



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

LM-PI-PV-AT-154-03

**INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA**  
**EXTERNA**  
**EVALUACIÓN DE LA COMPACTACION DE**  
**SOBRECAPAS EN LOS PROYECTOS DE**  
**CONSERVACIÓN VIAL DEL CONAVI**

**Diciembre 2003 – Marzo 2004**

**INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA**  
**EVALUACIÓN DE LA COMPACTACION DE SOBRECAPAS EN LOS**  
**PROYECTOS DE CONSERVACIÓN VIAL DEL CONAVI**

**A. ÍNDICE**

	Página
A. Índice .....	01
1. Potestades .....	02
2. Justificación .....	02
3. Objetivo del informe .....	02
4. Equipo auditor .....	03
5. Definiciones .....	03
6. Antecedentes .....	05
7. Análisis de la metodología utilizada para la determinación de las compactaciones y proyectos evaluados para determinar cumplimiento de especificaciones.....	06
<b>CAPÍTULO 1, ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA EN LA DETERMINACIÓN DE LAS COMPACTACIONES</b>	
1.1. Análisis de la metodología .....	09
1.1.1 La directriz DCV-2232-2002 no cuenta con sustento técnico ( Hallazgo No.1 ) .....	09
1.1.2 La metodología de verificación de calidad utilizada no es independiente del autocontrol ( Hallazgo No.2 ) .....	10
1.2. Se realizan pagos de mezcla colocada en capas delgadas sin evaluar el cumplimiento de la compactación ( Hallazgo No.3 ) .....	10
<b>CAPITULO 2, COMPACTACIÓN DE SOBRECAPAS EN PROYECTOS NACIONALES</b>	
2.1 Análisis del cumplimiento de especificaciones de compactación. Casos de Conservación Vial. ....	13
2.2 Caso No.1: Conservación Vial de la Ruta No.1 de la Carretera General Cañas (LPCO-009-01)	13
2.2.1 Metodología Utilizada .....	13
2.2.2 Del incumplimiento de las especificaciones de compactación (Hallazgo No. 4) .....	16
2.2.3 De la aplicación del sistema de pago en función de la calidad (Hallazgo No. 5) .....	16
2.3 Caso No.2: Conservación Vial de la Red de San José ( LPCO18-01) .....	17
2.3.1 Tramo analizado .....	17
2.3.2 Metodología Utilizada .....	17
2.3.3 No se cumple con la compactación adecuada en el tramo de la ruta 239 (Hallazgo No. 6) .....	20
2.4 Caso No.3: Conservación Vial de la Red de la Zona Atlántica ( LPCO 20-01)	21
2.4.1 Metodología Utilizada .....	21
2.4.2 De la compactación de sobrecapas (Hallazgo No. 7) .....	21
2.4.3 De la aplicación de los sistemas de control de compactación en ruta 32 para el proyecto de Conservación Vial de la Zona Atlántica (Hallazgo No. 8) .....	22
<b>CAPÍTULO 3, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
3. Conclusiones generales .....	25
3.1 Recomendaciones Generales .....	25
<b>ANEXO No.1</b>	
Metodología para la determinación de las compactaciones y el pago en función de la calidad de sobrecapas	28
<b>ANEXO No.2. Documentación de respaldo</b> .....	31
Autopista General Cañas .....	34
Ruta 236, Zona de Puriscal .....	42
Zona Atlántica, Sub-zona de Limón .....	56

**INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA**  
**EVALUACIÓN DE LA COMPACTACION DE SOBRECAPAS EN LOS**  
**PROYECTOS DE CONSERVACIÓN VIAL DEL CONAVI**

## **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**

La colocación de sobrecapas de mezcla asfáltica es una de las prácticas de Conservación Vial en la que más recursos se invierten por año en nuestro país y es una de las alternativas más utilizadas por el CONAVI para mejorar la calidad de las vías. La durabilidad de estas sobrecapas depende tanto de la calidad de la materia prima utilizada, como de la calidad de las labores de colocación y el consecuente control de calidad del producto final, el cual está asociado al proceso de compactación de la sobrecapa en el campo.

## **3. Objetivo del informe**

Presentar un análisis detallado, con base en estudios de campo de auditorías técnicas recientes, sobre las deficiencias existentes en los procesos de control de calidad y pago de sobrecapas, y contribuir, mediante la identificación de las debilidades encontradas, con el mejoramiento continuo de los procesos de control de calidad de las obras.

#### 4. Equipo auditor

Ing. Marcos E. Rodríguez, MSc, Coordinador de Auditorías Técnicas  
Ing. Roy Barrantes J.  
Ing. Oscar Martínez M

#### 5. Definiciones

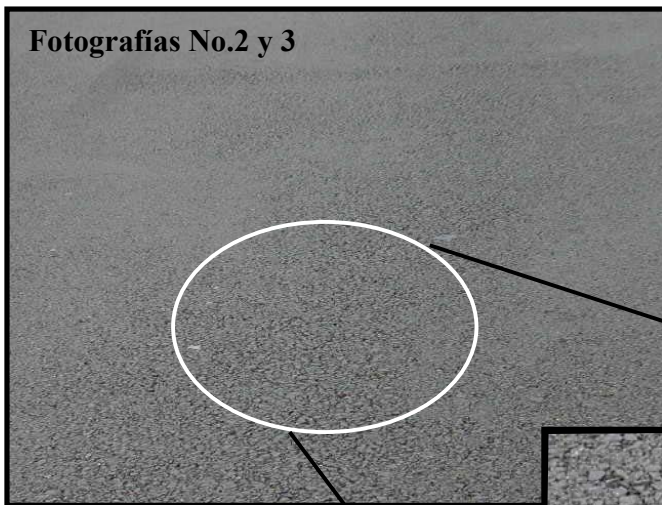
En este informe se hace mención a varios conceptos técnicos, los cuales forman parte de los criterios que utiliza la auditoría para identificar incumplimientos y oportunidades de mejora. Dentro de las más importantes tenemos:

- a) **Modelo de pago en función de la calidad:** Es una herramienta de análisis que tiene como propósito evaluar la calidad del producto y pagar de acuerdo al nivel de cumplimiento de las especificaciones por medio de criterios estadísticos y de ensayos de autocontrol y verificación. Este modelo de pago es de acatamiento obligatorio para todos los proyectos de Conservación Vial del país ya que forma parte integral de los contratos que rigen para los mismos.
  
