sección que sirva de comunicación entre las principales localidades del área. Por lo tanto, resulta poco consistente para esta auditoría que exista un estudio realizado para esta sección de una ruta secundaria y para las rutas primarias no existan ni estudios ni diseños que justifiquen los espesores colocados. Adicionalmente, el estudio realizado para la ruta 310 propone espesores que prevén una vida útil de dos años.

No existe evidencia alguna que las propuestas de espesores que fueron dadas en el “estudio de evaluación del plan de rehabilitación” para esta sección de la ruta 310, es decir, 8.0, 10.0 y 12.0 cm, fueran derivadas de algún diseño estructural. Las labores de conservación realizadas a partir de estos espesores, debían buscar la eficiencia de la inversión, ya que la realización de obras, como la auditada en este caso, con expectativas de durabilidad que no superan los dos años, no son aceptables técnicamente, y la recomendación internacional así como las correctas prácticas del diseño estructural de pavimentos no consideran periodos de diseño inferiores a ocho años<sup>3</sup>. Lo anterior es debido a que no es económico ni técnicamente viable proceder con un diseño estructural correspondiente a un período menor al indicado.

Ver la fundamentación legal del hallazgo anterior punto c).

<sup>3</sup> **Fuente:** Numerosos artículos, publicaciones técnicas y manuales de diseño. Por ejemplo: “Flexible Pavement Rehabilitation Manual”, California Department of Transportation, June 2001 pp (5-15).

**Observación No.1: La Administración no verificó la aplicación de lo establecido en el Manual Técnico para el Desarrollo de Proyectos de Obra Pública de la Contraloría General de la República antes de considerar el “Estudio de evaluación del plan de rehabilitación” como un diseño estructural para la ruta 310.**

El estudio realizado para la ruta 310, en la sección auditada, evalúa espesores de capa asfáltica que no pudieron construirse, ya que, según argumenta el ingeniero de proyecto Ing. Luis Carlos Corrales, la colocación de la sobrecapa recomendada en este estudio imposibilitaba la salida de los vehículos de las casas, por lo que se decidió colocar una capa de menor espesor en el tramo (ver oficio DCV-SJP-024-2005). Es criterio de esta Auditoría Técnica, que la Administración, antes de aceptar un estudio y considerarlo como un diseño estructural para una ruta nacional, debe garantizar, entre otras cosas, que la participación de los diseñadores sea de tal profundidad que abarque tanto los estudios preliminares del diseño, como las visitas al campo que sean necesarias de forma que se pueda asegurar la factibilidad “in situ” de las propuestas que presente.

En este caso particular, el profesional responsable del estudio no participó en los estudios preliminares que sirvieron para obtener los datos usados en los cálculos del estudio de factibilidad de espesores. El diseñador se limitó únicamente a realizar los cálculos matemáticos con los datos que le fueron suministrados por el contratista y por lo tanto, no detectó la dificultad de colocar espesores de 12 cm en la sección comprendida entre los estacionamientos 3+000 y 3+200 (ver informe de diseño presente en los anexos). El diseñador no sugirió ninguna alternativa de espesor que permitiera tomar en cuenta las circunstancias del entorno y que lograra en la vía una durabilidad, al menos igual a la estimada originalmente por el “estudio de factibilidad”.

El Manual Técnico para el Desarrollo de Proyectos de Obra Pública de la Contraloría General de la República con fecha de julio de 1998, establece en la sección 8.2 “Diseño de la obra” lo siguiente: *“Para efectuar los diseños respectivos, cada profesional observará las regulaciones y normas técnicas aplicables al área que le corresponde y será responsable de la realización de los estudios básicos y preliminares que le brinden suficiente información para poder llevar a cabo su labor”* adicionalmente, se comenta en el manual: *“También estará bajo su responsabilidad la realización de todos los estudios básicos necesarios para llevar a cabo esos diseños, tales como los levantamientos topográficos o arquitectónicos, los estudios de mecánica de suelos, el análisis de materiales, la determinación de infraestructuras existentes, etc.”*

Una participación oportuna del diseñador en las fases de estudios preliminares y análisis “in situ”, puede evitar modificaciones al diseño que comprometan la durabilidad de las obras.

**Observación No.2: Se utilizó de forma incorrecta la información de deflexiones de la evaluación de la red vial nacional en el análisis de espesores para la ruta 310, sección Pozos de Santa Ana – Cruce de Honduras.**

El estudio realizado en febrero de 2005, para evaluar la posibilidad de colocar espesores de 8.0, 10.0 ó 12.0 cm en la sección de la ruta 310 auditada, considera como datos primordiales en el análisis de la capacidad estructural de la sección, los resultados de la deflectometría realizados por el laboratorio del LANAMME en abril de 2004. Estas mediciones de deflectometría realizadas con el “Deflectómetro de impacto” (FWD) fueron realizadas con el propósito de generar información a nivel de red (“network level evaluation”) que brindara datos que pueden ser utilizados para definir las rutas prioritarias a intervenir (planificación de la inversión) y eventualmente con base en esta información determinar un “índice de condición de pavimento” que puede ser utilizado para planificar las futuras intervenciones.

Las mediciones realizadas en la evaluación de la red del año 2004 fueron hechas cada 400m, lo cual no las hace aptas para poder ser utilizadas como un insumo para los cálculos realizados en el estudio mencionado y menos para un diseño estructural. Las mediciones a nivel de proyecto para diseño estructural deben realizarse en intervalos de 25 a 50m en zonas rurales y de 15 a 30m en zonas urbanas<sup>4</sup>.

De acuerdo con lo explicado anteriormente, el uso de estas deflexiones de evaluación para determinar tramos homogéneos de carretera y para valorar el aporte estructural del pavimento existente no es técnicamente correcto ya que no se cuenta con una frecuencia adecuada en las mediciones.

<sup>4</sup> **Fuente:** Pavement Design and Management Guide, Transportation Association of Canada. Sección 2.4, “Pavement structural adequacy evaluation”.

**Hallazgo No.3. La mezcla asfáltica colocada sobre la ruta 310, en la sección auditada, presenta incumplimientos a las especificaciones técnicas de poros (vacíos) de la mezcla compactada.**

La auditoría técnica solicitó una serie de muestreos de mezcla asfáltica en este proyecto, con el propósito de comprobar el cumplimiento de las especificaciones técnicas que debe cumplir el material colocado en la sobrecapa. Los resultados de los ensayos realizados al material muestreado en la sección auditada de la ruta 310 presentan incumplimientos en el parámetro de poros (vacíos) en sitio, estos resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla No.3: Resultados de los ensayos realizados a la mezcla asfáltica colocada.**

# nucleo	Fecha de Extracción	Espesor de capa (mm)	Espesor del especimen (mm)	Gbs (g/cm <sup>3</sup> )	Max. Teórica (g/cm <sup>3</sup> )	% Compact.	% vacíos
1A	28-jun-05	101,74	53,8	2,219	2,499	<b>88,8</b>	<b>11,2</b>
1B	28-jun-05		47,9	2,274		<b>91,0</b>	<b>9,0</b>
2A	28-jun-05	93,07	50,7	2,294		<b>91,8</b>	<b>8,2</b>
2B	28-jun-05		42,3	2,298		92,0%	8,0%
3A	28-jun-05	84,71	45,4	2,251	2,500	<b>90,0</b>	<b>10,0</b>
3B	28-jun-05		39,3	2,276		<b>91,0</b>	<b>9,0</b>
4A	28-jun-05	69,82	69,8	2,313		92,5%	7,5%
5A	28-jun-05	92,11	45,9	2,329	2,496	93,3%	6,7%
5B	28-jun-05		46,2	2,328		93,3%	6,7%
6A	28-jun-05	39,23	39,2	2,249		<b>90,1</b>	<b>9,9</b>
7A	28-jun-05	101,8	47,4	2,247	2,503	<b>89,8</b>	<b>10,2</b>
7B	28-jun-05		54,4	2,325		92,9%	7,1%
8A	28-jun-05	45,94	45,9	2,296		<b>91,7</b>	<b>8,3</b>
Promedio				2,285	2,500	<b>91,4</b>	<b>8,6</b>
Desv. Standard				0,035	0,003	1,4%	1,4%

Como se puede observar en la tabla No.3 (ver datos resaltados) se detectan incumplimientos a las especificaciones del cartel (especificaciones para mezcla asfáltica en caliente, sección 2.3.1.2 del cartel), ya que el rango de poros (vacíos) en sitio debe estar entre un 3% y un 8%. La ocurrencia de este tipo de incumplimientos evidencia una compactación insuficiente lo que compromete la durabilidad de la obra.

