



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

**INFORME DE RESULTADOS PARA LA VERIFICACION DE
LA CALIDAD DE LOS PROYECTOS DE REHABILITACION
DE AUTOPISTAS NACIONALES**

CORTE A ENERO DE 1999



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

San José, 6 de febrero de 1999.

LM-IC-D-095-99

Ing. Marvin Moya,
Ing. Manuel Serrano,
Ing. Víctor Gutiérrez,
Ing. Jorge Mata.

Estimados señores:

Por este medio nos permitimos remitirles los informes de resultados correspondientes a la verificación de la calidad para las obras de colocación de mezcla asfáltica en los proyectos de rehabilitación de autopistas nacionales, con corte de resultados al mes de enero de 1999.

Quedamos a sus órdenes para cualquier aclaración o solicitud adicional,

Atentamente,

Dr. Juan Pastor Gómez, Director,
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales,
Universidad de Costa Rica.

CC:

Ings. Edgar Corrales, Fernando Rodríguez, Jorge Arturo Castro, Wálter Acuña

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y
MODELOS ESTRUCTURALES**

**Informe de verificación de la calidad
para el proyecto de rehabilitación de la
Autopista General Cañas**



ENERO DE 1999



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

INFORME DE VERIFICACION DE LA CALIDAD PARA EL PROYECTO DE REHABILITACION DE LA AUTOPISTA GENERAL CAÑAS

1 - DETALLES DEL MUESTREO REALIZADO.

Este informe contiene resultados del análisis experimental de las muestras de materiales descritas en la Tabla No. 1 adjunta.

Tabla No. 1: Resumen de muestras de materiales analizadas.

| FECHA | TIPO MATERIAL | SITIO MUESTREO | ESTADO ENSAYOS |
|----------|------------------|-------------------------------|----------------|
| 31/10/98 | Bache húmedo | Banda transportadora / planta | Concluidos |
| 11/11/98 | Bache húmedo | Banda transportadora / planta | Concluidos |
| 14/11/98 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 15/11/98 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 16/11/98 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 15/11/98 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 18/11/98 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 20/11/98 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 22/11/98 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |

Nota: además se hicieron muestreos de los agregados de apilamiento y de ligante asfáltico del tanque de la planta.

Adicionalmente se presentan los resultados del muestreo de la compactación en sitio, correspondientes a la información descrita en la Tabla No. 2 adjunta.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Tabla No. 2: Resumen de información para muestreo de compactación en sitio.

| FECHA MUESTREO | FECHA CONSTRUCCION | LONGITUD TRAMO (m) |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| 21/11/98 | Noviembre 1998 | 380 m |
| 29/01/99 | No determinada | (1) |

Nota:

(1) No se pudieron realizar muestreos de densidad en sitio y compactación, por carencia de apoyo de la Policía de Tránsito. Se realizaron mediciones de distancias pavimentadas, de acuerdo con el informe incluido en el Anexo III.

2 - RESUMEN DE INFORMACION.

El presente informe contiene resultados correspondientes a los siguientes tipos de ensayos:

- Revisión del diseño de mezcla / verificación de las propiedades del agregado de diseño.
- Pruebas de verificación de la calidad de mezcla asfáltica.
- Pruebas de verificación de compactación en sitio.

3 - DETALLE DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE VERIFICACION.

La Tabla No. 3 hace referencia al detalle de resultados de los ensayos de verificación de la calidad realizados.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Tabla No. 3: Detalle de resultados de los ensayos de verificación de la calidad.

| TIPO DE ENSAYO | REFERENCIA |
|--|-------------------|
| Revisión del diseño de mezcla / propiedades del agregado de diseño | Anexo I |
| Pruebas de verificación de la calidad de mezcla asfáltica | Anexo II |
| Pruebas de verificación de compactación en sitio | Anexo III |

4 - COMENTARIOS FINALES

Los ensayos de laboratorio presentados corresponden a las pruebas de verificación de la calidad, el control de calidad es responsabilidad del contratista y debe ser suministrado a la Ingeniería de Proyecto, para evaluar la posibilidad de pago total o parcial de las obras realizadas.

No se pudieron realizar dos giras de determinación de compactaciones en sitio por carencia de las condiciones mínimas de seguridad para el equipo de muestreo del LANAMME.

**MSCE. MBA. Pedro Castro Fernández,
Coordinador, Laboratorio de Mezclas y
Ligantes Bituminosos, LANAMME,
Universidad de Costa Rica.**



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

ANEXO I

VERIFICACION DEL DISEÑO DE MEZCLA Y **DE LAS PROPIEDADES DEL AGREGADO DE** **DISEÑO**



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

VERIFICACION DE DISEÑO DE MEZCLA

Informe de diseño de mezcla presentado por el contratista Pedregal, con informe de laboratorio fechado 21 de octubre de 1998, para su aplicación en los proyectos de rehabilitación de autopistas.

1. CARACTERISTICAS DEL MUESTREO

Se muestrearon los siguientes materiales:

- Piedra quinta del Tajo Beién.
- Polvo de piedra del Tajo Zurqui.
- Ligante asfáltico.

En los apilamientos y tanque de ligante asfáltico de la planta Beién de Pedregal, en noviembre de 1998.

2. PREPARACION DE AGREGADOS

Una vez recibidos los agregados se proporcionaron en combinación de 72 % polvo de piedra y 28 % piedra quinta.

Del material proporcionado se tomaron muestras para realizar lo siguiente:

1. Prueba de granulometría, por la vía húmeda.
2. Pruebas de aceptación del agregado.
3. Reproducción del diseño de mezcla.
4. Evaluación de la durabilidad de la mezcla asfáltica con el contenido óptimo de asfalto sugerido por el contratista y determinado experimentalmente por el LANAMME.

3. PRUEBAS EN LOS AGREGADOS

Se presenta un resumen general de la información de las pruebas de aceptación en el agregado dosificado de acuerdo con las proporciones de diseño (72 % de polvo de piedra y 28 % de piedra quinta), en la Tabla No. 1 adjunta.

**Tabla No. 1: Resumen de resultados para agregado dosificado según informe de diseño:
Verificación de las pruebas de aceptación.
Proyecto de rehabilitación de la Autopista General Cañas.**