- b) **Compactación de sobrecapas:** Proceso controlado de reducción de vacíos con aire de la mezcla asfáltica que se realiza mediante la presión, peso o vibración ejercida por los equipos compactadores (ver fotografías No.4 y 5) sobre las capas de material colocado. En el caso de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) se requiere de un control de temperatura adecuado, para que la compactación sea satisfactoria, es decir, que se ubique dentro del rango de 3 – 8% de vacíos con relación a la densidad máxima (0% de vacíos).  
El cumplimiento de esta especificación de vacíos es una obligación contractual y se relaciona directamente con la durabilidad de la sobrecapa, es decir, una adecuada compactación implica una mayor durabilidad. Según estudios realizados en Estados Unidos, por cada 1% sobre el límite de especificación de 8% se pierde hasta un 10% de durabilidad en las sobrecapas.
  
- c) **Autocontrol de calidad:** Actividades de supervisión, control, ensayo y chequeo que debe realizar el contratista durante las operaciones de construcción de una obra a efecto de asegurar la calidad de los trabajos, de conformidad con las especificaciones y exigencias establecidas.
  
- d) **Verificación de calidad:** Acciones que debe llevar a cabo el CONAVI de forma paralela e independiente del autocontrol para comprobar la calidad de los materiales y de los procesos constructivos suministrados por el contratista, mediante la inspección, revisión de procesos, chequeos

aleatorios, ensayos, auditorías internas, y prácticas de otra clase, documentando debidamente todas sus diligencias, para asegurar que las obras estén conformes con los requisitos establecidos en los contratos.



Manifestación de porosidad excesiva en una sobrecapa de reciente colocación. Nótese la presencia de humedad en zonas porosas.  
Fotografía de la ruta 239 en Puriscal, ver resultados de los muestreos en el capítulo No.2.



Zonas de alta porosidad, vacíos altos.  
Fotografía de la ruta No.1 Autopista General Cañas, ver resultados de los muestreos en el capítulo No.2.







Equipo de compactación utilizado en la construcción de sobrecapas con mezcla asfáltica en caliente. La cantidad de pasadas y la frecuencia de vibración utilizada para lograr una adecuada compactación es definida en los tramos de prueba.

Compactador de tambor vibratorio

Compactador tipo llanta de hule



## 6. Antecedentes

En los diversos procesos de auditoría técnica externa realizados a los proyectos de conservación vial se ha detectado, como un común denominador, un deficiente control de las compactaciones en las sobrecapas colocadas. La durabilidad de estas sobrecapas se encuentra asociada en gran parte al grado de compactación con que éstas se construyen y el pago respectivo al contratista se debe realizar tomando en cuenta el nivel de cumplimiento de la compactación.

Los recurrentes hallazgos encontrados por las auditorías técnicas, relacionados con deficiencias en el control de las compactaciones de las sobrecapas se

encuentran asociados con un inadecuado uso del modelo en el pago de las mismas. Si una sobrecapa no es bien evaluada en cuanto al nivel de compactación que posee, el sistema de pago en función de la calidad utilizado, no podrá calcular el precio justo que el Estado debe pagar por esas labores y se obtendrá un producto de menor calidad y durabilidad, pero pagado como un producto de primera calidad.

En el presente informe se presentan resultados de varios muestreos de auditoría técnica, los cuales fueron realizados en diferentes proyectos de conservación vial durante el año 2003. Se presenta además, evidencias documentales que sirven para evaluar las debilidades del sistema de pago utilizado el cual sirve para evaluar el precio a pagar en función de la calidad de los trabajos realizados.

## **7. Análisis de la metodología utilizada para la determinación de las compactaciones y proyectos evaluados para determinar cumplimiento de especificaciones.**

Los proyectos evaluados y presentados en este informe son una muestra representativa del nivel de control que se tiene de las compactaciones de sobrecapas en los proyectos de Conservación Vial del país.

Los casos analizados corresponden a los siguientes proyectos:

### **7.1 Caso 1:** Conservación Vial de la Ruta No.1 de la Carretera General Cañas (LPCO-009-01).

**Tramo analizado :** Aeropuerto – Real Cariari

**Ingeniero de proyecto, Conavi :** Ing. Carlos Villalta (Responsable del control de calidad y los pagos)

**Empresa:** Pedregal

### **7.2 Caso 2:** Conservación Vial de la Red de San José ( LPCO18-01).

**Tramos analizados:** Ruta 239, Puente sobre el río Quebrada Honda (0+000) – Estación (4+500).

**Ingeniero de proyecto, Conavi :** Ing. Luis Carlos Corrales X (Ing de proyecto de la zona de Puriscal). (Responsable del control de calidad y los pagos).

**Empresa:** Meco S.A.

### **7.3 Caso 3:** Conservación Vial de la Zona Atlántica (LPCO-20-01)

**Tramo analizado:** Sección de la Ruta 36 intervenida en setiembre de 2003.

**Ingeniero de proyecto, Conavi:** Ing. Darwing Mena Bonilla (Zona de Limón). (Responsable del control de calidad y los pagos para la zona de Limón).

**Empresa:** M & S.

**Responsable General:** Ing. Juan Ramón Chacón Prendas, Director de Conservación Vial del CONAVI desde julio 2001



## **CAPÍTULO 1**

# **ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA EN LA DETERMINACIÓN DE LAS COMPACTACIONES**

## 1.1. Análisis de la metodología aplicada por el CONAVI

Del análisis de la metodología para la determinación de las compactaciones y el pago en función de la calidad de sobrecapas de mezcla asfáltica utilizada por el CONAVI en los proyectos de Conservación Vial, la cual está presente en el anexo No.1 al final del informe, se consignan los siguientes hallazgos:

### 1.1.1 La directriz DCV-2232-2002 (ver anexo No.1, punto 1) emitida por el Ing Juan Ramón Chacón Prendas no cuenta con sustento técnico ( Hallazgo No.1 )

- a) **Obligación contractual:** Las especificaciones vigentes presentes en los documentos de prevalencia que se encuentran en los carteles de licitación de los proyectos de Conservación Vial.
- b) **Hallazgo:** El procedimiento utilizado por el CONAVI para verificar la compactación de las sobrecapas colocadas en los proyectos de Conservación Vial (directriz DCV-2232-2002) no cuenta con un sustento técnico que lo respalde. Se realiza la verificación de la calidad de la compactación en sitio mediante la observación de un ensayo de laboratorio por parte del supervisor de laboratorio del CONAVI y mediante la supervisión del cumplimiento de una secuencia de compactación por parte de los inspectores de campo que el CONAVI tiene dispuestos en los frentes de trabajo. Esta metodología no cumple con el espíritu de una verificación independiente y no es adecuada como un mecanismo de control por parte del CONAVI, ya que no permite comprobar el autocontrol del contratista, pues no se sustenta en análisis objetivos que sean el resultado de ensayos de laboratorio de los materiales utilizados.
- c) **Consecuencia:** Un mecanismo de verificación que se fundamente únicamente en observaciones por parte de Supervisores de Laboratorio o Inspectores de Campo no garantiza el cumplimiento de especificaciones y las buenas prácticas de la ingeniería por parte del contratista, ya que es subjetivo, se presentan diferencias de criterios en distintos proyectos y está sujeto al error humano en las apreciaciones. En consecuencia, es débil e insuficiente el mecanismo de control de calidad que aplica el CONAVI para garantizar la calidad de los materiales y de los trabajos que paga.