Adicionalmente, en una visita de campo realizada por la auditoría técnica el 22 de setiembre de 2005 se realizó una evaluación visual de la sobrecapa colocada, donde se observó una condición superficial que mostraba alta porosidad, siendo consistente con los resultados obtenidos en los ensayos realizados por el LANAMME a solicitud de esta auditoría técnica.

A continuación se muestran algunas fotografías ilustrando la condición descrita.



**Fotografías No.1, 2 y 3 :**  
Presencia de porosidad superficial observada en la gira del 22 de setiembre.



Altos vacíos “in situ” exponen a la mezcla asfáltica a una acelerada oxidación del ligante asfáltico que provoca una pérdida de las propiedades del ligante y en consecuencia una disminución de la vida útil de la mezcla colocada .

**Hallazgo No.4. La Administración no realizó muestreos de verificación de la calidad para comprobar los resultados de los ensayos presentados por el contratista en su autocontrol de calidad y que son utilizados por la Administración para los pagos mensuales.**

Dentro de la documentación analizada por esta auditoría técnica, no se encuentra evidencia que existan resultados de ensayos producto de una verificación de la calidad realizada por la Administración. El cartel establece en el punto 4 “Control y verificación de la calidad” apartado 4.2.2.3 c), de los carteles de licitación, que la

Administración extraerá los núcleos de la verificación y los testigos, en sitios adyacentes a los muestreados por el Contratista.

De forma adicional, la auditoría técnica verifica mediante una visita de campo realizada el 22 de setiembre de 2005 y un análisis visual de detallado de la superficie de rodamiento, que no se realizaron dichos muestreos de verificación.

De esta forma, al no realizarse muestreos de verificación que sean independiente y oportunos, no es posible para la Administración detectar incumplimientos como los consignados por esta auditoría técnica en el hallazgo No.3 de este informe, permitiendo la colocación y pago de una mezcla asfáltica que presenta incumplimientos a las especificaciones del cartel.

**Hallazgo No.5. La Administración no sustituye los muestreos extemporáneos del autocontrol que realiza el contratista por muestreos de verificación.**

De acuerdo con la información recopilada por la auditoría técnica, los muestreos de autocontrol, con los cuales se tramita el pago de mezcla asfáltica colocada se realizan de la siguiente forma:

**Tabla No.4: Periodo entre la colocación de la mezcla y la extracción de los núcleos.**

# núcleo	Fecha de colocación	Fecha de Extracción	Periodo en días entre extracción y colocación	Localización
1	15-jun-05	21-jun-05	6	Pietra fina
2	16-jun-05	21-jun-05	5	Complejo Dep. Furati
3	17-jun-05	21-jun-05	4	Plaza del Invu
1	18-jun-05	29-jun-05	11	Plaza de Pozos
2	21-jun-05	29-jun-05	8	Soda La Chispa
3	22-jun-05	29-jun-05	7	Sala de belleza Cecy
4	24-jun-05	29-jun-05	5	Clinica Dr. Oscar Soto
5	25-jun-05	29-jun-05	4	Iglesia de Pozos

Como se puede observar en la tabla anterior, el periodo entre la colocación de la sobrecapa y la extracción de los núcleos mostrados, incumple con lo establecido, ya que el Contratista debe realizar muestreos en el campo de acuerdo con lo definido en el “Plan mínimo de autocontrol”, página 26, del contrato refrendado por la Contraloría General de la República, es decir, se deben extraer núcleos para carpeta, 1 cada 200 m<sup>3</sup> o fracción ó 1 cada 2 días mínimo y en el cartel de licitación en el punto 2, sección 2.3.1.2, inciso h), página 141 donde se lee lo siguiente: “El plazo máximo entre la construcción y la determinación de la compactación será de 2 (dos) días naturales. De no cumplirse este requisito, la Administración pagará contra los resultados de la verificación” (El subrayado no es parte del texto original).

De acuerdo con lo consignado en el hallazgo No.4, la Administración no realizó muestreos de verificación, por lo que utiliza para pago, los resultados del autocontrol, aunque no sean válidos de acuerdo con lo mostrado en la tabla No.4 y a lo definido contractualmente.

El uso de estos resultados de autocontrol, muestra la ausencia de una estructura de verificación de la calidad que sea eficiente y eficaz.

**Hallazgo No.6. El procedimiento de “pago en función de calidad” utilizado por el CONAVI en este contrato, no fue una herramienta eficiente para evaluar el cumplimiento de la compactación (poros en sitio) en esta obra.**

En el contrato de obra pública de Conservación Vial de la Red de San José en su Artículo 4 y sección 4.5 de “Pago de obra ejecutada en función de la Calidad”, establece la metodología que debe aplicarse para control, verificación y pago en función de la calidad.

Los datos de autocontrol y las tablas de pago en función de la calidad preparadas y suministradas por la ingeniería de proyecto, no presentan ningún incumplimiento y ningún incumplimiento en el parámetro de compactación (poros en sitio) para la mezcla colocada en los tramos donde se realizaron los muestreos solicitados por esta auditoría técnica.

Esto evidencia que el sistema de pago en función de la calidad, no es una herramienta eficiente para evaluar el cumplimiento de las especificaciones técnicas en cuanto a la compactación (vacíos en sitio) para este proyecto, ya que no se determinan las deficiencias en la compactación (dispersión y el grado de incumplimiento) detectado por la auditoría en los tramos evaluados. De esta forma, las sobrecapas colocadas que presentan incumplimiento en los resultados de compactación no son pagadas con el precio que corresponde y acorde con la deficiente calidad que presentan, de acuerdo con los resultados de los ensayos realizados para ésta auditoría técnica.

Al no evaluarse correctamente el cumplimiento de especificaciones la Administración permite al Contratista colocar sobrecapas con una calidad inferior a la establecida en el contrato y no es posible tomar acciones correctivas de manera oportuna ya que los incumplimientos no son detectados por el CONAVI.

## 5. Conclusiones

1. Las rutas intervenidas dentro de la sub-zona de Puriscal no cuentan con diseños estructurales que justifiquen los espesores de todas las sobrecapas que son colocadas, lo cual hace imposible prever un periodo de vida útil que permita evaluar la eficacia de la inversión realizada.
2. En el caso de la ruta 310, donde se cuenta con un cálculo de la aplicabilidad de sobrecapas con espesores de 8.0, 10.0 y 12.0 cm para la sección auditada, la Administración lo consideró como un diseño estructural formal y no revisó su factibilidad constructiva “in situ” y la aplicación de las prácticas recomendadas por la Contraloría General de la República en el Manual Técnico para el Desarrollo de Proyectos de Obra Pública.
3. La inversión realizada en este proyecto fue de aproximadamente \$228.000,00 para una sección de 3,2 km, de los cuales únicamente el 90% se realiza de acuerdo a un estudio de espesores que prevé una durabilidad máxima de 2 años para las sobrecapas. Estas labores no corresponden con una inversión que considere los criterios de eficiencia y eficacia que deben regir en todos los proyectos de obra pública, ya que la sección de la ruta auditada no se interviene en su totalidad, de acuerdo al “estudio de evaluación del plan de rehabilitación” y adicionalmente, el periodo de vida útil de dos años propuesto evidencia la falta de un análisis costo - beneficio que permitiera evaluar la eficiencia en la inversión y la vida útil de la obra.
4. Los resultados de los ensayos y la inspección visual realizados por esta auditoría técnica muestran incumplimientos en las especificaciones de compactación de la mezcla colocada, por lo que la expectativa de vida útil de dos años planteada en el diseño, se ve disminuida por problemas de calidad de la capa colocada.
5. El sistema de verificación de la calidad de los poros (vacíos) en sitio en la mezcla asfáltica no es eficiente para evitar o prevenir las deficiencias del autocontrol. El sistema de “verificación” de los vacíos en sitio no fue realizado por la Administración de forma independiente, con muestreos paralelos y realizados en laboratorios independientes que permitan detectar de forma oportuna las debilidades del autocontrol de calidad del Contratista.
6. El procedimiento de “pago en función de calidad” utilizado por el CONAVI en este contrato, no fue una herramienta eficiente para evaluar el cumplimiento de la compactación (poros en sitio) en esta obra, ya que no se determinaron las deficiencias en la compactación (dispersión y el grado de incumplimiento) detectadas por la auditoría técnica en la ruta. El

procedimiento de “pago en función de calidad” no evalúa el nivel de dispersión que se hace evidente en los resultados de laboratorio realizados por esta auditoría. Una baja dispersión es muy importante para determinar la uniformidad de los procesos de colocación y compactación, entre otros.