| PRUEBA | unidades | tamices | AGREGADO PEDREGAL (1) | | Especificación graduación B CR-77 | Rangos de tolerancia |
|--------------------------------|-----------|----------|-----------------------|----------|-----------------------------------|---|
| | | | LANAMME | PEDREGAL | | |
| Granulometría | % pasando | 25.4 mm | 100 | 100 | 100 | 100 No aplica 82-90 51-59 35-39 No aplica No aplica 10-15 4.1-8.0 |
| | % pasando | 19.0 mm | 100 | 100 | 100 | |
| | % pasando | 12.50 mm | 97.1 | 97 | No aplica | |
| | % pasando | 9.50 mm | 87.7 | 87 | 70-90 | |
| | % pasando | No. 4 | 62.1 | 55 | 50-70 | |
| | % pasando | No. 8 | 41.7 | 35 | 35-50 | |
| | % pasando | No. 16 | 28.1 | 22 | No aplica | |
| | % pasando | No. 30 | 19.1 | 15 | No aplica | |
| | % pasando | No. 50 | 13.7 | 11 | 10-20 | |
| | % pasando | No. 200 | 7.9 | 6.1 | 3-8 | |
| PRUEBAS DE ACEPTACION | | | | | | |
| Gbs grueso | | | 2.58 | 2.46 | | |
| Gbs fino | | | 2.5 | 2.543 | | |
| Gbs ponderado | | | 2.53 | 2.50 | | |
| % absorción grueso | % | | 2.47 | 3.61 | | |
| % absorción fino | % | | 3.04 | 2.37 | | |
| abrasión en grueso | % | | 23 | 22.1 | máximo 40 | |
| caras fracturadas grueso | % | | 99.9 | 100 | mínimo 80 | |
| vacíos no compactados fino | % | | 35.3 | NI | | |
| límite plasticidad fino | % | | NP | NP | máximo 4 | |
| equivalente arena fino | % | | 72 | 49 | mínimo 45 | |
| sanidad grueso | % | | 4.6 | 6.7 | máximo 12 | |
| índice durabilidad grueso | % | | 92 | 72 | mínimo 35 | |
| índice durabilidad fino | % | | 72.5 | 47 | mínimo 35 | |
| partículas elongadas grueso | % | | 0 | 2 | menor a 10 | |
| residuo insoluble en carbonato | % | | NI | NI | mínimo 25 | |

Notas:

- (1) Las pruebas de aceptación presentadas por el contratista se refieren al agregado de apilamiento, las pruebas de aceptación realizadas por el LANAMME se refieren al agregado proporcionado de acuerdo con el diseño de mezcla, de manera que se evalúan las propiedades del agregado de diseño. Los agregados de apilamiento son polvo de piedra del Tajo Zurquí y piedra quinta del Tajo Belén, proporcionados en 72 % y 28 % respectivamente.
- (2) Se presentan los resultados de partículas friables para el agregado fino.
- (3) En estilo sombreado se presentan los valores que determinan un incumplimiento de especificaciones generales o desviaciones de los valores de diseño significativas (superiores al rango de tolerancia, en el caso de las granulometrías).
- (4) El agregado muestreado se dosificó 72 % polvo de piedra del Zurquí y 28 % piedra quinta del Belén.

4. CRIBADO DE AGREGADO

Para la revisión del diseño de mezcla y evaluación de la durabilidad para la mezcla con el contenido óptimo de asfalto se cribó y reprodujo la curva granulométrica propuesta por el contratista, a partir del agregado dosificado según proporciones de diseño.

5. MEZCLADO Y COMPACTACION

Para la mezcla de las muestras se utilizó una temperatura de mezclado de 153°C, mientras que la temperatura de compactación fue 144°C. Se aplicó un período de curado a 135°C durante 4 horas, previo a la compactación de las muestras.

El diseño de mezcla se verificó, de acuerdo con las siguientes características.

- 4 pastillas por contenido de asfalto.
- Contenidos de asfalto de 6.0 %, 6.5 %, 7.0 %, 6.5 % y 8.0 % por peso total de mezcla.
- Gravedad específica máxima teórica para 7.0 % de contenido de asfalto. Los valores de gravedad específica máxima teórica para los restantes porcentajes de asfalto fueron estimados a partir de las proporciones de agregado y asfalto, con base en la gravedad específica efectiva del agregado de diseño.

Las curvas para la verificación del diseño de mezcla se presentan en la Figura No. 1 adjunta.

La Tabla No. 2 adjunta contrasta las características de la verificación del diseño de mezcla (LANAMME) con el diseño de mezcla (PEDREGAL). Se comparan los resultados para el contenido óptimo de asfalto determinado por el LANAMME (7.78 % por peso total de mezcla), con respecto a los resultados para el contenido óptimo de asfalto presentado por PEDREGAL (7.30 % por peso total de mezcla).

6. PRUEBAS DE DURABILIDAD

Se realizaron las pruebas de estabilidad retenida y resistencia a la compresión uniaxial retenida, utilizando los siguientes contenidos de asfalto:

- Optimo de diseño determinado por el LANAMME (7.78 % por peso total de mezcla).
- Optimo de diseño según contratista (7.30 % de asfalto por peso total de mezcla).

Los especímenes condicionados fueron almacenados en un baño a 60°C durante 24 horas, previo a su falla.

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA METODO MARSHALL
GENERAL CAÑAS

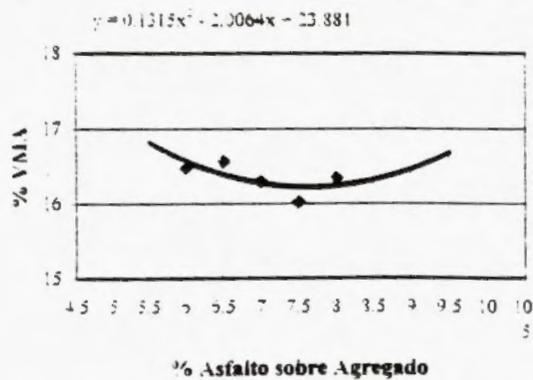
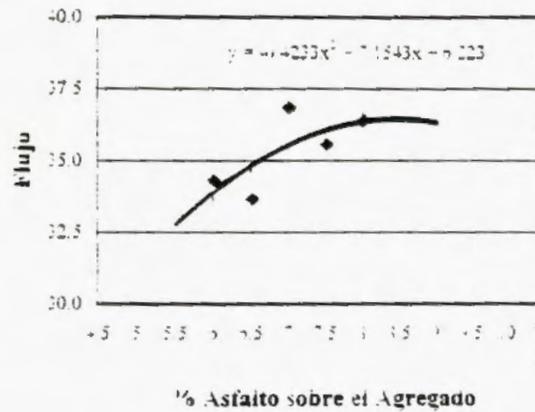
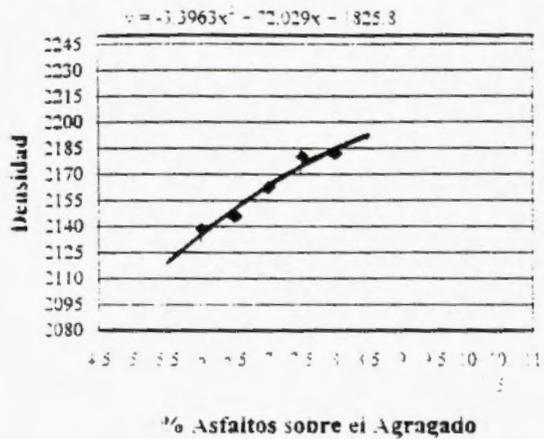
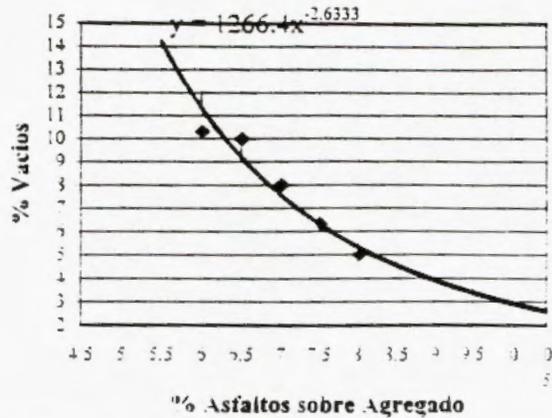
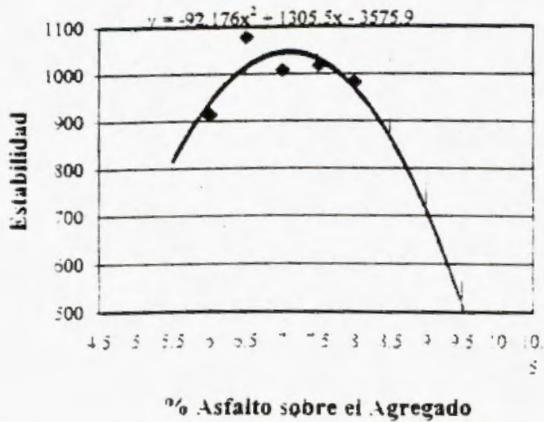