**Nota aclaratoria sobre la directriz DCV-2232-2002:** La directriz DCV-2232-2002 con fecha del 16 de setiembre de 2002 hace referencia a una solicitud hecha a la unidad de investigación del LANAMME sobre la elaboración de un procedimiento para controlar y verificar a través de ensayos de laboratorio capas asfálticas con espesores menores a 5 cm.

La unidad de auditorías técnicas, como es requerido para la realización adecuada de sus funciones auditoras, es completamente independiente de las demás

unidades del LANAMME. Es responsabilidad del CONAVI garantizar la calidad de las labores que contrata y supervisa, de manera que las sobrecapas con espesores inferiores a 5cm colocadas a lo largo de todo el país, cuenten con una metodología de evaluación que asegure un pago en función del cumplimiento de las especificaciones técnicas.

### **1.1.2 La metodología de verificación de calidad utilizada por el CONAVI no es independiente del autocontrol de la empresa contratista ( Hallazgo No.2 )**

- a) Obligación contractual:** Las especificaciones de referencia descritas en el punto 1 del anexo No.1 de este mismo informe.
- b) Hallazgo:** Contrastando los resultados de las auditorías realizadas con el análisis de la metodología descrita en el anexo No.1 de este mismo informe, se detecta que no existe un muestreo independiente de verificación de la calidad de las compactaciones en el campo, ya que el único que se realiza es el del autocontrol del contratista y, en caso de que los resultados de autocontrol deban ser invalidados por incumplimiento de los puntos e) y h) (punto 3 de la metodología presente en el anexo No.1) no es posible utilizar los resultados de verificación para pago, ya que estos no existen. De esta forma, los incumplimientos a los puntos e) y h) detectados por las auditorías en diversos proyectos de Conservación Vial (ver informes de Auditoría Técnica Externa LM-PI-PV-AT-01-02 (proyecto de San Carlos) y LM-PI-PV-AT-114-03 (Proyecto de Heredia y Alajuela)) no dieron como resultado la invalidación de los datos de autocontrol sino que los pagos realizados se sustentaron en ellos.
- c) Consecuencias:** Los ingenieros de proyecto del CONAVI al utilizar datos de compactación que debieron ser invalidados, incumplen lo establecido en el contrato y además, pagan sobrecapas que presentan incumplimientos como si fueran sobrecapas de primera calidad. La durabilidad de estas sobrecapas y que no fueron correctamente evaluadas por el autocontrol y la verificación del CONAVI es menor que la de aquellas que si las cumplen, lo cual, eventualmente, incidirá en un gasto adicional para el Estado.

### **1.2. Se realizan pagos de mezcla colocada en capas asfálticas sin evaluar el cumplimiento de la compactación ( Hallazgo No.3 )**

- a) Obligación contractual:** Metodología de pago en función de la calidad presente en los Contratos de Obra Pública de Conservación Vial, refrendados por la Contraloría General de la República, Artículo 4, sección 4.5.

- b) Hallazgo:** El método de pago en función de la calidad que aplica contractualmente en los proyectos de Conservación Vial asigna un valor de un 20% al cumplimiento de las compactaciones o vacíos en sitio. Al no determinarse este parámetro (caso de sobrecapas delgadas < 4cm de espesor) o al utilizarse datos de autocontrol que deberían ser invalidados, se está pagando de más por una capa de ruedo que, en el mejor de los casos, no ha sido evaluada y en otros casos presenta incumplimientos a las especificaciones que pasan desapercibidos y afectarán la durabilidad de las obras.
- c) Consecuencias:** En la planta de producción de mezcla asfáltica del contratista se evalúa el cumplimiento de ciertos parámetros de calidad de la mezcla, los cuales corresponden a un 80% de la evaluación total de la calidad, el otro 20% corresponde al cumplimiento de la compactación en el sitio de la obra. Si esta mezcla ya colocada sufriera una disminución en su factor de pago por incumplimiento de especificaciones en la planta y, además, no se evaluara correctamente la compactación, tendría como consecuencia que el factor de pago total podría mostrar cumplimiento de la mezcla, (tal y como ha sucedido en los casos documentados por la Auditoría Técnica <sup>1</sup>) y se podrían aceptar y pagar sobrecapas que, sometidas a un buen control de la compactación, deberían ser rechazadas completamente.

<sup>1</sup> Caso No.3 de este mismo informe, Auditoría Técnica Externa LM-PI-PV-AT-01-02 (proyecto de San Carlos) y LM-PI-PV-AT-114-03 (Proyecto de Heredia y Alajuela), entre otros.

## **CAPÍTULO 2**

# **COMPACTACIÓN DE SOBRECAPAS EN PROYECTOS DE CONSERVACIÓN VIAL**

## **2.1 Análisis del cumplimiento de especificaciones de compactación. Casos de Conservación Vial.**

Como consecuencia del uso de un sistema de control de las compactaciones por parte de los ingenieros de proyecto, el cual no evalúa adecuadamente la calidad de las sobrecapas colocadas, se han detectado grandes secciones de rutas nacionales con incumplimientos importantes y con una expectativa de vida útil menor a la que debería tener.

Una evaluación incorrecta de la compactación de estas sobrecapas tiene como consecuencia un pago que no refleja el verdadero nivel de cumplimiento de las especificaciones técnicas y contractuales.

Como una evidencia representativa de este hallazgo de Auditorías Técnicas tenemos el análisis de los siguientes casos:

### **2.2 Caso No.1: Conservación Vial de la Ruta No.1 de la Carretera General Cañas (LPCO-009-01).**

#### **2.2.1 Metodología Utilizada**

La Auditoría Técnica Externa realizó un recorrido por la Autopista General Cañas (tramo Aeropuerto – Real Cariari) donde se evaluó de forma visual la condición de una sobrecapa recientemente colocada. Al detectarse una condición evidente de porosidad y segregación en la mezcla asfáltica recién colocada se programaron una serie de muestreos, con el fin de evaluar el nivel de compactación. Los muestreos fueron realizados el día 12 de setiembre de 2003 y responden a un plan de muestreo aleatorio sobre el tramo que comprende El Aeropuerto – Real Cariari.

Una vez realizados los muestreos se procedió a analizar los resultados obtenidos y a contrastarlos con los resultados de autocontrol y verificación suministrados por el CONAVI.

El análisis visual inicial de la sobrecapa reflejaba la presencia de una baja compactación, es decir, un alto nivel de vacíos con aire. En una ruta como ésta con un tránsito promedio diario de más de 70.000 vehículos y un alto porcentaje de vehículos pesados, el efecto de la post-compactación producto del tránsito disminuye el porcentaje de vacíos a lo largo del tiempo.