## 6. Recomendaciones

1. El CONAVI debe realizar procesos de diseño de carreteras que cuenten con una participación integral de los diseñadores en todas las fases y que sirvan para determinar espesores de sobrecapas que garanticen un correcto uso de los fondos públicos. Estos diseños deben asegurar periodos de vida útil razonables que permitan a la Administración iniciar procesos de planificación de las obras de conservación y mantenimiento a largo y mediano plazo, por medio de un sistema de administración de pavimentos.
2. El CONAVI debe implementar y velar por el cumplimiento de lo especificado, para diseño y estudios básicos de las obras públicas, en el Manual Técnico para el Desarrollo de Proyectos de Obra Pública emitido por la Contraloría General de la República.
3. El CONAVI debe determinar cuales son las necesidades de refuerzo o de reparación de las rutas a intervenir por medio de los contratos de conservación vial, considerando la eficiencia y la eficacia en el uso de los recursos y exigir la realización de estudios preliminares y diseños estructurales que permitan asegurar la durabilidad de las obras.
4. El CONAVI debe implantar un sistema de verificación de la calidad que sea técnicamente capaz de detectar problemas de incumplimiento de materiales y que no se limite simplemente a hacer el control mínimo de calidad. Se debe implementar una metodología de verificación de la calidad que sea independiente, objetiva, oportuna y sólidamente diseñada dentro de los modernos conceptos de aseguramiento de la calidad.

**Nota Final:** *El presente informe corresponde a la versión final del informe de auditoría técnica que presenta los hallazgos detectados en las labores de conservación vial realizadas sobre la sección Pozos de Santa Ana – Cruce a Honduras, ruta 310, con una longitud aproximada de 3.2 km. El informe preliminar con número LM-PI-PV-AT-46B-05 se entregó a la Administración mediante el oficio LM-PI-PV-AT-56-05 con fecha de 13 de diciembre de 2005 con el fin de ser sujeto de análisis y que la Administración aportara algún elemento adicional, aclaración o comentario que constituyera la posición del auditado sobre los*

*hallazgos consignados en este informe. Para tal efecto se les brindó un plazo de 10 días hábiles, ya que los casos descritos en este informe ya eran de conocimiento previo por parte de la Administración. Luego de transcurrido este plazo se extiende a un total de más de 30 días hábiles, con el fin de brindar oportunidad a la Administración de emitir un pronunciamiento formal sobre los hallazgos.*

*Finalmente y transcurrido el plazo mencionado se procede a la elaboración y envío de este informe final ya que no se recibió respuesta de parte del CONAVI.*

**Firmas del equipo auditor**

**Ing. Marco E. Rodríguez Mora, MsC.**  
Asesor de Auditorias Técnicas  
del LANAMME-UCR

**Ing. Roy Barrantes Jiménez.**  
Auditor LANAMME-UCR

**Ing. Mauricio Salas Chaves.**  
Auditor LANAMME-UCR

# ANEXO I

**INFORMES DE ENSAYOS DE  
LABORATORIO REALIZADOS  
PARA ESTA AUDITORÍA TÉCNICA  
EXTERNA**



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

LanammeUCR

LM-PI-PV-AT-46F-06

The seal of the University of Costa Rica is a circular emblem. It features a central sunburst, a landscape with a river and trees, and a banner at the bottom with the motto "LUCEM ASPICIO". The words "UNIVERSIDAD DE COSTA RICA" are inscribed around the top inner edge of the seal.

**INFORMES DE ENSAYOS DE  
LABORATORIO REALIZADOS  
PARA ESTA AUDITORÍA TÉCNICA  
EXTERNA**



**AUDITORIAS TECNICAS EXTERNAS**  
BITACORA PARA REGISTRO DE PROCESO DE AUDITORIA

PROYECTO: <i>Conservación Vial San José (Puriscal)</i>	FECHA: <i>25/08/05</i>
LUGAR: <i>Oficina CONAVI - Alajuela</i>	HORA: <i>10:20 am</i>

**1. ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL EQUIPO AUDITOR:**

① *Entrevista con ingeniero proyecto Luis Carlos Corrales X.*

② *Recepción de la documentación solicitada en el oficio LM-PI-PV-AT-32-05 con fecha de 04 de agosto de 2005*

**2. DOCUMENTACION SOLICITADA**

① *La detallada en oficio LM-PI-PV-AT-32-05 con fecha de 04 de agosto de 2005.*

**3. COMENTARIOS**

① *Encuanto a lo solicitado en el oficio LM-PI-PV-AT-32-05 sobre el diseño estructural realizado para la Ruta 310 el ingeniero Luis Carlos Corrales declara que el diseño fue pagado por la Constructora MECO y aprobado de forma verbal por la Dirección de Conservación Vial.*

REGISTRO DE FIRMAS:  
AUDITORES **LANAMME**

NOMBRE	FIRMA
<i>P. Barrantes J.</i>	<i>[Firma]</i>
<i>Mauricio Sales Ch.</i>	<i>[Firma]</i>

REPRESENTANTES DEL AREA AUDITADA

NOMBRE	PUESTO	FIRMA
<i>Luis C. Corrales</i>	<i>Ing. Proyecto</i>	<i>[Firma]</i>

Alajuela, 05 de Julio del 2005

**DCV-SJP-024-2005**

**Ingeniero:**  
**Marcos Rodríguez M.**  
**LANAMME**  
**S.O.**

Ref. Información Solicitada por  
Auditoria LANAMME

Estimado Ingeniero:

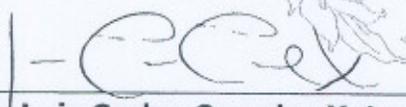
En respuesta a su oficio LM-PI-PV-AT-26-05 adjunto encontrará información solicitada.

1. Diseño estructural
2. Oficio DCV-1663-2005 en donde menciona espesores de sobre capas a colocar.

Cabe aclarar con respecto a la información solicitada sobre cambios en el diseño, que en el tramo 3+000 al 3+3200 esta ingeniería de proyecto decidió no colocar el espesor recomendado debido a que esta zona es la parte mas urbana de la ruta y con la colocación de sobre capa se imposibilitaba la salida de los vehículos de las casas debido a la diferencia de niveles que existente por lo que se decidió colocar una capa no estructural en este tramo.

La colocación de esta sobre capa está debidamente aprobada para la dirección de conservación vial de CONAVI, debido a que esta contaba con el respectivo diseño.

Se suscribe de usted, atentamente,

  
**Ing. Luis Carlos Corrales Xatruch**  
**Jefe de Proyecto**

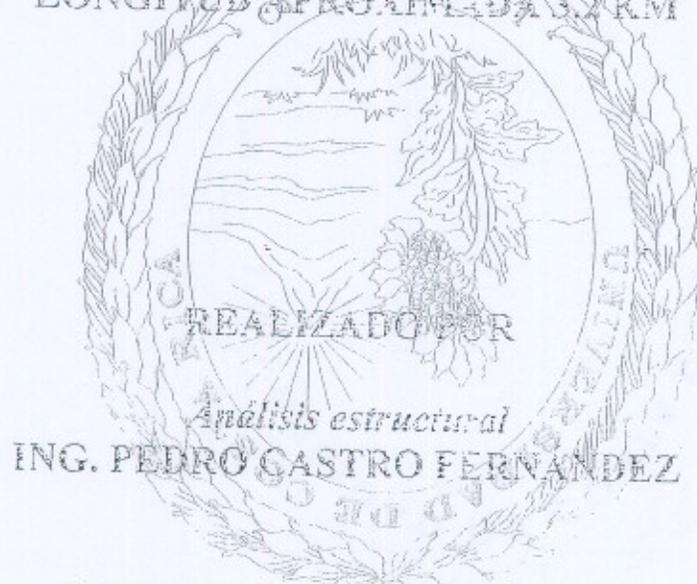


**CC/**  
Ing. Alejandro Molina  
Ing. Marvin Moya A.  
Archivo/ Copiador

Director Ejecutivo CONAVI  
Director Conservación Vial CONAVI

ESTUDIO DE EVALUACION DEL PLAN DE  
REHABILITACION RUTA NACIONAL 310

*Tramo a intervenir*  
SANTA ANA - CRUCE PILAS  
LONGITUD APROXIMADA 3.2 KM



*Análisis estructural*  
ING. PEDRO CASTRO FERNANDEZ

*Evaluación de campo y laboratorio*  
INGENIERÍA TÉCNICA DE PAVIMENTOS S.A.

*Fecha*  
15 DE FEBRERO DE 2005

San José, 14 de febrero de 2005.

**Ing. Oscar Martínez Martínez,  
Ingeniería Técnica de Pavimentos,  
S.M.**

Estimado Ing. Martínez:

Luego de saludarlo cordialmente, me permito remitirle el informe final del proyecto de Evaluación del plan de rehabilitación para la ruta nacional 310 entre el cruce a Quebrada Pilas (Honduras) y Santa Ana, realizado por DOC & BIB de Centroamérica, S.A.