Figura No. 1: Verificación de las curvas de diseño, diseño de mezcla de la empresa Pedregal, del 21 de octubre de 1998.

Tabla No. 2: Resultados de verificación del diseño de mezcla, para la Autopista Braulio Carrillo.

| Pruebas de laboratorio | Contenido óptimo de asfalto presentado en informe de PEDREGAL | | Contenido óptimo de asfalto determinado en informe LANAMME | | Especificaciones contractuales | |
|--|---|----------------|--|----------------|--------------------------------|------------------------|
| | LANAMME | PEDREGAL | LANAMME | PEDREGAL | Cartel licitatorio | CR-77 y modificaciones |
| Contenido óptimo asfalto s/mezcla | 7.30 | 7.30 | 7.78 | 7.78 | | |
| Contenido óptimo asfalto s/agregado | 7.87 | 7.87 | 8.50 | 8.50 | | |
| Probabilidad de compactación de asfalto | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Estabilidad | 1040 | 1371 | 860 | 1350 | | Mínimo de 800 kg |
| Flujo | 36.0 | 36.6 | 36.5 | 40.0 | De 20 a 40 (1/10 mm) | |
| Porcentaje de vacíos | 6.5 | 4.4 | 4.5 | 3.7 | | De 3.0 a 5.0 % |
| Densidad | 2170 | 2212 | 2190 | 2220 | | |
| Vacíos en agregado mineral | 16.8 | 18.7 | 16.5 | 18.8 | Mínimo de 12.0 a 14.0 % | |
| Vacíos llenos con asfalto | 61.3 | 76.4 | 72.7 | 80.3 | | De 65 a 75 % |
| Gbs agregado de diseño | 2.4175 | 2.521 | 2.4175 | 2.521 | | |
| razón polvo / asfalto | 0.84 | 0.84 | 0.78 | 0.78 | De 0.6 a 1.3 | |
| Probabilidad de compactación de asfalto | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Estabilidad retenida a 24 horas | 96 | 86 | 83 | N.I. | Mínimo de 75% | |
| Vacíos en prueba estab. retenida | 8.1 | 2.8 | 5.9 | N.I. | No se indica (1) | |
| Comp. Uniaxial retenida a 24 horas | 70 | 83 | 79 | N.I. | | Mínimo de 75% |
| Vacíos en prueba comp. uniax. Ret. | 8.7 | 2.8 | 7.3 | N.I. | | No se indica (2) |

Notas:

- (1) El procedimiento estándar recomienda un porcentaje de vacíos de 6.0 a 8.0 %
- (2) Lo recomendable es obtener el contenido de vacíos de diseño o un valor más alto (este caso en particular).



La Tabla No. 2 adjunta presenta los resultados de la evaluación de durabilidad de la mezcla asfáltica analizada. Se presenta la información correspondiente a las pruebas de laboratorio realizadas por el LANAMME y las aportadas por el contratista.

7. CONCLUSIONES

Respecto al informe de diseño presentado por el contratista:

- El agregado de diseño satisface los requisitos de las especificaciones especiales y de las Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes.
- El contenido óptimo de asfalto recomendado por el contratista presenta un incumplimiento en el porcentaje de vacíos llenos con asfalto (76.4 %), respecto a la norma de las Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes para pavimentos de alto volumen de tránsito (65.0 a 75.0 %).
- Las pruebas de durabilidad fueron realizadas con un contenido de vacíos (2.8 %), que determina un incumplimiento en las especificaciones de los ensayos respectivos: estabilidad retenida y resistencia a la compresión uniaxial. Adicionalmente, todas las pruebas de durabilidad fueron realizadas con agregado pasado por el quemador (muestra tomada en planta).

Respecto a la verificación del diseño de mezcla:

- El agregado de diseño satisface los requisitos de las especificaciones especiales. Existe un incumplimiento en cuanto al porcentaje de vacíos no compactados (35.3 %) en el agregado fino (mínimo de 45.0 % según modificación de la Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes).
- Se determinó un contenido óptimo de asfalto con una diferencia de 0.48 % por peso total de mezcla, con respecto al contenido óptimo de asfalto indicado en el informe de diseño de mezcla. Tal diferencia se puede explicar en la variabilidad experimental y diferencias naturales en las características del agregado y ligante asfáltico muestreado.
- Se encontró un incumplimiento en la prueba de resistencia a la compresión uniaxial retenida, al utilizar agregado de apilamiento (dosificado según proporciones de diseño), con el contenido óptimo de asfalto presentado por el contratista. Se debe observar, sin embargo, que el contenido de vacíos de los especímenes fallados superó el contenido de vacíos sugerido para la prueba (6.0 a 8.0 %). De esta manera, se recomienda dar un seguimiento cuidadoso a la prueba de resistencia a la compresión uniaxial retenida a lo largo de la producción (certificados de control de calidad y pruebas de verificación de la calidad).



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

ANEXO II

PRUEBAS DE VERIFICACION DE LA CALIDAD DE

MEZCLA ASFALTICA

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Resumen de resultados para la evaluación de la calidad de mezcla asfáltica.