Los muestreos realizados por la Auditoría Técnica Externa muestran los siguientes resultados:



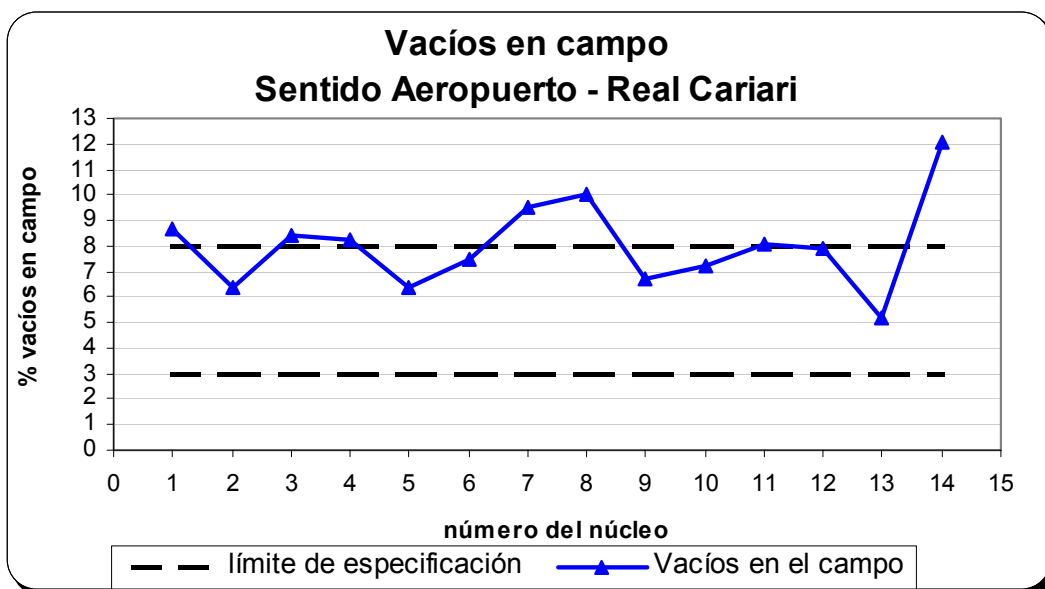
**Tramo No.1: Semáforo del Aeropuerto (0+000) - Estación (1+000)**

Objetos de ensayo	Máxima Teórica	% de Vacíos
1	2,511	8,7
2		6,4
3		8,4
4		8,2
5		6,4
6		7,5
7		9,5
8		10
9		6,7
10		7,2
11		8,1
12		7,9
13		5,2
14		12,1
<b>Promedio</b>		<b>8,0</b>

**Nota:** Los datos de vacíos o poros deben estar dentro del rango de 3 a 8%.

**Porcentaje de cumplimiento:**  
**50%**

**Tabla No.1:** Resultados de muestreos de núcleos, tramo Aeropuerto – Real Cariari.



**Gráfico No.1:** Representación gráfica del nivel cumplimiento de especificaciones de vacíos en campo (densidad de la sobrecapa).

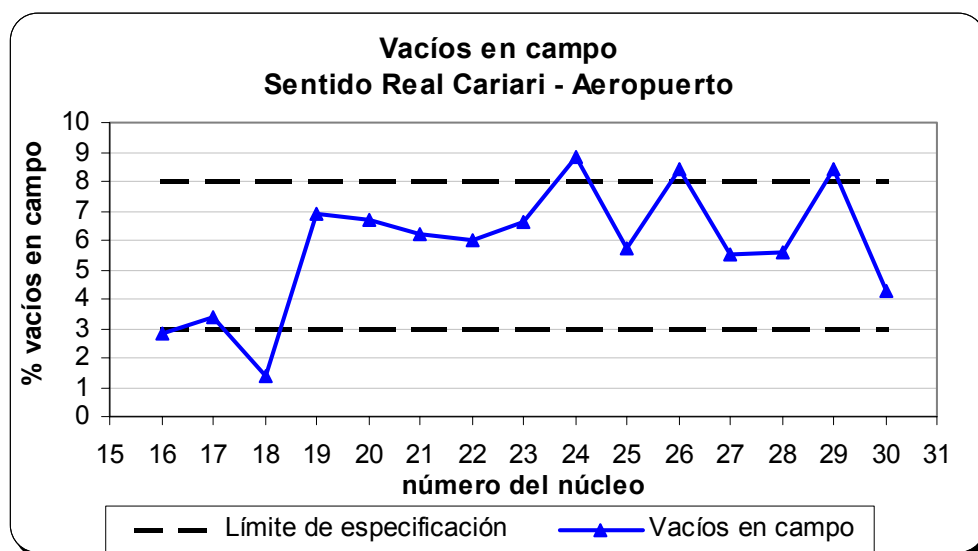
**Tramo No.2: Cruce al Real Cariari (0+000) – Estación (1+000) hacia el Aeropuerto**

Objetos de ensayo	Máxima Teórica	% de Vacíos
16	2,467	2,8
17		3,4
18		1,4
19		6,9
20		6,7
21		6,2
22		6
23		6,6
24		8,8
25		5,7
26		8,4
27		5,5
28		5,6
29		8,4
30		4,3
<b>Promedio</b>		<b>5,9</b>

**Nota:** Los datos de vacíos o poros deben estar dentro del rango de 3 a 8%.

**Porcentaje de cumplimiento:**  
**67%**

**Tabla No.2:** Resultados de muestreos de núcleos, tramo Real Cariari - Aeropuerto.



**Gráfico No.2:** Representación gráfica del nivel cumplimiento de especificaciones de vacíos en campo (densidad de la sobrecapa).

La presencia de vacíos altos (tramo No.1), muestra una sobrecapa que desde el inicio de su construcción mostraba incumplimientos con las especificaciones de vacíos, por lo tanto, el autocontrol y la verificación de la calidad deberían ser consecuentes con esta condición de incumplimiento y los pagos de esta sobrecapa deberían mostrar cierta reducción en el monto pagado en las estimaciones.