Sin otro particular, me despido de usted, quedando en mi mejor disposición para cualquier consulta o aclaración adicional.

Cordialmente,



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'P. Castro', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

**Candidato a Ph.D., MSc., MBA, Ing. Pedro Castro Fernández,  
Presidente, DOC & BIB de Centroamérica, S.A.**

## EVALUACION DEL PLAN DE REHABILITACION PARA LA RUTA NACIONAL 310 ENTRE EL CRUCE A QUEBRADA PILAS (HONDURAS) Y SANTA ANA

### 1. INTRODUCCION.

Este informe cubre los siguientes objetivos:

- Valoración del aporte estructural del pavimento existente actualmente (2005). Considerando que dicho pavimento representa la estructura de soporte para una sobrecapa asfáltica a aplicar próximamente (rehabilitación).
- Verificación de la aplicabilidad de espesores de sobrecapa de 8.0, 10.0 y 12.0 cm sobre la estructura de pavimento actual, de acuerdo con: i) criterios mecanístico – empíricos de falla por agrietamiento a la fatiga (capas asfálticas) y deformación de sub-rasante (deformación plástica acumulada), y ii) criterio de falla por habilidad de servicio (PSI de la guía AASHTO de 1993).

Nota: el presente informe se basa en información de laboratorio facilitada por Ingeniería Técnica de Pavimentos; la responsabilidad por la ejecución de los ensayos y la recopilación de la información no corresponde al autor de este informe.

### 2. PROYECCION DE CARGAS VEHICULARES.

En vista de que las estaciones de conteo vehicular del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) sobre la ruta 310 corresponden a una realidad de flujo vehicular distinta a la propia del tramo de estudio (estación No. 656 en la entrada a Pozos, con tránsito promedio diario de 2840 en 1996), las cargas vehiculares sobre el tramo de interés se obtuvieron a partir de conteos realizados por Ingeniería Técnica de Pavimentos en fechas 7, 8 y 9 de febrero de 2005 (la Tabla 1 presenta el resultado obtenido).

Tabla 1: Distribución vehicular y volumen de tránsito.

Tipo de vehículo	Cantidad total (1)			Porcentajes (%)		
	07/02/05	08/02/05	09/02/05	07/02/05	08/02/05	09/02/05
Livianos	2348	2121	2395	92.7	91.1	88.7
Carga liviana	66	96	130	2.6	4.1	4.8
Autobuses	47	65	98	1.9	2.8	3.6
C2	44	30	52	1.7	1.3	1.9
C3	22	14	24	0.9	0.6	0.9
T3-S2	5	2	0	0.2	0.1	0.0

(1) En ambos sentidos.

(2) Determinada en períodos de 7:00 a.m. a 5:00 p.m. en las tres fechas de muestreo indicadas. Información suministrada por Ingeniería Técnica de Pavimentos, S.A.

La Tabla 2 presenta los factores camión considerados para el cálculo de ejes equivalentes simples de 8.2 Toneladas.

**Tabla 2: Factores camión.**

Tipo de vehículo	Factor camión (*)
Livianos	0.001
Carga liviana	0.500
Autobuses	1.000
C2	1.000
C3	1.500
T3 - S2	2.500

(\*) Número de ejes equivalentes simples de 8200 kg que representa una pasada promedio de cada tipo de vehículo.

La Tabla 3 presenta las cargas vehiculares de diseño (ejes equivalentes simples de 8.2 Ton) para diferentes períodos, sobre el carril de diseño (considerando un factor direccional de 0.50 y un factor carril de 1.00). Obsérvese que se plantean tres escenarios de tasa de crecimiento para el tránsito: a) tasa de crecimiento baja, b) tasa de crecimiento media y c) tasa de crecimiento alta.

Nota: la tasa de crecimiento vehicular que sugiere la Dirección de Planificación del MOPT para la ruta No. 310 es 8 %.

**Tabla 3: Cálculo de ejes equivalentes simples de 8.2 toneladas de diseño.**

Parámetro	Escenario de crecimiento		
	Baja	Media	Alta
Crecimiento anual (%)	6.0	8.0	10.0
TPD (año 2005)	2520 (*)	2520 (*)	2520 (*)
EEQ acum. 2 años	158437	162993	167608
EEQ acum. 3 años	244854	254395	264182
EEQ acum. 4 años	336456	353109	370414
EEQ acum. 5 años	433555	459720	487269
EEQ acum. 6 años	536479	574860	615809
EEQ acum. 7 años	645579	699211	757203
EEQ acum. 8 años	761225	833510	912737
EEQ acum. 9 años	883809	978553	1083824
EEQ acum. 10 años	1013749	1135199	1272020
EEQ acum. 11 años	1151485	1304378	1479035
EEQ acum. 12 años	1297485	1487090	1706752

(\*) Aplicando un factor de 2.0 a partir de las cantidades vehiculares de la Tabla 1 (el muestreo no cubrió la totalidad de las 24 horas del día). Adicionalmente se está considerando un factor direccional de 0.50 y un factor carril de 1.00.

### 3. CARACTERISTICAS DE MATERIALES EXISTENTES.

A partir de los sondeos reportados por Ingeniería Técnica de Pavimentos, S.A., se identificaron los espesores de capa indicados en la Tabla 4.

Tabla 4: Espesores promedio de capa.

Capa	Sub-tramo A (2)	Sub-tramo B (2)
Estacionamiento (1)	0+000 a 1+600	1+600 a 3+200
Capa asfáltica	4 cm	6 cm
Base granular	15 cm	25 cm
Sub-base	25 cm	0 cm

(1) Estacionamiento 0+000 en el cruce a Quebrada Pilas (Honduras). Aplica para la totalidad de este informe.

(2) Tres sondeos disponibles para cada sub-tramo.

Fuente: Ingeniería Técnica de Pavimentos.

Nota: para efectos de modelación estructural se usaron los espesores promedio para cada capa.

La Tabla 5 presenta un resumen de características determinadas en la sub-rasante del proyecto, a partir del muestreo en cuatro estacionamientos del tramo en estudio. Dichos resultados de laboratorio corresponden a los Informes 030-2005 y 033-2005 de Ingeniería Técnica de Pavimentos, S.A., fechados 9 de febrero de 2005.

**Tabla 5: Características de sub-rasante.**

Estacionamiento	Límite líquido (%)	Índice plástico (%)	Porcentaje pasando tamiz No. 4 (%)	Porcentaje pasando tamiz No. 40 (%)	Porcentaje pasando tamiz No. 200 (%)	Porcentaje de compactación (%)	CBR (%)
0+800 / 1+300 (1) (2)	30	12	-	-	-	93 (3)	11
						95 (3)	14
						99 (3)	17
1+950 / 2+400 (1) (2)	35	13	-	-	-	92 (3)	13
						94 (3)	14
						99 (3)	17

- (1) Por similitud de características físicas (evaluación visual), solamente se efectuaron ensayos a una de las muestras (no se especifica cuál).
- (2) Clasifica como A-6 de acuerdo con la metodología de clasificación de suelos y materiales granulares de la AASHTO.
- (3) Los respectivos informes indican que para la determinación de la densidad seca máxima se aplicó el ensayo Proctor estándar con el material pasando el tamiz No. 4.

Fuente: Ingeniería Técnica de Pavimentos.

La Tabla 6 presenta un resumen con los resultados de las pruebas de laboratorio disponibles para el material de sub-base muestreado en el proyecto (en dos estacionamientos). Dichos datos fueron obtenidos a partir del Informe 032-2005 de Ingeniería Técnica de Pavimentos, de fecha 9 de febrero de 2005.

**Tabla 6: Características de sub-base.**

Estacionamiento	Límite líquido (%)	Índice plástico (%)	Porcentaje pasando tamiz No. 4 (%)	Porcentaje pasando tamiz No. 40 (%)	Porcentaje pasando tamiz No. 200 (%)	Porcentaje de compactación (%)	CBR (%)
0+800 / 1+300 (1) (2)	NP	NP	70	52	15.6	92 (3)	34
						95 (3)	37
						99 (3)	40

- (1) Por similitud de características físicas (evaluación visual), solamente se efectuaron ensayos a una de las muestras (no se especifica cuál).
- (2) Clasifica como A-2 de acuerdo con la escala de clasificación AASHTO.
- (3) Los respectivos informes indican que para la determinación de la densidad seca máxima se aplicó el ensayo Proctor modificado con el material pasando el tamiz No. 4.