Proyecto de rehabilitación de la Autopista General Cañas.

| Muestreo | | | | GC-03 | GC-04 | GC-05 | GC-10 | GC-06 | GC-07 | GC-17 | GC-16 | Especificaciones CR-77 | Tolerancias al diseño de mezcla |
|--|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------------|---------------------------------|
| Fecha de muestreo | | 31/10/98 | 11/11/98 | 14/11/98 | 15/11/98 | 15/11/98 | 15/11/98 | 16/11/98 | 18/11/98 | 20/11/98 | 22/11/98 | | |
| Estabilidad (kg) | | X | X | 1569 | 1478 | 1725 | X | 1583 | 1394 | X | 1534 | Mínimo 700 kg | |
| Flujo (1/100 cm) | | X | X | 31.0 | 40.0 | 40.0 | X | 45.0 | 43.0 | X | 41.0 | | De 20 a 40 (1/100 cm) |
| Vacios en la mezcla (%) | | X | X | 8.8 | 4.0 | 3.8 | X | 6.2 | 2.9 | X | 4.8 | De 3.0 a 5.0 % | |
| % asfalto s/ mezcla | | 7.05 | 6.93 | 7.08 | 6.85 | 7.07 | X | 7.19 | 6.8 | X | 6.67 | | 6.80 a 7.80 |
| % asfalto s/ agregado | | 7.73 | 7.56 | 7.72 | 7.35 | 7.7 | X | 7.86 | 7.44 | X | 7.23 | | 7.37 a 8.37 |
| Granulometría de la extracción (% pasando) | 19.0 mm | X | X | 100 | 100 | 100 | X | 100 | 100 | X | 100 | 100% | 100% |
| | 9.5 mm | X | X | 81 | 88 | 84 | X | 84 | 84 | X | 83 | 70 a 90 % | 82 a 90 % |
| | No. 4 | X | X | 56 | 60 | 59 | X | 60 | 56 | X | 57 | 50 a 70 % | 51 a 59 % |
| | No. 8 | X | X | 38 | 39 | 39 | X | 40 | 37 | X | 38 | 35 a 50 % | 35 a 39 % |
| | No. 50 | X | X | 13 | 13 | 13 | X | 13 | 13 | X | 14 | 10 a 20 % | 10 a 15 % |
| No. 200 | X | X | 8.0 | 8.7 | 7.3 | X | 8.6 | 9.3 | X | 8.8 | 3 a 8 % | 4.1 a 8.0 % | |
| RPS | | X | X | 20 | 27 | 23 | X | 28 | 31 | X | 27 | Máximo 48 | |
| RCS | | X | X | 4 | 7 | 6 | X | 5 | 11 | X | 6 | Mínimo 8 | |
| VAM (%) | | X | X | 17.3 | 16.8 | 17.0 | X | 17.7 | 15.4 | X | 15.5 | | mínimo de 12.0 % a 14.00% |
| VFA (%) | | X | X | 67.6 | 76.1 | 77.6 | X | 65.0 | 81.1 | X | 69.0 | | |
| Razón polvo-asfalto | | X | X | 1.13 | 1.27 | 1.03 | X | 1.20 | 1.37 | X | 1.32 | | 0.60 a 1.30 |
| Resist. a la comp. uniaxial (kg) | | X | X | X | X | 3170 | 3629 | X | X | 3926 | X | | |
| Resist. a la comp. uniaxial retenida (%) | | X | X | X | X | 79 | 89 | X | X | 74 | X | | mínimo 75 % |
| vacíos para res. retenida (%) | | X | X | X | X | 7.1 | 3.3 | X | X | 7.8 | X | | Recomendado de 6.0 a 8.0 % |
| Estabilidad retenida (%) | | X | X | X | 88 | 87 | X | X | 84 | X | X | mínimo de 75 % | |
| vacíos para est. retenida (%) | | X | X | X | 4.0 | 3.8 | X | X | 2.9 | X | X | | De 3.0 a 5.0 % |

Nota:

(1) Los valores en fondo sombreado representan incumplimientos a las especificaciones vigentes.

(2) Para el cálculo del VAM se utilizó la gravedad específica del agregado reportada en el informe de diseño de mezcla aportado por el contratista.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

L A N A M M E

ANEXO III

PRUEBAS DE VERIFICACION DE COMPACTACION **EN SITIO**

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
VERIFICACION DE COMPACTACIONES

| | |
|---|--------------------------|
| Circuito # <u>1</u> | Fecha: <u>21/11/1998</u> |
| Tramo: <u>A partir del puente, 700 metros en sentido Este-Oeste</u> | Hora: <u>07:00 AM</u> |
| Sección de control: _____ | Densímetro # <u>2031</u> |
| Contratista: <u>Pedregal</u> Planta: <u>Pedregal (Belén)</u> | Licitación # <u>NI</u> |
| Fecha de inicio de construcción: <u>Noviembre de 1999</u> | Zona # <u>NI</u> |
| Estación 0+000: <u>Puente sobre autopista General Cañas</u> | |
| Estación Final: <u>Estación 0+700</u> | |

Resumen de datos de densidades con densímetro nuclear

| | |
|----------------------|-------------|
| Promedio General: | <u>2212</u> |
| Máximo registrado: | <u>2308</u> |
| Mínimo registrado: | <u>2108</u> |
| Desviación Estándar: | <u>51</u> |

Observaciones

Personas presentes:

| | |
|--------------------------------|--|
| Ingeniero Consultor: | <u>NI</u> |
| Ingeniero de proyecto: | <u>Ing. Juan Carlos Méndez</u> |
| Inspector de LANAMME: | <u>Olman Alvarado</u> |
| Ingeniero del LANAMME: | <u>Ing. Mauricio Salas e Ing. Daniel Sciis</u> |
| Representante de Contratista: | <u>Ing. Victor Zamora</u> |
| Representante del laboratorio: | _____ |

Características

| | |
|------------------------------------|---|
| Toneaje de compactador: | <u>17 ton (Se uso llanta de hule también)</u> |
| Vibración: | <u>SI</u> |
| Número de pasadas: | <u>NI</u> |
| Espesor máximo de bache o carpeta: | <u>10 cm</u> |
| Temperatura antes de compactar: | <u>NI</u> |
| Labado superficial del bache: | <u>Un poco abierto</u> |
| Tipo de distribuidor de asfalto: | <u>Tanque Distribuidor</u> |

Comentarios respecto a la ejecución del proyecto:

Se usó una carpeta nueva, no es un proyecto de bacheo.

Se escanficó y luego se asfaltó.

Bache de prueba inexistente.

Compactador de doble rodillo.

A partir de la entrada a Los Arcos hacia Alajuela se estabilizó con cemento hasta la entrada a Real Canan.

Revisado por el inspector: SI

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
RESULTADO DE VERIFICACION DE COMPACTACION EN SITIO

| | | |
|---|---|-------------------------|
| Cota # <u>1</u> | Fecha: <u>21/11/1998</u> | Hora: <u>07:00 AM</u> |
| Ubicación: <u>A partir del puente, 700 metros en sentido Este-Oeste</u> | Densímetro #: <u>2031</u> | Licitación #: <u>NI</u> |
| Sección de control: _____ | Planta: <u>Pedregal (Belén)</u> | Zona #: <u>NI</u> |
| Operarista: <u>Pedregal</u> | Fecha de inicio de construcción: <u>Noviembre de 1998</u> | |
| Estación 0+000: <u>Puente sobre autooista General Cañas</u> | | |
| Estación Final: <u>Estación 0+700</u> | | |
| Profundidad de medición: <u>6.5 cm</u> | Tiempo: <u>1 minuto</u> | |
| Densidad Optima Marshall (kg/m ³): <u>2212</u> | No. de lecturas: <u>3</u> | |
| Método de muestreo: <u>Números Aleatorios</u> | Parámetro #1: _____ | |
| Tamaño de arena: <u>SI</u> | Parámetro #2: _____ | |