Se consignan los siguientes hallazgos:

#### **2.2.2 Del incumplimiento de las especificaciones de compactación (Hallazgo No. 4)**

- a) **Obligación contractual:** Lo establecido en el contrato de obra pública de Conservación Vial de la ruta No.1 de la Carretera General Cañas en su sección 4.5 de “Pago de obra ejecutada en función de la Calidad”, tabla A, donde se establece la tolerancia o rango de aceptación para los parámetros de evaluación. Se establece para los vacíos en campo un rango de  $5,5 \pm 2,5\%$  (3 – 8%). **(Licitación adjudicada a la empresa PEDREGAL)**
- b) **Hallazgo de la auditoría:** Los resultados obtenidos en el LANAMME confirman un incumplimiento de lo establecido en las especificaciones especiales presentando incumplimiento de vacíos sobre el límite superior de tolerancia. Estos incumplimientos deben estar asociados a reducciones de pago, calculadas por los ingenieros de proyecto mediante la metodología definida en el contrato, por lo tanto, las deficiencias encontradas deben ser corregidas a tiempo de manera que la mezcla producida sea pagada de acuerdo con la calidad que realmente tiene.
- c) **Consecuencia:** El incumplimiento de un parámetro tan importante como es el de porcentaje de vacíos en la mezcla, además de incumplir una especificación técnica definida en el contrato, significa la colocación de una mezcla que tendría una durabilidad menor a la proyectada.

#### **2.2.3 De la aplicación del sistema de pago en función de la calidad (Hallazgo No. 5)**

- d) **Obligación contractual:** Lo establecido en el contrato de obra pública de Conservación Vial de la ruta No.1 de la Carretera General Cañas en su Artículo 4 y sección 4.5 de “Pago de obra ejecutada en función de la Calidad”, donde se establece la metodología que debe aplicarse para control, verificación y pago en función de la calidad.
- e) **Hallazgo de la auditoría:** Los datos de autocontrol y las tablas de pago en función de la calidad preparadas y suministradas por el ingeniero de proyecto

no presentan ningún incumplimiento y ningún castigo para el parámetro de compactación (vacíos en sitio) para la mezcla colocada en el tramo donde se realizaron los muestreos de auditoría.

- f) **Consecuencia:** El sistema de pago en función de la calidad no está siendo aplicado eficientemente para el caso de las compactaciones (vacíos en sitio), ya que no se reflejan incumplimientos como los detectados por la auditoría. De esta forma, las sobrecapas colocadas no son pagadas con el precio justo y acorde con la calidad que realmente poseen, el Contratista coloca 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.

## **2.3 Caso No.2: Conservación Vial de la Red de San José ( LPCO18-01).**

**2.3.1 Tramo analizado:** Ruta 239, Puente sobre el río Quebrada Honda (0+000) – Estación (4+500) en ruta San José – Puriscal. Licitación adjudicada a la empresa M&S a cargo del ingeniero de proyecto Luis Carlos Corrales X. por el CONAVI.

### **2.3.2 Metodología Utilizada**

La Auditoría Técnica Externa realiza un recorrido por la ruta 239 en Puriscal (tramo que inicia sobre el Río Quebrada Honda hasta 5 km en ascenso) donde se evalúa de forma visual la condición de una sobrecapa recientemente colocada (setiembre de 2003 ). Al detectarse una condición evidente de porosidad y segregación en la superficie de ruedo se programan una serie de muestreos de núcleos, con el fin de evaluar el nivel de compactación. Los muestreos fueron realizados los días 12, 14 y 19 de noviembre de 2003 y responden a un plan de muestreo aleatorio en poder de la auditoría técnica.

Una vez realizados los muestreos se procedió a analizar los resultados obtenidos y a contrastarlos con los resultados de autocontrol y verificación con que contaba la Administración (ver anexo de documentos).

El análisis es muy similar al realizado en el caso No.1, ya que la inspección visual inicial de la sobrecapa, reflejaba la presencia de una deficiente compactación, es decir, un aparente nivel de vacíos alto. Los muestreos realizados por la Auditoría Técnica Externa muestran los siguientes resultados:

Tramo muestreado: Inicia sobre el Río Quebrada Honda hasta 2.5 km en ascenso

Objetos de ensayo	Máxima Teórica	% de Vacíos
1	2,492	11,6
2		9,3
3		9,9
4		8,2
5		7,5
6		5,5
7		8,1
8		8,2
9		9,0
10		8,8
<b>Promedio</b>		<b>8,6</b>

**Nota:** Los datos de vacíos o poros deben estar dentro del rango de 3 a 8%.

**Porcentaje de cumplimiento:**  
**20%**

Tabla No.3: Resultados de muestreos de núcleos, primera sección muestreada.

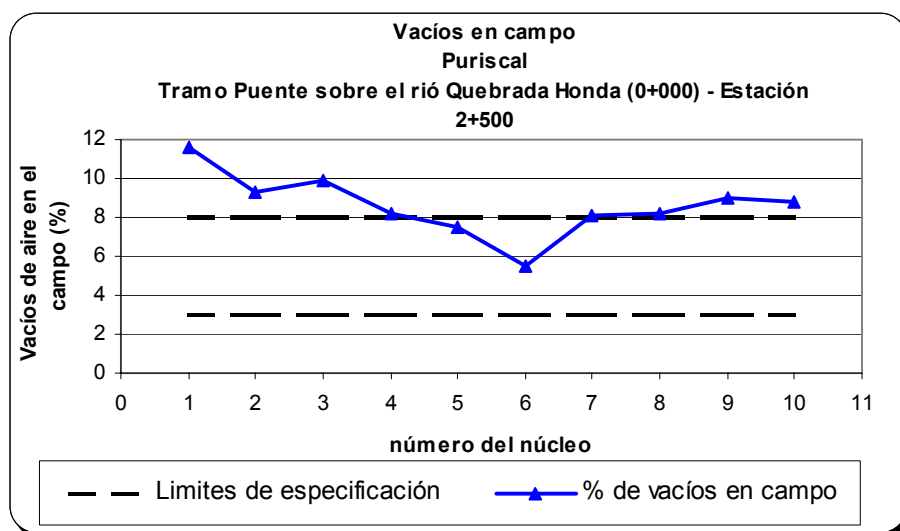


Gráfico No.3: Representación gráfica del nivel cumplimiento de especificaciones de vacíos en campo (densidad de la sobrecapa).

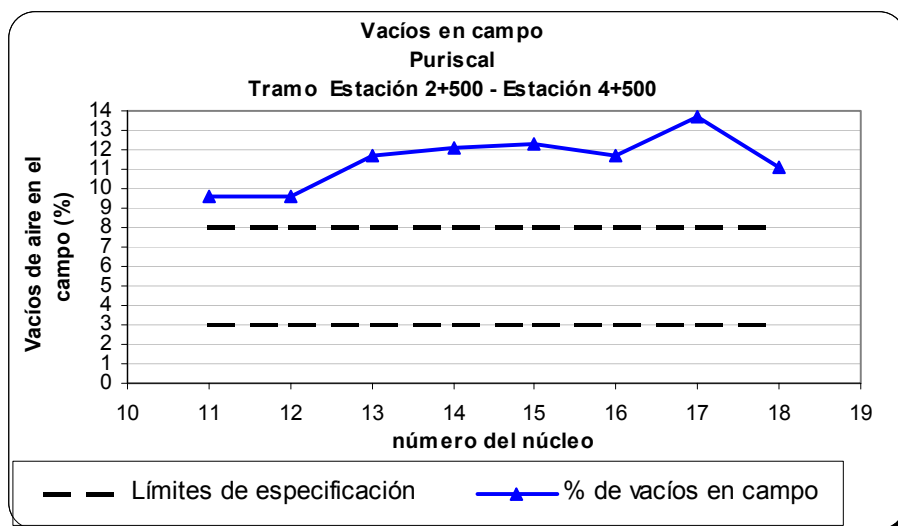
Tramo muestreado: Inicia a 2.5 km del puente sobre el Río Quebrada Honda hasta 4.5 km en ascenso.