Fuente: Ingeniería Técnica de Pavimentos

La Tabla 7 presenta un resumen con los resultados de las pruebas de laboratorio disponibles para el material de base granular muestreado en el proyecto (en cuatro estacionamientos). Dichos datos fueron obtenidos a partir de los Informes 029-2005 y 031-2005 de Ingeniería Técnica de Pavimentos, de fecha 9 de febrero de 2005.

**Tabla 7: Características de base granular.**

Estacionamiento	Límite líquido (%)	Índice plástico (%)	Porcentaje pasando tamiz No. 4 (%)	Porcentaje pasando tamiz No. 40 (%)	Porcentaje pasando tamiz No. 200 (%)	Porcentaje de compactación (%)	CBR (%)
0+800 / 1+300 (1) (2)	NP	NP	42	19	11.2	92 (3)	71
						96 (3)	79
						100 (3)	93
1+950 / 2+400 (1) (2)	NP	NP	63	22	11.6	93 (3)	66
						96 (3)	77
						100 (3)	89

- (1) Por similitud de características físicas (evaluación visual), solamente se efectuaron ensayos a una de las muestras (no se especifica cuál).
- (2) Clasifica como A-1 de acuerdo con la escala de clasificación AASHTO.
- (3) Los respectivos informes indican que para la determinación de la densidad seca máxima se aplicó el ensayo Proctor estándar con el material pasando el tamiz No. 4.

Fuente: Ingeniería Técnica de Pavimentos

#### 4. DEFLECTOMETRIA DE IMPACTO:

Los datos de deflectometría de impacto fueron suministrados por Ingeniería Técnica de Pavimentos, S.A. La Tabla 8 presenta los promedios y desviaciones estándar de deflexión, para cada posición de geófono (se consideraron siete), para la totalidad de estacionamientos evaluados (carril de Honduras a Santa Ana, cada 400 m). Adicionalmente, la Tabla 8 presenta los promedios y desviaciones estándar, para cada posición de geófono, para cada segmento homogéneo diferenciado a partir de la deflectometría de impacto (se identificaron dos).

**Tabla 8: Deflectometría de impacto (centésimas de milímetro). Muestreo del 16 de junio de 2004.**

Deflección	Distancia radial (*)	Todos los datos		Segmento No. 1		Segmento No. 2	
		Prom.	Desv.	Prom.	Desv.	Prom.	Desv.
D1	0 cm	76.6	18.3	58.2	18.3	85.8	9.9
D2	20 cm	55.3	14.3	42.7	14.2	61.6	10.2
D3	30 cm	39.4	10.7	31.7	11.4	43.2	8.9
D4	45 cm	24.5	6.6	20.6	6.7	26.5	6.2
D5	75 cm	11.5	3.3	9.2	4.1	12.7	2.5
D6	120 cm	7.1	2.3	5.1	2.9	8.1	1.2
D7	180 cm	4.6	1.6	3.0	1.8	5.4	0.7

(\*) A partir del centro del plato de carga.

Fuente: información generada por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, suministrada por Ingeniería Técnica de Pavimentos.

La separación de segmentos homogéneos (tramos diferenciados a partir de su capacidad estructural, cuantificada como la resistencia a la deformación ante la carga) se realizó por medio de un análisis de segmentación jerárquica de multivariable. La Tabla 9 presenta los estacionamientos que corresponden a cada uno de dichos segmentos homogéneos diferenciados. Nótese que con base en espesores y deflexiones se identificaron tres segmentos diferenciados (2A, 2B y 1B).

**Tabla 9: Separación del tramo en segmentos homogéneos.**

Estacionamiento			Segmento No. (2)
Sub-tramo (1)	Inicio	Fin	
A	0+000	1+600	2A
B	1+600	2+200	2B
B	2+200	3+000	1B
B	3+000	3+200	2B

(1) A partir de espesores de capa existentes.

(2) Los términos 1 y 2 se refieren a la respuesta estructural diferenciada a partir de la deflectometría de impacto; los términos A y B se refieren a los espesores de la sección transversal típica.

Considérese que el número óptimo de segmentos homogéneos diferenciados por deflectometría es dos (máximo grado de diferenciación entre los diversos tractos separados) y que los elementos de mayor relevancia para la segmentación jerárquica se explican a partir del análisis de la variable canónica (variable respuesta compuesta a partir de las mediciones de deformación por geófono) de mayor correlación con las diferencias entre segmentos. El 64 % de la diferencia total entre segmentos homogéneos se asocia fundamentalmente con la deflexión 1 (debajo del plato de carga, paquete estructural completo) y con la deflexión 7 (a 180 cm del plato de carga, capacidad de soporte de la subrasante).

Nota: nótese, además, la alta correlación entre las deflexiones D1 y D7.

Usando los promedios y desviaciones estándar de las deflexiones para cada segmento homogéneo, ha sido posible estimar los percentiles 80 y 90 de deflexión por sensor. Dichos resultados se presentan en la Tabla 10.

Obsérvese (Tabla 10) que el segmento homogéneo 2, seleccionado a partir del análisis de multivariable por segmentación jerárquica a partir de la deflectometría de impacto, evidencia una menor dispersión en relación al segmento homogéneo 1 (donde se aprecia mayor diferencia entre las deflexiones calculadas para los percentiles 80 y 90).

Nota: el percentil 80 representa un nivel de deflexión de superficie tal que el 80 % de las deflexiones medidas son inferiores; igualmente, el percentil 90 representa un nivel de deflexión de superficie tal que el 90 % de las deflexiones medidas son inferiores.

**Tabla 10: Escenarios de deflectometría (centésimas de milímetro).**

Deflexión	Distancia radial (*)	Segmento No. 1		Segmento No. 2	
		P80	P90	P80	P90
D1	0 cm	77.6	92.7	95.0	100.5
D2	20 cm	57.7	69.4	71.0	76.7
D3	30 cm	43.8	53.2	51.4	56.4
D4	45 cm	27.7	33.2	32.2	35.6
D5	75 cm	13.5	16.8	15.0	16.4
D6	120 cm	8.1	10.5	9.3	9.9
D7	180 cm	4.9	6.4	6.1	6.5

(\*) A partir del centro del plato de carga.

## 5. RETROCALCULO DE MODULOS DE RIGIDEZ.

A partir de los dos escenarios de deflexión por segmento homogéneo planteados en la Tabla 10 (percentiles 80 y 90), considerando los espesores de capa indicados en el Apartado 3, se hizo un retrocálculo de módulos de rigidez por medio del software EverCalc.

La Tabla 11 presenta el resultado del retrocálculo de módulos de rigidez con menor error de ajuste a la curva deformada (inferior a 8 % e todos los casos) para los dos escenarios de deflexión planteados por segmento homogéneo (P80 y P90). Considérese que la condición de mejor ajuste correspondió, en todos los casos, a la condición de sub-rasante de espesor semi-infinito (sin considerar un estrato rígido o saturado a una profundidad de menos de 5 m de la superficie).

Tabla 11: Retrocálculo de módulos de rigidez (psi).

Segmento homogéneo			Capa asfáltica de rueda	Base granular	Sub-base	Sub-rasante
Segmento	Espesores	Deflexión				
2A	(1)	P80	500000	10000	9000	13000
2A	(1)	P90	500000	10000	9000	13000
2B	(2)	P80	150000	8800	No aplica	12000
2B	(2)	P90	150000	8800	No aplica	12000
1B	(2)	P80	500000	9300	No aplica	15000
1B	(2)	P90	250000	9000	No aplica	11900

(1) Espesor de capa de rueda de 4.0 cm; base granular de 15.0 cm; y sub-base, de 25.0 cm.

(2) Espesor de capa de rueda de 6.0 cm y de base granular de 25.0 cm.

### Notas:

- Obsérvense la magnitud del módulo de rigidez retrocalculado para la capa asfáltica del segmento 2B (150000 psi); evidenciando un avanzado nivel de agrietamiento por fatiga. En los otros segmentos (2A y 1B) no se evidencia dicha situación; pero debe considerarse que la totalidad del tramo ha sido sometido a bacheo, de manera que es de esperar elevados módulos de rigidez en las zonas donde la capa asfáltica de rueda ya ha sido sustituida.
- Considérese que los módulos de rigidez retrocalculados para la sub-rasante deben ser disminuidos por un factor de variación estacional (asociado con condiciones de saturación y disminución de capacidad de soporte). En posteriores secciones de esta informe se considerará un factor de variación estacional para sub-rasante de 2.0.

## 6. CONSIDERACION DE ESPESORES DE SOBRECAPA DE ACUERDO CON CRITERIOS MECANISTICO – EMPIRICOS.

En este Apartado se valora la capacidad estructural del pavimento integrado por la estructura actual y una sobrecapa de concreto asfáltico. Se han considerado espesores de sobrecapa de 8.0, 10.0 y 12.0 cm.