| Estación | # bacne | Densidad (kg/m ³) | | Factor de calibración | Densidad calibrada (kg/m ³) | % de compactación |
|----------|-------------------|-------------------------------|---------|-----------------------|---|-------------------|
| | | Prom. Nuclear | Núcleo | | | |
| 0+260 | 1A (*) | 2122 | 2165 | 1.02 | 2165 | 98 |
| 0+270 | 1B | 2050 | | | 2112 | 95 |
| 0+276 | 1C | 2150 | | | 2215 | 100 |
| 0+290 | 1D | 2084 | | | 2147 | 97 |
| 0+305 | 2A | 2047 | | | 2108 | 95 |
| 0+315 | 2B | 2188 | | | 2254 | 102 |
| 0+320 | 2C | 2138 | | | 2202 | 100 |
| 0+325 | 2D (**) | 2180 | 2255 | 1.03 | 2255 | 102 |
| 0+330 | 3A | 2106 | | | 2169 | 98 |
| 0+340 | 3B | 2073 | | | 2135 | 97 |
| 0+342 | 3C | 2079 | | | 2141 | 97 |
| 0+349 | 3D (**) | 2110 | 2197 | 1.04 | 2197 | 99 |
| 0+355 | 4A | 2098 | | | 2161 | 98 |
| 0+363 | 4B | 2218 | | | 2235 | 103 |
| 0+380 | 4C (*) | 2103 | 2232 | 1.06 | 2232 | 101 |
| 0+390 | 4D | 2113 | | | 2173 | 98 |
| 0+410 | 5A | 2176 | | | 2241 | 101 |
| 0+420 | 5B | 2163 | | | 2223 | 101 |
| 0+430 | 5C | 2150 | | | 2215 | 100 |
| 0+445 | 5D (**) | 2220 | 2233 | 1.01 | 2233 | 101 |
| 0+505 | 6A | 2162 | | | 2227 | 101 |
| 0+510 | 6B (**) | 2188 | 2299 | 1.05 | 2299 | 104 |
| 0+525 | 6C | 2199 | | | 2265 | 102 |
| 0+545 | 6D | 2129 | | | 2193 | 99 |
| 0+555 | 7A (*) | 2202 | 2231 | 1.01 | 2231 | 101 |
| 0+565 | 7B | 2241 | | | 2308 | 104 |
| 0+572 | 7C | 2172 | | | 2237 | 101 |
| 0+590 | 7D | 2177 | | | 2242 | 101 |
| 0+605 | 8A | 2209 | | | 2275 | 103 |
| 0+620 | 8B | 2159 | | | 2224 | 101 |
| 0+625 | 8C (**) | 2148 | | | 2212 | 100 |
| 0+640 | 8D | 2148 | | | 2212 | 100 |
| | Promedio | 2147 | 2228.36 | 1.03 | 2212 | 100 |
| | Desv. Std. | 51 | 43.71 | 0.02 | 51 | 2.32 |
| | Máximo | 2241 | 2299.00 | 1.06 | 2308 | 104 |
| | Mínimo | 2047 | 2165.00 | 1.01 | 2108 | 95 |

(*) Lecturas que incluyen núcleo

(**) Núcleo no extraído, pero marcado en sitio.

1) Este estacionamiento está frente a una construcción del empresa CPM

2) Este estacionamiento inicia frente a los laboratorios RAVEN

3) ... (7) Núcleos extraídos

4) Para el cálculo del Factor de Calibración se tomará en cuenta solo los núcleos de las notas (4) y (5)



Funcionarios del LANAMME Presentes:

- Ing. Guillermo Loría
- Roy Barrantes
- Greivin Moreira
- Roylan Calvo
- Mauricio Bolaños

Funcionario del MOPT:

- Ing. Jorge Mata

Hora de Salida del LANAMME: 6:35 Am

Desarrollo de la Gira:

Los miembros del equipo de trabajo del LANAMME llegamos a las 7:20 am al sitio en donde se iba a efectuar el muestreo. Se iban a sacar núcleos de pavimento asfáltico en puntos conflictivos y 10 ó 12 densidades.

El Ing. Jorge Mata indicó que el inspector de tránsito que se requería para efectuar el trabajo no iba a llegar, pues el despacho del viceministro no coordinó la presencia de éste en el sitio, por lo que no se pudo realizar el muestreo planeado.

La única labor efectuada fue medir con el odómetro la distancia que se pavimentó.

Las mediciones realizadas fueron marcadas en el sitio a cada 50 m y el sentido de medición es Alajuela – San José.

Mediciones Realizadas con el Odómetro

1. TRAMO NO AUTORIZADO

Hubo un tramo que pavimentó la empresa constructora que no fue autorizado por el Ing. Mata. Este tramo corresponde al paño de prueba inicial y se efectuó sin que el ingeniero residente estuviera presente y el Llanta de Hule llegó muy tarde (a eso de las 5 de la tarde).

La longitud de este tramo es de **189.42 m.**

2. TRAMO AUTORIZADO

- El estacionamiento 0+000 se ubica frente a CORICAFE.
- La primer junta se encuentra en la estación 0+231
- El inicio del puente que se encuentra ahí se midió a: 0+437.00
- El final del puente se encontró a 496.80 m. Por lo tanto la longitud del puente es de **59.80 m.**
- Luego del puente se encontró una junta en la estación 582.00
- Se halló otra junta en la estación 0+754.10
- La estación final se halla en la estación **0+894.10.**

3. OTRAS OBSERVACIONES

- Inmediatamente después del puente dejaron residuos de mezcla, pese a la solicitud del ingeniero de proyecto para que limpiasen.
- En la estación 0+854.15 se marcó para que se continuaran pavimentando los dos carriles. Sin embargo, se siguió construyendo solamente el carril derecho.
- El recarpeteo se finalizó antes de donde estaba previsto por el Ing. Mata. La longitud del tramo que no se hizo es de **178.60 m.** Este tramo tenía que ser construido a dos carriles también. Este pavimento que no fue sustituido está en pésimo estado, presenta problemas de hundimientos, lagarteo y desprendimiento de agregados.
- El Ing. Mata propone sacar núcleos en los estacionamientos **0+100, 0+650 y 0+850** a 30 cm del espaldón.
- Según el Ing. Mata la zona más problemática en cuanto a los espesores es de Incesa Estándar hacia el puente.

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y
MODELOS ESTRUCTURALES**

**Informe de verificación de la calidad
para el proyecto de rehabilitación de la
Autopista Braulio Carrillo**



ENERO DE 1999



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

INFORME DE VERIFICACION DE LA CALIDAD PARA EL PROYECTO DE REHABILITACION DE LA AUTOPISTA BRAULIO CARRILLO

1 - DETALLES DEL MUESTREO REALIZADO.

Este informe contiene resultados del análisis experimental de las muestras de materiales descritas en la Tabla No. 1 adjunta.

Tabla No. 1: Resumen de muestras de materiales analizadas.

| FECHA | TIPO MATERIAL | SITIO MUESTREO | ESTADO ENSAYOS |
|---------|------------------|---------------------------|-------------------------|
| 6/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 6/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 7/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 8/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 11/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 11/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 12/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Parcialmente concluidos |
| 22/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Parcialmente concluidos |

Nota: además se hicieron muestreos de los agregados de apilamiento y de ligante asfáltico del tanque de la planta.