Objetos de ensayo	Máxima Teórica	% de Vacíos	
11	2,496	9,6	
12		9,6	
13		11,7	
14		12,1	
15		12,3	
16		11,7	
17		13,7	
18		11,1	
-			
-			
<b>Promedio</b>		<b>11,5</b>	

**Nota:** Los datos de vacíos o poros deben estar dentro del rango de 3 a 8%.

**Porcentaje de cumplimiento:**  
**0%**

**Tabla No.4:** Resultados de muestreos de núcleos, segunda sección muestreada.



**Gráfico No.4:** Representación gráfica del nivel cumplimiento de especificaciones de vacíos en campo (densidad de la sobrecapa).



Los resultados mostrados en las tablas y gráficos anteriores muestran incumplimiento en cuanto al porcentaje de vacíos y por consecuencia en la densidad de la sobrecapa colocada. Los vacíos obtenidos por la Auditoría Técnica sobrepasan el límite superior de especificación (vacíos altos), con la consecuente disminución en la vida útil de la sobrecapa y la probable susceptibilidad a la humedad de la misma.

Nuevamente el autocontrol y la verificación de la calidad deberían ser consecuentes con esta condición de incumplimiento y los pagos de esta sobrecapa deberían mostrar cierto nivel de reducción en los mismos.

Se consignan los siguientes hallazgos:

### **2.3.3 No se cumple con la compactación adecuada en el tramo de la ruta 239 (Hallazgo No. 6)**

- a) Obligación contractual:** Lo establecido en el contrato de obra pública de Conservación Vial de la Red de San José en su sección 4.5 de “Pago de obra ejecutada en función de la Calidad”, tabla A, donde se establece la tolerancia o rango de aceptación para los parámetros de evaluación. Se establece para los vacíos en campo un rango de  $5,5 \pm 2,5\%$  (3 – 8%).
- b) Hallazgo de la auditoría:** Los resultados obtenidos en el Lanamme confirman un incumplimiento de lo establecido en las especificaciones especiales presentando vacíos altos. El actual sistema de autocontrol y verificación de la calidad no evalúa eficientemente la calidad de la mezcla colocada, ya que no se detectan y corrigen estos incumplimientos de forma oportuna.
- c) Consecuencia:** El incumplimiento de un parámetro tan importante como es el de porcentaje de vacíos en la mezcla, además de incumplir una especificación técnica definida en el contrato, facilita la colocación de una mezcla que es propensa a mostrar problemas de porosidad (susceptibilidad a la humedad) y con una durabilidad relativa menor, entre otros.

## 2.4 Caso No.3: Conservación Vial de la Red de la Zona Atlántica ( LPCO 20-01).

### 2.4.1 Metodología Utilizada

La Auditoría Técnica Externa revisa la metodología utilizada por el CONAVI en el proyecto de Conservación Vial de la Zona Atlántica para pago en función de la calidad de sobrecapas de MAC. Esta revisión comprende el mes de setiembre de 2003 y los controles de calidad (autocontrol y verificación) realizados para evaluar la calidad y pagar las sobrecapas colocadas en ese periodo. La empresa contratista adjudicataria de este proyecto es la empresa M&S y el ingeniero responsable de la zona de Limón es el Ing. Darwin Mena Bonilla.

A partir de la revisión realizada se detectan los siguientes hallazgos:

### 2.4.2 De la compactación de sobrecapas (Hallazgo No. 7).

- a) **Obligación contractual:** Lo establecido en el cartel de licitación, sección VI, de las Especificaciones Especiales apartado 2.3.1, “Baches de prueba y/o franjas de control”, donde se establece que antes de la colocación de una sobrecapa, el contratista debe construir un tramo de prueba de acuerdo a la metodología descrita en las especificaciones vigentes. Este tramo de prueba o “franja de control” tiene como propósito determinar el patrón con que deben compactarse las sobrecapas que van a ser colocadas en esa ruta y con determinado equipo a utilizar.
- b) **Hallazgo de la auditoría:** En la revisión documental realizada en el proyecto de Conservación Vial de la Zona Atlántica se detecta que el ingeniero de proyecto Ing. Darwin Mena Bonilla asignado a la zona de Limón y Talamanca del proyecto de conservación vial de la Zona Atlántica (LPCO-20-01) autoriza el pago del 100% de la mezcla colocada en carpeta en la ruta 36 para el mes de setiembre del 2003. La autorización se fundamenta, según lo explica en el oficio CVZA-099(L)-03 (ver anexo de documentos), en la imposibilidad de compactar de acuerdo a un paño de prueba, ya que la construcción del mismo no es posible por la poca uniformidad en el terreno existente y en el material que lo conforma. Por lo tanto, al no construirse el tramo de prueba y al tratarse de capas delgadas de 4 cm sueltos de espesor el ingeniero decide autorizar el pago total de la mezcla sin evaluar el cumplimiento de especificaciones de vacíos in situ (compactación) que corresponde a un 20% de la calidad de la mezcla colocada.
- c) **Consecuencia:** Dentro de las especificaciones vigentes para los proyectos de Conservación Vial no se ha implementado una metodología para evaluar el nivel de compactación de capas delgadas (menores de 4cm), sin embargo, este tipo de capas se colocan con mucha frecuencia y se invierten muchos recursos del Estado

en ellas, como es el caso de este proyecto. El espesor de este tipo de sobrecapas no responde a un diseño estructural que las justifique y a pesar de ser menores de 4 cm deben compactarse de acuerdo a un tramo de prueba o franja de control ya que a pesar de su espesor no están exentas de cumplir con esta especificación. Colocar sobrecapas sin evaluar el cumplimiento de especificaciones de compactación es poner en riesgo la durabilidad de las obras y no garantizar adecuadamente la inversión del Estado establecida en el contrato de obra.