La valoración por capacidad estructural se realiza con base en dos criterios mecanístico- empíricos:

1. Ecuaciones de transferencia para agrietamiento por fatiga de la metodología de diseño estructural de pavimentos AASHTO 2002. El-Basyouny, Mohamed y Witczak, Mathew; Calibration of the alligator fatigue cracking model for the 2002 design guide; Transportation Research Board Annual Meeting, 2005.
2. Ecuaciones de transferencia para deformación plástica de sub-rasante de la Shell (revisión de 1985) para un 85 % de confianza. De acuerdo con Huang, Yang; Pavement analysis and design, II ed.; Prentice-Hall, 2004.

La Tabla 12 presenta los resultados del análisis estructural mecanístico-empírico para el caso donde se considera una sobrecapa asfáltica de 8.0 para cada segmento homogéneo. Las Tablas 13, 14 y 15 presentan, igualmente, los resultados del análisis estructural mecanístico – empírico para los casos donde los espesores de sobrecapa asfáltica son 10.0, 12.0 cm y 14.0 cm (evaluado únicamente para el segmento homogéneo crítico 2B).

**Tabla 12: Estimación de repeticiones de carga para el agrietamiento por fatiga de las capas asfálticas y la falla de sub-rasante. De acuerdo con criterios mecanístico – empíricos. Espesor de 8.0 cm.**

Segmento homogéneo			Arietamiento por fatiga de la sobrecapa asfáltica (3)		Arietamiento por fatiga de la capa asfáltica existente.		Falla por deformación plástica de sub-rasante.	
Segmento	Espesores	Deflexión	$\epsilon_t$ (E-6)	$N_f$	$\epsilon_t$ (E-6)	$N_f$	$\epsilon_{vs}$ (E-6)	$N_f$
2A	(1)	P80	66	> 10E+06	385	4.70E+06	970	2.19E+05
2A	(1)	P90	66	> 10E+06	385	4.70E+06	970	2.19E+05
2B	(2)	P80	288	> 10E+06	864 (4)	8.90E+05	1326	<b>6.28E+04</b>
2B	(2)	P90	288	> 10E+06	864 (4)	8.90E+05	1326	<b>6.28E+04</b>
1B	(2)	P80	135	> 10E+06	469	2.10E+06	955	2.33E+05
1B	(2)	P90	142	> 10E+06	684	1.20E+06	1247	<b>8.02E+04</b>

(1) Espesor de capa de ruedo de 4.0 cm; base granular, de 15.0 cm; y sub-base, de 25.0 cm.

(2) Espesor de capa de ruedo de 6.0 cm y de base granular de 25.0 cm.

- (3) Considerando un ligante asfáltico de 70 décimas de milímetro a 25°C; una estructura granulométrica de 0 % retenido en el tamiz de 19.0 mm, 22 % retenido en el tamiz de 9.5 mm, 51 % retenido en el tamiz No. 4 y 5.8 % pasando el tamiz No. 200; así como una mezcla asfáltica diseñada a 4.0 % de vacíos de aire, con un volumen efectivo de ligante de 10.7 %. De acuerdo con el informe de diseño de mezcla para la planta de MECO en La Uruca, del Informe 370-2004 de LGC Ingeniería de Pavimentos, del 20 de septiembre de 2004.
- (4) Capa asfáltica que evidencia ya haber alcanzado un avanzado nivel de agrietamiento por fatiga.

**Tabla 13: Estimación de repeticiones de carga para el agrietamiento por fatiga de las capas asfálticas y la falla de sub-rasante. De acuerdo con criterios mecanístico – empíricos. Espesor de 10.0 cm.**

Segmento homogéneo			Arietamiento por fatiga de la sobrecapa asfáltica (3)		Arietamiento por fatiga de la capa asfáltica existente		Falla por deformación plástica de sub-rasante.	
Segmento	Espe-sores	De-fle-xión	$\epsilon_r$ (E-6)	$N_r$	$\epsilon_r$ (E-6)	$N_r$	$\epsilon_{vs}$ (E-6)	$N_r$
2A	(1)	P80	131	> 10E+06	464	2.20E+06	852	3.68E+05
2A	(1)	P90	131	> 10E+06	464	2.20E+06	852	3.68E+05
2B	(2)	P80	312	> 10E+06	739	1.70E+06	1158	1.08E+05
2B	(2)	P90	312	> 10E+06	739	1.70E+06	1158	1.08E+05
1B	(2)	P80	128	> 10E+06	408	3.70E+06	827	4.15E+05
1B	(2)	P90	182	> 10E+06	593	2.00E+06	1084	1.41E+05

- (1) Espesor de capa de ruedo de 4.0 cm; base granular, de 15.0 cm; y sub-base, de 25.0 cm.
- (2) Espesor de capa de ruedo de 6.0 cm y de base granular de 25.0 cm.
- (3) Considerando un ligante asfáltico de 70 décimas de milímetro a 25°C; una estructura granulométrica de 0 % retenido en el tamiz de 19.0 mm, 22 % retenido en el tamiz de 9.5 mm, 51 % retenido en el tamiz No. 4 y 5.8 % pasando el tamiz No. 200; así como una mezcla asfáltica diseñada a 4.0 % de vacíos de aire, con un volumen efectivo de ligante de 10.7 %. De acuerdo con el informe de diseño de mezcla para la planta de MECO en La Uruca, del Informe 370-2004 de LGC Ingeniería de Pavimentos, del 20 de septiembre de 2004.
- (4) Capa asfáltica que evidencia ya haber alcanzado un avanzado nivel de agrietamiento por fatiga.

**Tabla 14: Estimación de repeticiones de carga para el agrietamiento por fatiga de las capas asfálticas y la falla de sub-rasante. De acuerdo con criterios mecanístico – empíricos. Espesores de 12.0 cm.**

Segmento homogéneo			Arietamiento por fatiga de la sobrecapa asfáltica (3)		Arietamiento por fatiga de la capa asfáltica existente.		Falla por deformación plástica de sub-rasante.	
Segmento	Es-pesores	De-fle-xión	$\epsilon_t$ (E-6)	$N_f$	$\epsilon_t$ (E-6)	$N_f$	$\epsilon_{vs}$ (E-6)	$N_f$
2A	(1)	P80	145	> 10E+06	407	3.70E+06	753	6.03E+05
2A	(1)	P90	145	> 10E+06	407	3.70E+06	753	6.03E+05
2B	(2)	P80	310	> 10E+06	638	3.00E+06	1017	1.81E+05
2B	(2)	P90	310	> 10E+06	638	3.00E+06	1017	1.81E+05
1B	(2)	P80	120	> 10E+06	658	6.20E+06	724	7.06E+05
1B	(2)	P90	198	> 10E+06	517	3.50E+06	951	2.37E+05

- (1) Espesor de capa de ruedo de 4.0 cm; base granular, de 15.0 cm; y sub-base, de 25.0 cm.  
 (2) Espesor de capa de ruedo de 6.0 cm y de base granular de 25.0 cm.  
 (3) Considerando un ligante asfáltico de 70 décimas de milímetro a 25°C; una estructura granulométrica de 0 % retenido en el tamiz de 19.0 mm, 22 % retenido en el tamiz de 9.5 mm, 51 % retenido en el tamiz No. 4 y 5.8 % pasando el tamiz No. 200; así como una mezcla asfáltica diseñada a 4.0 % de vacíos de aire, con un volumen efectivo de ligante de 10.7 %. De acuerdo con el informe de diseño de mezcla para la planta de MECO en La Uruca, del Informe 370-2004 de LGC Ingeniería de Pavimentos, del 20 de septiembre de 2004.  
 (4) Capa asfáltica que evidencia ya haber alcanzado un avanzado nivel de agrietamiento por fatiga.

**Tabla 15: Estimación de repeticiones de carga para el agrietamiento por fatiga de las capas asfálticas y la falla de sub-rasante. De acuerdo con criterios mecanístico – empíricos. Espesores de 14.0 cm.**

Segmento homogéneo			Arietamiento por fatiga de la sobrecapa asfáltica (3)		Arietamiento por fatiga de la capa asfáltica existente.		Falla por deformación plástica de sub-rasante.	
Segmento	Es-pesores	De-fle-xión	$\epsilon_t$ (E-6)	$N_f$	$\epsilon_t$ (E-6)	$N_f$	$\epsilon_{vs}$ (E-6)	$N_f$
2B	(2)	P80	297	> 10E+06	555	5.10E+06	900	2.96E+05
2B	(2)	P90	297	> 10E+06	555	5.10E+06	900	2.96E+05

- (1) Espesor de capa de ruedo de 4.0 cm; base granular, de 15.0 cm; y sub-base, de 25.0 cm.  
 (2) Espesor de capa de ruedo de 6.0 cm y de base granular de 25.0 cm.