Adicionalmente se presentan los resultados del muestreo de la compactación en sitio, correspondientes a la información descrita en la Tabla No. 2 adjunta.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Tabla No. 2: Resumen de información para muestreo de compactación en sitio.

| FECHA MUESTREO | FECHA CONSTRUCCION | LONGITUD TRAMO (m) |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| 8/1/99 | Enero 99 | 550 m |
| 14/1/99 | Enero 99 | 1150 m |
| 4/1/99 | Enero 99 | (1) |

Nota:

(1) El informe de resultados de esta gira está pendiente.

2 - RESUMEN DE INFORMACION.

El presente informe contiene resultados correspondientes a los siguientes tipos de ensayos:

- Revisión del diseño de mezcla / verificación de las propiedades del agregado de diseño.
- Pruebas de verificación de la calidad de mezcla asfáltica.
- Pruebas de verificación de compactación en sitio.

3 - DETALLE DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE VERIFICACION.

La Tabla No. 3 hace referencia al detalle de resultados de los ensayos de verificación de la calidad realizados.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Tabla No. 3: Detalle de resultados de los ensayos de verificación de la calidad.

| TIPO DE ENSAYO | REFERENCIA |
|--|-------------------|
| Revisión del diseño de mezcla / propiedades del agregado de diseño | Anexo I (1) |
| Pruebas de verificación de la calidad de mezcla asfáltica | Anexo II |
| Pruebas de verificación de compactación en sitio | Anexo III |

Nota: el diseño de mezcla evaluado fue el presentado por el contratista para la rehabilitación tanto de la Autopista Braulio Carrillo, como para la Autopista General Cañas.

4 - COMENTARIOS FINALES

Los ensayos de laboratorio presentados corresponden a las pruebas de verificación de la calidad, el control de calidad es responsabilidad del contratista y debe ser suministrado a la Ingeniería de Proyecto, para evaluar la posibilidad de pago total o parcial de las obras realizadas.

Los resultados pendientes serán enviados con la mayor brevedad.

Queda pendiente el informe de seguimiento histórico de la producción de la planta que suministra mezcla asfáltica para la Autopista Braulio Carrillo.

**MSCE. MBA. Pedro Castro Fernández,
Coordinador, Laboratorio de Mezclas y
Ligantes Bituminosos, LANAMME,
Universidad de Costa Rica.**



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

L A N A M M E

ANEXO I

VERIFICACION DEL DISEÑO DE MEZCLA Y

DE LAS PROPIEDADES DEL AGREGADO DE
DISEÑO



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

VERIFICACION DE DISEÑO DE MEZCLA

Informe de diseño de mezcla presentado por el contratista Pedregal, con informe de laboratorio fechado 21 de octubre de 1998, para su aplicación en los proyectos de rehabilitación de autopistas.

1. CARACTERISTICAS DEL MUESTREO

Se muestrearon los siguientes materiales:

- Piedra quinta del Tajo Betén.
- Polvo de piedra del Tajo Zurqui.
- Ligante asfáltico.

En los apilamientos y tanque de ligante asfáltico de la planta Betén de Pedregal, en noviembre de 1998.

2. PREPARACION DE AGREGADOS

Una vez recibidos los agregados se proporcionaron en combinación de 72 % polvo de piedra y 28 % piedra quinta.

Del material proporcionado se tomaron muestras para realizar lo siguiente:

1. Prueba de granulometría, por la vía húmeda.
2. Pruebas de aceptación del agregado.
3. Reproducción del diseño de mezcla.
4. Evaluación de la durabilidad de la mezcla asfáltica con el contenido óptimo de asfalto sugerido por el contratista y determinado experimentalmente por el LANAMME.

3. PRUEBAS EN LOS AGREGADOS

Se presenta un resumen general de la información de las pruebas de aceptación en el agregado dosificado de acuerdo con las proporciones de diseño (72 % de polvo de piedra y 28 % de piedra quinta), en la Tabla No. 1 adjunta.

**Tabla No. 1: Resumen de resultados para agregado dosificado según informe de diseño:
Verificación de las pruebas de aceptación.
Proyecto de rehabilitación de la Autopista General Cañas.**

| RUEBA | unidades | tamices | AGREGADO PEDREGAL (1) | | Especificación graduación B CR-77 | Rangos de tolerancia |
|--------------------------------|-----------|----------|-----------------------|----------|-----------------------------------|----------------------|
| | | | LANAMME | PEDREGAL | | |
| Granulometría | % pasando | 25.4 mm | 100 | 100 | 100 | |
| | % pasando | 19.0 mm | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | % pasando | 12.50 mm | 97.1 | 97 | No aplica | No aplica |
| | % pasando | 9.50 mm | 87.7 | 87 | 70-90 | 82-90 |
| | % pasando | No. 4 | 62.1 | 55 | 50-70 | 51-59 |
| | % pasando | No. 8 | 41.7 | 35 | 35-50 | 35-39 |
| | % pasando | No. 16 | 28.1 | 22 | No aplica | No aplica |
| | % pasando | No. 30 | 19.1 | 15 | No aplica | No aplica |
| | % pasando | No. 50 | 13.7 | 11 | 10-20 | 10-15 |
| % pasando | No. 200 | 7.9 | 6.1 | 3-8 | 4.1-8.0 | |
| PRUEBAS DE ACEPTACION | | | | | | |
| Gbs grueso | | | 2.58 | 2.46 | | |
| Gbs fino | | | 2.5 | 2.543 | | |
| Gbs ponderado | | | 2.53 | 2.50 | | |
| % absorción grueso | % | | 2.47 | 3.61 | | |
| % absorción fino | % | | 3.04 | 2.37 | | |
| abrasión en grueso | % | | 23 | 22.1 | maximo 40 | |
| caras fracturadas grueso | % | | 99.9 | 100 | minimo 80 | |
| vacios no compactados fino | % | | 35.3 | NI | | |
| límite plasticidad fino | % | | NP | NP | maximo 4 | |
| equivalente arena fino | % | | 72 | 49 | minimo 45 | |
| plasticidad grueso | % | | 4.6 | 6.7 | maximo 12 | |
| índice durabilidad grueso | % | | 92 | 72 | minimo 35 | |
| índice durabilidad fino | % | | 72.5 | 47 | minimo 35 | |
| partículas elongadas grueso | % | | 0 | 2 | menor a 10 | |
| residuo insoluble en carbonato | % | | NI | NI | minimo 25 | |

Notas:

- 1) Las pruebas de aceptación presentadas por el contratista se refieren al agregado de apilamiento, las pruebas de aceptación realizadas por el LANAMME se refieren al agregado proporcionado de acuerdo con el diseño de mezcla, de manera que se evalúan las propiedades del agregado de diseño. Los agregados de apilamiento son polvo de piedra del Tajo Zurqui y piedra quinta del Tajo Belén, proporcionados en 72 % y 28 % respectivamente.
- 2) Se presentan los resultados de partículas friables para el agregado fino.
- 3) En estilo sombreado se presentan los valores que determinan un incumplimiento de especificaciones generales o desviaciones de los valores de diseño significativas (superiores al rango de tolerancia, en el caso de las granulometrías).
- 4) El agregado muestreado se dosificó 72 % polvo de piedra del Zurqui y 28 % piedra quinta del Belén.