### **2.4.3 Deficiencias en la aplicación de los sistemas de control de compactación para el proyecto de Conservación Vial de la Zona Atlántica (Hallazgo No. 8).**

- a) **Obligación contractual:** Lo definido en las Especificaciones Especiales, Contratos de Conservación Vial y Documentos de prevalencia, sobre la evaluación de la calidad de las sobrecapas y el pago en función de la calidad de las mismas.
- b) **Hallazgo de la auditoría:** En el proyecto de conservación vial de la zona atlántica se realizó una revisión de los documentos que dan soporte a las estimaciones de pago y al control de calidad de las sobrecapas construidas durante el mes de setiembre de 2003 y se detectó lo siguiente:
  - a) En la estimación 15T para el mes de setiembre de 2003 se pagan un total de 8.329 toneladas de mezcla asfáltica colocadas en sobrecapas, sin que se realizara una adecuada metodología de compactación, ya que no se construyeron los tramos de prueba establecidos en el cartel de licitación y necesarios para determinar un adecuado patrón de compactación de las sobrecapas. La falta de los tramos de prueba se fundamenta en la nota CVZA-099(L)-03 emitida por el Ing. Darwin Mena (ver anexo), ingeniero de proyecto de la zona de Limón emitida el 8 de octubre de 2003.
  - b) El criterio utilizado por el Ing. Darwin Mena en la nota CVZA-099(L)-03 no cuenta con sustento técnico, ya que no existe ningún estudio preliminar o diseño estructural que justifique la colocación de una sobrecapa de menos de 4 cm de espesor sobre la ruta 36, adicionalmente, está establecido que se deben construir tantos tramos de prueba como sean necesarios para determinar un adecuado patrón de compactación, especialmente, cuando las condiciones de las capas subyacentes de la ruta varían.
  - c) Con base en el criterio del ingeniero Mena se asume un 100% de cumplimiento de la compactación de las sobrecapas colocadas en las rutas 36 y 32 y de esta forma se introduce en el cálculo del factor de pago en función de la calidad (ver anexo) el cual, determina si existe o no, reducción en el pago por incumplimiento de especificaciones. Para el mes de setiembre se paga el 100% de la mezcla colocada en sobrecapas sobre las rutas 36 y 32 y no se reportan incumplimientos de especificaciones.

- d) Además, con base en el criterio del ingeniero Mena se colocan y se pagan en el mes de setiembre un total de 1.510,28 toneladas de mezcla asfáltica colocadas sobre la ruta 32 asumiéndose para esta mezcla un cumplimiento del 100% de las especificaciones para compactación. El criterio del Ing. Mena presente en la nota CVZA-099(L)-03 hace referencia a condiciones que él denomina como específicas de la ruta 36 y que no son válidas para la ruta 32 por lo que no existe ninguna justificación para no haberse realizado control de compactación de las sobrecapas colocadas en esta ruta.

La mezcla colocada en las sobrecapas de las rutas 36 y 32 se desglosan de la siguiente manera:

Ruta	Cantidad de mezcla (Toneladas)	Secciones de control	Precio \$/ton	Costo \$
32	200,2	70070	41.5	8.308,3
32	1.310,08	70160, 70141	41.5	54.368,3
	<b>Total: 1.510,28</b>			<b>62.676,6</b>
36	6.818,95	70040, 70010, 70020, 70050,	41.5	282.986,4
	<b>Total: 8.329 Ton</b>			<b>345.663,02</b>

**Tabla No.5:** Desglose de la mezcla colocada en sobrecapas en setiembre de 2003 para la Zona Atlántica. Fuente: Estimaciones suministradas por la ingeniería de proyecto.

- c) **Consecuencias:** Toda mezcla colocada en sobrecapas debe ser evaluada y pagada en función del grado de cumplimiento de las especificaciones, tanto en la planta productora de mezcla como en el campo, de acuerdo a la metodología existente en los contratos de Conservación Vial. El ingeniero Darwin Mena aplica un criterio que permite la colocación y la no evaluación de la compactación de una sobrecapa delgada sobre la ruta 36 y paga el 100% de la mezcla colocada en ésta ruta y en la ruta 32, asumiendo el cumplimiento de las especificaciones de compactación en sitio para estas sobrecapas. En consecuencia, la ingeniería de proyecto no puede garantizar la durabilidad de estas sobrecapas y la inversión realizada por el Estado ante la ausencia de controles de campo adecuados y del espesor de la sobrecapa colocada en la ruta 36.
- d) **Observación:** Es criterio de este equipo auditor que el ingeniero de proyecto al detectar “dificultad” en la construcción del tramo de prueba, debió haber considerado una alternativa que tendiera más a solucionar los problemas de la estructura existente a largo plazo y no la colocación de una capa delgada de poca durabilidad.

## **CAPÍTULO 3**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### 3. Conclusiones generales

Las sobrecapas colocadas en los proyectos de Conservación Vial son de las actividades en las que mayor cantidad de recursos se invierten, debido a esto, el diseño y el control de calidad con que se construyan es la clave para lograr recuperar de forma eficiente las vías donde se utiliza este tipo de solución.

Los análisis realizados y las experiencias recopiladas de diversas auditorías técnicas evidencian deficiencias en el control de calidad que se tiene para evaluar la compactación de las sobrecapas colocadas en los proyectos de Conservación Vial.

De esta forma se concluye lo siguiente:

- a) Los resultados de las auditorías realizadas evidencian que el sistema de control de calidad no está evaluando eficientemente la calidad de sobrecapas colocadas, ya que no existe una verdadera verificación del autocontrol que sea independiente y oportuna para el parámetro de compactación en sitio.
- b) El sistema de pago en función de la calidad no está siendo utilizado eficientemente por los ingenieros de proyecto del CONAVI ya que en algunos casos no se evalúa del todo la compactación (20% de la calidad de la mezcla) y en otros casos el factor de pago se calcula con datos de autocontrol que deberían ser invalidados (por incumplimiento de las normas).
- c) Se colocan sobrecapas delgadas (menores a 4 cm de espesor compactado) para las cuales los contratos no especifican una metodología adecuada de construcción y evaluación de cumplimiento de la compactación, por lo tanto, no se puede garantizar la durabilidad de las mismas.
- d) En muchos casos no se cumplen los requisitos que establecen los contratos para contribuir con una adecuada compactación de las sobrecapas, tales como la construcción de las franjas de control o tramos de prueba, los cuales deben construirse cada vez que se modifiquen cualquiera de las siguientes variables: Características de la mezcla asfáltica, ruta a ser colocada la sobrecapa y tipo de maquinaria utilizada para la colocación.

#### 3.1 Recomendaciones generales

- a) Se deben incorporar en las especificaciones vigentes la exigencia de realizar estudios preliminares de las rutas, para poder definir correctamente el tipo de intervención que debe realizarse en una carretera. Estos estudios deben realizarse antes de poder utilizar o aprobar un determinado espesor para una sobrecapa.