- (3) Considerando un ligante asfáltico de 70 décimas de milímetro a 25°C; una estructura granulométrica de 0 % retenido en el tamiz de 19.0 mm, 22 % retenido en el tamiz de 9.5 mm, 51 % retenido en el tamiz No. 4 y 5.8 % pasando el tamiz No. 200; así como una mezcla asfáltica diseñada a 4.0 % de vacíos de aire, con un volumen efectivo de ligante de 10.7 %. De acuerdo con el informe de diseño de mezcla para la planta de MECO en La Uruca, del Informe 370-2004 de LGC Ingeniería de Pavimentos, del 20 de septiembre de 2004.
- (4) Capa asfáltica que evidencia ya haber alcanzado un avanzado nivel de agrietamiento por fatiga.

De acuerdo con los criterios mecánico – empíricos evaluados, por categoría de análisis, se concluye:

- La aplicación de una sobrecapa de 8.0 cm determina una capacidad de resistencia al agrietamiento por fatiga en las capas asfálticas, para todos los segmentos homogéneos, de al menos 8 años. Considérese que dicho criterio (AASHTO 2002) no se refiere al inicio del agrietamiento, sino que comprende el plazo para que dicho nivel de agrietamiento sea evidente en la superficie. Adicionalmente, dicho criterio se refiere estrictamente al agrietamiento tipo cuero de lagarto.
- La aplicación de una sobrecapa de 8.0 cm determina una capacidad de resistencia a la deformación plástica de sub-rasante de aproximadamente dos años para los segmentos homogéneos 2A y 1B.
- La aplicación de una sobrecapa de 10.0 cm determina una capacidad de resistencia a la deformación plástica de sub-rasante de aproximadamente cuatro años para los segmentos homogéneos 2A y 1B.
- La aplicación de una sobrecapa de 12.0 cm determina una capacidad de resistencia a la deformación plástica de sub-rasante de aproximadamente seis años para los segmentos homogéneos 2A y 1B, y de dos años para el segmento homogéneo 2B.
- Se requiere aplicar una sobrecapa de 14.0 cm en el segmento homogéneo 2B para lograr una capacidad de resistencia a la deformación plástica de sub-rasante de tres años.

Nota: considérese que existe evidencia significativa de que la capa asfáltica existente en el segmento homogéneo 2B ya ha experimentado agrietamiento por fatiga; de manera que se requieren tomar las respectivas previsiones para evitar el reflejo de grietas (bacheo en áreas de mayor deterioro).

## 7. VERIFICACION DEL NUMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO.

A partir de las características de las capas consideradas en el paquete estructural de diseño (Tabla 16), es factible, con base en los diagramas de correlación entre módulo de rigidez y coeficiente estructural de la AASHTO 1993, determinar el coeficiente estructural para cada capa, y cuantificar el número estructural que corresponde a sendas sobrecapas de 8.0, 10.0 y 12.0 cm, que permite determinar el número de años para alcanzar la falla por calidad funcional (PSI inferior al mínimo de 2.0).

**Tabla 16: Materiales de pavimento de acuerdo con diseño.**

Material	Módulo de rigidez (psi)			Coeficiente estructural (a) (3)		
	2A	2B	1B	2A	2B	1B
Sobrecapa asfáltica	275000 (1)	275000 (1)	275000 (1)	0.350	0.350	0.350
Capa asfáltica existente	500000	150000	500000 / 250000 (2)	0.450	0.250	0.45 / 0.35 (2)
Base granular	10000	8800	9300 / 9050 (2)	0.080	0.075	0.075 / 0.075 (2)
Sub-base	9000			0.075		

- (1) De acuerdo con el modelo de estimación de módulo de rigidez para capas de concreto asfáltico "E\*" de la guía de diseño AASHTO 2002 - nivel 2. Bari, Javed y Witczak, Mathew; An evaluation of the effect of lime modification on dynamic modulus stiffness of HMA for use with the new NCHRP 1-37A M-E Pavement Design Guide Procedures; Transportation Research Board annual meeting, 2005.
- (2) Resultados significativamente diferentes para las deflexiones de los percentiles 80 y 90. En primer término se indica lo correspondiente al percentil 80; y en segundo término, lo propio del percentil 90.
- (3) Coeficientes estructurales de acuerdo con American Association of State Highway and Transportation Officials; AASHTO guide for design of pavement structures; AASHTO, 1993.

La Tabla 17 presenta la valoración del número estructural asociado con la rehabilitación del tramo evaluado a partir de sobrecapas de 8.0, 10.0 y 12.0 cm, de acuerdo con la guía de diseño AASHTO de 1993. En dicha tabla se presenta, adicionalmente, la cantidad de cargas vehiculares de diseño (ejes equivalentes simples de 8.2 Ton) correspondiente a cada número estructural.

Los siguientes parámetros de diseño han sido considerados:

- Nivel de confianza en la estimación de cargas vehiculares: 80 % (zona rural de poco tránsito).
- Desviación estándar en modelo de predicción de PSI: 0.45.
- Índice de servicio PSI terminal: 2.0.

**Tabla 17: Estimación de número estructural AASHTO asociado con diversos espesores de sobrecapa y capacidad de carga para alcanzar PSI terminal.**

Segmento homogéneo			Módulo de rigidez de la subrasante de diseño (psi)	Número estructural logrado con sobrecapa			Ejes equivalentes de diseño de acuerdo con AASHTO 1993		
Segmento	Espesores	Deflexión		8 cm	10 cm	>12 cm	8 cm	10 cm	12 cm
2A	(1)	P80	6500	3.02	3.80	3.57	5.95E+5	1.06E+6	1.83E+6
2A	(1)	P90	6500	3.02	3.30	3.57	5.95E+5	1.06E+6	1.83E+6
2B	(2)	P80	6000	2.43	2.71	2.98	1.24E+5	2.46E+5	4.63E+5
2B	(2)	P90	6000	2.43	2.71	2.98	1.24E+5	2.46E+5	4.63E+5
1B	(2)	P80	7500	2.90	3.18	3.45	6.52E+5	1.19E+6	2.07E+6
1B	(2)	P90	6000	2.67	2.94	3.22	2.18E+5	4.12E+5	7.46E+5

(1) Espesor de capa de ruedo de 4.0 cm; base granular de 15.0 cm; y sub-base, de 25.0 cm.

(2) Espesor de capa de ruedo de 6.0 cm y de base granular de 25.0 cm.

Obsérvese que, de acuerdo con el criterio de índice de servicio (PSI), la aplicación de una sobrecapa de 8.0 cm sobre el tramo de pavimento existente, determina un período de diseño de al menos seis años para los segmentos homogéneos 2A y 1B, y de un año para el segmento homogéneo 2B.

Para lograr un período de diseño de al menos 2 años, de acuerdo con el criterio AASHTO de 1993, el segmento homogéneo 2B requiere una sobrecapa de 10.0 cm.

## 8. CONCLUSIONES.

Para el tramo de la ruta 310, del cruce a Quebrada Pilas (Honduras) a Santa Ana, se ha determinado que la aplicación de una sobrecapa asfáltica de 8.0 cm determina:

- Cumplimiento del criterio de falla por índice de servicio (rugosidad, agrietamiento, bacheo, deformación de superficie) en un plazo de al menos seis años para los segmentos entre los estacionamientos 0+000 a 1+600 y 2+200 a 3+000.
- Capacidad de resistencia al agrietamiento por fatiga y deformación plástica de sub-rasante en un plazo de al menos dos años en los segmentos entre los estacionamientos 0+000 a 1+600 y 2+200 a 3+000.

Si se aplica un espesor de sobrecapa asfáltica de 10.0 cm, se obtiene:

- Cumplimiento del criterio de falla por índice de servicio de al menos diez años para los segmentos entre los estacionamientos 0+000 a 1+600 y 2+200 a 3+000. En lo referente a los segmentos entre los estacionamientos 1+600 a 2+000 y 3+000 a 3+200, se tiene una capacidad de carga de dos años para alcanzar el índice de servicio terminal.
- Capacidad de resistencia al agrietamiento por fatiga y deformación plástica de sub-rasante en un plazo de al menos 4 años para los segmentos entre los estacionamientos 0+000 a 1+600 y 2+200 a 3+000. En lo referente a los segmentos de los estacionamientos 1+600 a 2+200 y 3+000 a 3+200, la capacidad de resistir el agrietamiento por fatiga y la falla de sub-rasante es de un año.