4. CRIBADO DE AGREGADO

Para la revisión del diseño de mezcla y evaluación de la durabilidad para la mezcla con el contenido óptimo de asfalto se cribó y reprodujo la curva granulométrica propuesta por el contratista, a partir del agregado dosificado según proporciones de diseño.

5. MEZCLADO Y COMPACTACION

Para la mezcla de las muestras se utilizó una temperatura de mezclado de 153°C, mientras que la temperatura de compactación fue 144°C. Se aplicó un periodo de curado a 135°C durante 4 horas, previo a la compactación de las muestras.

El diseño de mezcla se verificó, de acuerdo con las siguientes características.

- 4 pastillas por contenido de asfalto.
- Contenidos de asfalto de 6.0 %, 6.5 %, 7.0 %, 6.5 % y 8.0 % por peso total de mezcla.
- Gravedad específica máxima teórica para 7.0 % de contenido de asfalto. Los valores de gravedad específica máxima teórica para los restantes porcentajes de asfalto fueron estimados a partir de las proporciones de agregado y asfalto, con base en la gravedad específica efectiva del agregado de diseño.

Las curvas para la verificación del diseño de mezcla se presentan en la Figura No. 1 adjunta.

La Tabla No. 2 adjunta contrasta las características de la verificación del diseño de mezcla (LANAMME) con el diseño de mezcla PEDREGAL. Se comparan los resultados para el contenido óptimo de asfalto determinado por el LANAMME (7.78 % por peso total de mezcla), con respecto a los resultados para el contenido óptimo de asfalto presentado por PEDREGAL (7.30 % por peso total de mezcla).

6. PRUEBAS DE DURABILIDAD

Se realizaron las pruebas de estabilidad retenida y resistencia a la compresión uniaxial retenida, utilizando los siguientes contenidos de asfalto:

- Óptimo de diseño determinado por el LANAMME (7.78 % por peso total de mezcla).
- Óptimo de diseño según contratista (7.30 % de asfalto por peso total de mezcla).

Los especímenes condicionados fueron almacenados en un baño a 60°C durante 24 horas, previo a su falla.

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA METODO MARSHALL
GENERAL CAÑAS**

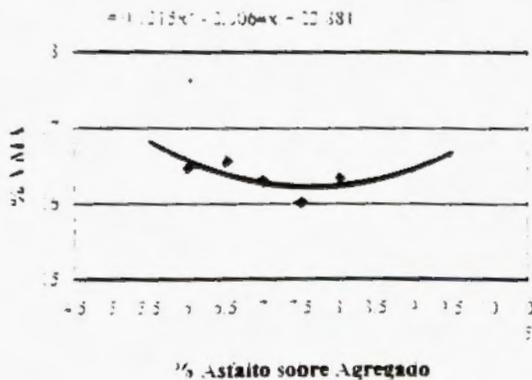
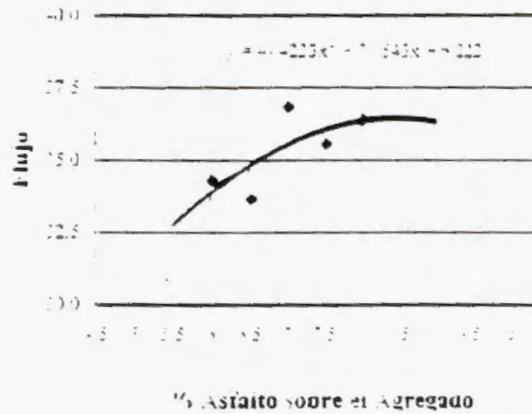
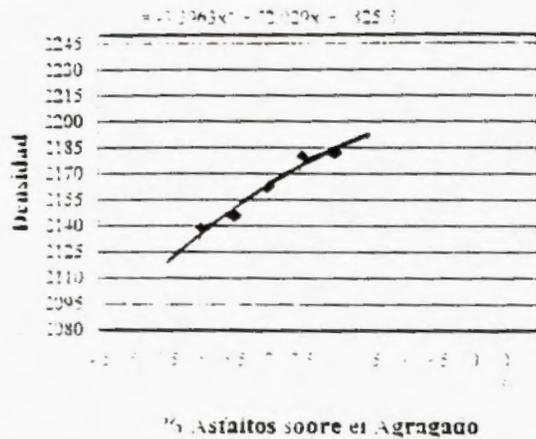
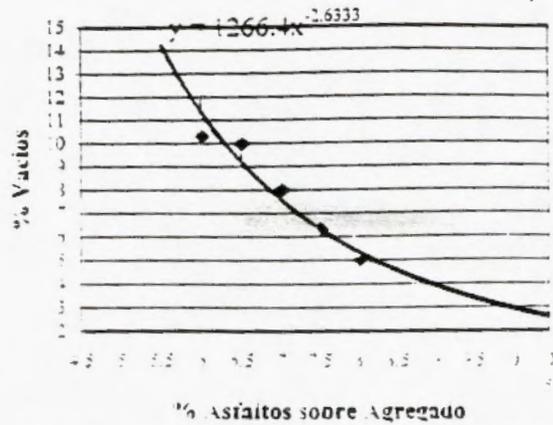


Figura No. 1: Verificación de las curvas de diseño, diseño de mezcla de la empresa Pedregal, del 21 de octubre de 1998.

Tabla No. 2: Resultados de verificación del diseño de mezcla, para la Autopista Braulio Carrillo.

| Pruebas de laboratorio | Contenido óptimo de asfalto presentado en informe de PEDREGAL | | Contenido óptimo de asfalto determinado en informe LANAMME | | Especificaciones contractuales | |
|---|---|----------|--|----------|--------------------------------|------------------------|
| | LANAMME | PEDREGAL | LANAMME | PEDREGAL | Cartel licitatorio | CR-77 y modificaciones |
| Contenido óptimo asfalto s/mezcla | 7.30 | 7.30 | 7.78 | 7.78 | | |
| Contenido óptimo asfalto s/agregado | 7.87 | 7.87 | 8.50 | 8.50 | | |
| Estabilidad | 1040 | 1371 | 860 | 1350 | | Mínimo de 800 kg |
| Flujo | 36.0 | 36.6 | 36.5 | 40.0 | De 20 a 40 (1/10 mm) | |
| Porcentaje de vacíos | 6.5 | 4.4 | 4.5 | 3.7 | | De 3.0 a 5.0 % |
| Densidad | 2170 | 2212 | 2190 | 2220 | | |
| Vacíos en agregado mineral | 16.8 | 18.7 | 16.5 | 18.8 | Mínimo de 12.0 a 14.0 % | |
| Vacíos llenos con asfalto | 81.3 | 78.4 | 72.7 | 80.3 | | De 65 a 75 % |
| Gbs agregado de diseño | 2.4175 | 2.521 | 2.4175 | 2.521 | | |
| razón polvo / asfalto | 0.84 | 0.84 | 0.78 | 0.78 | De 0.6 a 1.3 | |
| Estabilidad retenida a 24 horas | 96 | 86 | 83 | N.I. | Mínimo de 75% | |
| Vacíos en prueba estab. retenida | 8.1 | 2.8 | 5.9 | N.I. | No se indica (1) | |
| Comp. Uniaxial retenida a 24 horas | 70 | 83 | 79 | N.I. | | Mínimo de 75% |
| Vacíos en prueba comp. uniax. Ret. | 8.7 | 2.8 | 7.3 | N.I. | | No se indica (2) |

Notas:

(1) El procedimiento estándar recomienda un porcentaje de vacíos de 6.0 a 8.0 %

(2) Lo recomendable es obtener el contenido de vacíos de diseño o un valor más alto (este caso en particular).