- b) Implementar dentro de las ingenierías de proyecto criterios de uniformidad de procedimientos con respecto a las acciones a tomar, con el fin mejorar los procesos de construcción y control de calidad de las sobrecapas delgadas (<4cm).
- c) Las ingenierías de proyecto deben implementar mecanismos de verificación de la calidad de las compactaciones en sitio que sean independientes del autocontrol del contratista y paralelos al mismo, de manera que la verificación del CONAVI y el autocontrol del contratista se complementen y garanticen al país la durabilidad de las labores.
- d) El sistema de pago en función de la calidad debe dar mayor importancia y peso al cumplimiento de los parámetros de compactación (vacíos en sitio) de manera que no se paguen sobrecapas cuya compactación no haya sido evaluada de forma oportuna y adecuada y aquellas cuya compactación demuestre un alto nivel de incumplimiento.
- e) El CONAVI debe implementar planes de seguimiento de las sobrecapas colocadas, de manera que se evalúe el desempeño de las mismas a lo largo del tiempo y se identifiquen y reparen las fallas oportunamente para minimizar, de esta forma, la inversión del Estado.

**Firmas del equipo auditor**

**Ing. Marcos E. Rodríguez**  
Coordinador de Auditorías Técnicas del LANAMME

**Ing. Roy Barrantes J.**  
Auditor LANAMME

**Ing. Oscar Martínez M.**  
Auditor LANAMME

# **ANEXO No.1**

## **Metodología para la determinación de las compactaciones**

### **1.1 Metodología para la determinación de las compactaciones y el pago en función de la calidad de sobrecapas de mezcla asfáltica utilizada por el CONAVI en los proyectos de Conservación Vial.**

El siguiente listado de actividades es un resumen de los procedimientos escritos en los contratos, especificaciones y carteles de licitación vigentes, aplicados a la colocación de sobrecapas en los proyectos de Conservación Vial del país.

1. Antes de la colocación de una sobrecapa, el contratista debe construir un tramo de prueba de acuerdo a la metodología descrita en las especificaciones vigentes. Este tramo de prueba o "franja de control" tiene como propósito determinar el patrón con que deben compactarse las sobrecapas que van a ser colocadas en esa ruta y con determinado equipo, definiéndose así el número de pasadas del equipo seleccionado y el rango de temperatura para una adecuada compactación.

Según una directriz emitida por el Director de Conservación Vial del momento, el Ing. Juan Ramón Chacón Prendas (DCV-2232-2002) con fecha del 16 de setiembre del 2002, el control y la verificación de la calidad de capas asfálticas con espesores entre 4 y 5 cm deberá realizarse de acuerdo a la secuencia de compactación definida por medio del tramo de prueba y la compactación debe realizarse estrictamente en armonía con dicha frecuencia. La verificación de la calidad tiene como objetivo supervisar el cumplimiento de la secuencia de la compactación. **(especificaciones de referencia:** directriz DCV-2232-2002, sección 2.3.1, de la sección VI, de las especificaciones especiales del cartel).

2. Se deben construir las sobrecapas de pavimento de acuerdo a las especificaciones establecidas, donde se garantiza una textura final de la capa de rodamiento homogénea y adecuada. **(especificaciones de referencia:** Renglón de pago M-45(A) del cartel de licitación, Artículo 403 del CR-77, Disposición AM-001-2000 y las Especificaciones Especiales establecidas).
3. Durante el proceso constructivo de las sobrecapas asfálticas se deben cumplir una serie de requisitos relacionados con la compactación de las mismas. Estos requisitos son parte del cartel de licitación y son los siguientes: a) En capas de espesores iguales o mayores de 5 cm la determinación de las compactaciones se debe realizar por medio de extracción de núcleos (autocontrol y verificación de la calidad). b) Para determinar el porcentaje de compactación en el campo se deben utilizar los valores de gravedad específica bruta de la capa asfáltica medida en el pavimento a través de núcleos, c) Como densidad de referencia se utilizará el valor de la gravedad específica máxima teórica, de muestras

representativas de la mezcla colocada en sitio, tomadas en planta o directamente en el campo, d) La mezcla asfáltica colocada y compactada de conformidad con la franja de control, después de su construcción, deberá tener un porcentaje de vacíos de aire entre 3 y 8%, e) Los laboratorios de control de calidad tienen la obligación de realizar los muestreos de forma aleatoria, para lo cual deben tener un plan de muestreo previamente definido y aceptado por la Ingeniería de proyecto. De no cumplirse con este requerimiento los resultados serán invalidados y el pago será contra los resultados obtenidos por la verificación, f) El laboratorio encargado de la extracción de los núcleos, deberá tapar los agujeros producto de la perforación, de manera que no existan cavidades en el pavimento, g) El contratista deberá llevar un registro y control de la temperatura de la mezcla mediante termómetros adecuados que deberán estar debidamente calibrados, h) El plazo máximo entre la construcción y la determinación de la compactación será de dos (2) días naturales y por supuesto, antes de la estimación para su pago. De no cumplirse con este requisito, la Administración invalidará los datos del autocontrol y deberá pagar usando los resultados de la verificación, i) El efecto de la post-compactación inducida por el tránsito no podrá ser considerado para eventuales reclamos por incumplimiento de la compactación. **(especificaciones de referencia:** sección 2.3.1.2, de la sección VI, de las especificaciones especiales de los carteles).

4. Según una directriz emitida por el Director de Conservación Vial del momento, el Ing. Juan Ramón Chacón Prendas (DCV-2232-2002) con fecha del 16 de setiembre del 2002, la verificación de la calidad de los Proyectos de Conservación Vial, específicamente para la verificación de los vacíos en campo, se realiza mediante una observación de los supervisores de laboratorio del ensayo de gravedad específica bruta realizado a los especímenes de autocontrol. **(especificaciones de referencia:** directriz DCV-2232-2002).
5. Una vez realizada la labor de construcción y muestreo para autocontrol, los resultados de los ensayos de autocontrol de calidad realizados a estos especímenes muestreados son introducidos en el sistema de pago en función de la calidad, el cual asigna un peso de un 80% al cumplimiento de especificaciones de la mezcla producida en la planta y un 20% al cumplimiento de la compactación en el campo. A partir del nivel de cumplimiento de estos porcentajes se calcula un factor de pago en función de la calidad el cual determina el monto final que será pagado al contratista en las estimaciones mensuales. Si este factor de pago es inferior de 0.7 significa un rechazo total de la mezcla colocada. **(especificaciones de referencia:** Contratos de Obra Pública de Conservación Vial, refrendados por la Contraloría General de la República, Artículo 4, sección 4.5).



**ANEXO No.2**  
**Documentación de**  
**respaldo**







**AUTOPISTA**  
**GENERAL CAÑAS**

















**RUTA 239**  
**ZONA DE PURISCAL**

**PROYECTO DE CONSERVACIÓN**  
**VIAL DE SAN JOSÉ**































**ZONA ATLÁNTICA**  
**SUB-ZONA DE LIMÓN**