La aplicación de una sobrecapa de 12.0 cm conlleva a:

- Cumplimiento del criterio de falla por índice de servicio (rugosidad, agrietamiento, bacheo, deformación de superficie) en un plazo de al menos doce años en los segmentos entre los estacionamientos 0+000 a 1+600 y 2+200 a 3+000, y de al menos cinco años en los segmentos entre los estacionamientos 1+600 a 2+200 y 3+000 a 3+200.
- Capacidad de resistencia al agrietamiento por fatiga y deformación plástica de sub-rasante en un plazo de al menos seis años en los segmentos entre los estacionamientos 0+000 a 1+600 y 2+200 a 3+000, y de dos años para los segmentos entre los estacionamientos 1+600 a 2+200 y 3+000 a 3+200.

Exceptuando el fenómeno del reflejo de grietas de fatiga en la capa asfáltica existente, de mayor probabilidad de ocurrencia entre los estacionamientos 1+600 a 2+200 y de 3+000 a 3+200, el resto de criterios de diseño estructural considerados se cumple, al menos para dos años, con los siguientes espesores por estacionamiento:

- Estacionamientos 0+000 a 1+600: 8.0 cm.
- Estacionamientos 1+600 a 2+200: 12.0 cm.
- Estacionamientos 2+200 a 3+000: 8.0 cm.
- Estacionamiento 3+000 a 3+200: 12.0 cm.

De previo a la aplicación de la sobrecapa asfáltica, se requiere verificar que la capa de apoyo sea estable y uniforme. En general se requiere bacheo en las zonas donde ya se haya manifestado el agrietamiento por fatiga en la superficie, de previo a la rehabilitación. Realizando bacheo y aplicando una capa de prenivelación (en los casos donde haya mayor irregularidad superficial), se puede garantizar un nivel de regularidad en la capa de soporte para la sobrecapa asfáltica.

Se enfatiza en la necesidad de tomar provisiones contra el reflejo de grietas en los segmentos de los estacionamientos 1+600 a 2+200 y 3+000 a 3+200. Es altamente recomendable la aplicación de un geotextil o una capa membrada para el amortiguamiento de esfuerzos.

Considérese que el beneficio económico de la intervención en estructuras de pavimento es proporcional al período de diseño; de manera que el diseño de estrategias de rehabilitación de unos pocos años es menos rentable (en cuanto a ahorro en costos de intervención y conservación) que el diseño a mayor plazo.

San José, 06 de junio del 2005.

DCV-1663-2005

Ingeniero  
Olid Abellán  
Adalid Villanea  
Luis Carlos Corrales X.  
Conservación Vial de la zona de San José  
Presente

Estimado señor:

Para el proyecto Conservación Vial San José, se ha asignado un presupuesto extraordinario de ₡1,000,000,000 (mil millones de colones con 00/100). Este presupuesto comprende hasta el mes de agosto o setiembre, fecha en la cual finaliza el plazo de ejecución para su proyecto. Posteriormente, se les informará si dicho plazo puede ser aumentado.

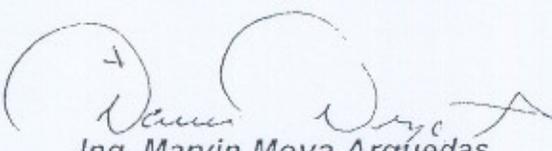
Se les solicita presentar para el día miércoles 08 de junio, un cuadro de prioridades, definiendo en cada caso las rutas a intervenir y el monto a ejecutar.

Sólo se permitirán sobrecapas no estructurales, en cualquier intervención que se programe con el ítem Pavimento bituminoso en caliente.

Por último, se les recuerda ordenarle a la empresa adjudicataria, renovar y/o ampliar la garantía de cumplimiento al monto equivalente en dolares y por el tiempo establecido en el cartel.

Sin otro particular, se despide

Atentamente,

  
Ing. Marvin Moya Argüedas  
Director de Conservación a.i.

cc: Archivo/copiador



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica

No. de informe: IE-36-2005

## Informe de Ensayo

RC-80 v.03 (Sistema de Gestión de Calidad, LANAMME. Norma INTE ISO/IEC 17025:2000)

### 1. Información del cliente:

**Nombre:** Sub-Programa de Auditoría Técnica, PITRA  
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos estructurales

**Proyecto:** Determinación del contenido de vacíos y de asfalto de mezcla asfáltica en caliente.

**Domicilio:** Instalaciones del LANAMME

### 2. Método de ensayo:

Gravedad específica bruta para pastillas Marshall, Procedimiento de ensayo IT-MB-01  
Gravedad específica bruta para núcleos de campo mediante el método de la parafina, procedimiento de ensayo basado en AASHTO T 275 y ASTM D 1188 (\*)  
Gravedad específica máxima teórica para pastillas Marshall, procedimiento de ensayo IT-MB-02  
Medición de espesores de núcleos, procedimiento de ensayo IT-MB-01  
Contenido de asfalto y granulometría mediante el método de ignición, procedimiento de ensayo basado en ASTM D 6307-98 (\*)  
(\*) Ensayo no acreditado

### 3. Información de la(s) muestra(s) o espécimen(es) de ensayo:

**No. de identificación:** 465-05  
470-05

**Descripción:** Núcleos de mezcla asfáltica y bloques de mezcla asfáltica extraídos del sitio de la obra.

**Aportadas por:** Técnico Marcos vargas, Sergio Castillo

**Fecha de recepción :** 465-05: 27/6/05  
470-05: 29/6/05

**Fecha de realización del ensayo:** Contenido de asfalto: 26/07/05  
Contenido de vacíos: 11/07/05

### 4. Información del muestreo:

**Fecha de muestreo:** 465-05: 27/6/05  
470-05: 29/6/05





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica

No. de informe: IE-36-2005

**Ubicación:**

Muestreo realizado en la ruta 10, en la carretera entre Pozos y guachipelín.

**Procedimiento de muestreo:**

En el LANAMME el muestreo se realiza según lo estipulado en el procedimiento IT-LC-01 de nuestro Sistema de Gestión de Calidad. Se debe especificar que el muestreo aún no está acreditado.

Las muestras se tomaron de acuerdo con la siguiente descripción:

- 0465 -05 A: Tramo N° 1
- 0465 -05 B: Tramo N° 2
- 0465 -05 C: Tramo N° 3
- 0465 -05 D: Tramo N° 4

Los núcleos se tomaron a 400 m de la iglesia de Pozos en el sentido Pozos-Guachipelín.

**Condiciones ambientales:**

Se indican en la bitácora de muestreo.

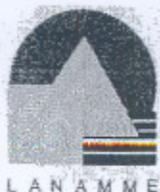
**5. Resultados:**

Tabla N° 1:  
Resultados de ensayo de contenido de vacíos, diámetro y altura promedio de especímenes de ensayo  
Muestras 465-05 y 470-05

Número de objeto de ensayo	Temperatura (°C)	Gravedad específica bruta	Gravedad específica máxima teórica	Porcentaje de vacíos (%)	Diámetro promedio (mm)	Altura promedio (mm)
1A	25.0	2.219	2.499	11.2	100.53	53.84
1b		2.274		9.0	100.55	47.90
2A		2.294		8.2	100.61	50.72
2B		2.298	8.0	100.58	42.35	
3A		2.251	2.500	10.0	100.77	45.42
4A		2.313		7.5	100.65	69.82
3B		2.276		9.0	100.73	39.29
5A		2.329	2.496	6.7	100.65	45.94
5B		2.328		6.7	100.56	46.17
6A		2.249	2.503	9.9	100.43	39.23
7A		2.247		10.2	101.78	47.37
7B		2.325		7.1	100.73	54.43
8A		2.296		8.3	100.52	45.94

Gravedad específica de la parafina = 0.890





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica

No. de informe: IE-36-2005

Tabla N° 2:  
Resultados de contenido de asfalto  
Muestras 465-05 A y 465-05 B

Tamiz	Porcentaje pasando	
	465-05 A	465-05 B
19 mm	100.0	100.0
12.7 mm	88.6	92.4
9.5 mm	75.5	78.1
N° 4	45.9	46.4
N° 8	30.3	30.9
N° 16	20.9	21.3
N° 30	15.1	15.5
N° 50	11.2	11.4
N° 100	8.0	8.1
N° 200	6.2	6.2
Contenido de asfalto (%)	6.0	6.4

**Aclaraciones:**

El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para la(s) muestra(s) indicada(s) en este informe.

Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.

Este informe de resultados no constituye un certificado de calidad.

No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LANAMME.

Revisó:

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar  
Coordinador de Laboratorios  
de Infraestructura Vial

Aprobó:

Dr. Jorge Gutiérrez Guzmán  
Director LANAMME

Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

UCR

Fecha de emisión:

20-7-05