La Tabla No. 2 adjunta presenta los resultados de la evaluación de durabilidad de la mezcla asfáltica analizada. Se presenta la información correspondiente a las pruebas de laboratorio realizadas por el LANAMME y las aportadas por el contratista.

7. CONCLUSIONES

Respecto al informe de diseño presentado por el contratista:

- El agregado de diseño satisface los requisitos de las especificaciones especiales y de las Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes.
- El contenido óptimo de asfalto recomendado por el contratista presenta un incumplimiento en el porcentaje de vacíos llenos con asfalto (76.4 %), respecto a la norma de las Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes para pavimentos de alto volumen de tránsito (65.0 a 75.0 %).
- Las pruebas de durabilidad fueron realizadas con un contenido de vacíos (2.8 %), que determina un incumplimiento en las especificaciones de los ensayos respectivos: estabilidad retenida y resistencia a la compresión uniaxial. Adicionalmente, todas las pruebas de durabilidad fueron realizadas con agregado pasado por el quemador (muestra tomada en planta).

Respecto a la verificación del diseño de mezcla:

- El agregado de diseño satisface los requisitos de las especificaciones especiales. Existe un incumplimiento en cuanto al porcentaje de vacíos no compactados (35.3 %) en el agregado fino (mínimo de 45.0 % según modificación de la Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes).
- Se determinó un contenido óptimo de asfalto con una diferencia de 0.48 % por peso total de mezcla, con respecto al contenido óptimo de asfalto indicado en el informe de diseño de mezcla. Tal diferencia se puede explicar en la variabilidad experimental y diferencias naturales en las características del agregado y ligante asfáltico muestreado.
- Se encontró un incumplimiento en la prueba de resistencia a la compresión uniaxial retenida, al utilizar agregado de apilamiento (dosificado según proporciones de diseño), con el contenido óptimo de asfalto presentado por el contratista. Se debe observar, sin embargo, que el contenido de vacíos de los especímenes fallados superó el contenido de vacíos sugerido para la prueba (6.0 a 8.0 %). De esta manera, se recomienda dar un seguimiento cuidadoso a la prueba de resistencia a la compresión uniaxial retenida a lo largo de la producción (certificados de control de calidad y pruebas de verificación de la calidad).



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

ANEXO II

PRUEBAS DE VERIFICACION DE LA CALIDAD DE

MEZCLA ASFALTICA

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Resumen de resultados para la verificación de la calidad de mezcla asfáltica.

Proyecto de rehabilitación de la Autopista Braulio Carrillo.

| Muestreo | | BC-1 (890) | BC-2 (891) | BC-4 (893) | BC-5 (894) | BC-3 (892) | BC-7 (908) | BC-6 (907) | BC-9 (938) | | |
|--|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------|------------------------------------|
| | | mezcla | | |
| Fecha de muestreo | | 6/1/99 | 6/1/99 | 7/1/99 | 8/1/99 | 11/1/99 | 11/1/99 | 12/1/99 | 22/1/1999 | Especificaciones CR-77 | Tolerancias al diseño de mezcla |
| Temperatura de muestreo (°C) | | 160 | 150 | 150 | 150 | 158 | 156 | 156 | 155 | | |
| Estabilidad (kg) | | 1426 | 1407 | 1491 | 1487 | 1486 | 1282 | 1490 | 2065 | Minimo 700 kg | |
| Flujo (1/100 cm) | | 36 | 36 | 36 | 36 | 34 | 39 | 38 | 29 | De 20 a 40 (1/10 mm) | |
| Vacios en la mezcla (%) | | 3.8 | 4.1 | 4.8 | 3.7 | 2.7 | 6.4 | 4.9 | 6.0 | De 3.0 a 5.0 % | |
| Gravedad espec. bruta | | 2.274 | 2.252 | 2.258 | 2.270 | 2.292 | 2.227 | 2.241 | 2.341 | | |
| Gravedad espec. máxima teórica | | 2.363 | 2.348 | 2.372 | 2.358 | 2.355 | 2.353 | 2.356 | 2.491 | | |
| % asfalto s/ mezcla | | 7 | 6.64 | 6.44 | 6.3 | 6.61 | 6.89 | PEND. | PEND. | | 6.80 a 7.80 |
| % asfalto s/ agregado | | 7.61 | 7.21 | 6.96 | 6.73 | 7.16 | 7.49 | PEND. | PEND. | | 7.37 a 8.37 |
| Granulometría de la extracción (% pasando) | 19.0 mm | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | PEND. | PEND. | 100% | 100% |
| | 9.5 mm | 83 | 82 | 79 | 79 | 84 | 83 | PEND. | PEND. | 70 a 90 % | 82 a 90 % |
| | No. 4 | 57 | 55 | 52 | 51 | 55 | 53 | PEND. | PEND. | 50 a 70 % | 51 a 59 % |
| | No. 8 | 37 | 36 | 31 | 34 | 37 | 33 | PEND. | PEND. | 35 a 50 % | 35 a 39 % |
| | No. 50 | 14 | 13 | 11 | 13 | 14 | 12 | PEND. | PEND. | 10 a 20 % | 10 a 15 % |
| | No. 200 | 7.8 | 6.8 | 4.8 | 9.0 | 8.2 | 8.0 | PEND. | PEND. | 3 a 8 % | 4.1 a 8.0 % |
| RPS | | 25 | 25 | 24 | 24 | 23 | 31 | 25 | 25 | | |
| RCS | | 7 | 6 | 5 | 7 | 9 | 9 | 5 | 5 | | |
| VAM (%) | | 16.1 | X | 16.2 | 15.6 | 15.1 | 17.7 | PEND. | PEND. | Minimo de 12.0 a 14.0% | Minimo de 12.0 % a |
| VFA (%) | | 76.4 | X | 70.4 | 76.3 | 82.1 | 69.6 | PEND. | PEND. | Entre 65 y 75 % | |
| Razón polvo-asfalto | | 1.11 | X | 0.75 | 1.43 | 1.24 | 1.16 | PEND. | PEND. | | 0.60 a 1.30 |

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Resumen de resultados para la evaluación de la durabilidad de mezcla asfáltica.

Proyecto de rehabilitación de la Autopista Braulio Carrillo.

| Muestreo | BC-1 (890) | BC-2 (891) | BC-4 (893) | BC-5 (894) | BC-3 (892) | BC-7 (908) | BC-6 (907) | BC-9 (938) | | | |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|-----------------------------------|--|
| | mezcla | mezcla | | |
| Fecha de muestreo | 6/1/99 | 6/1/99 | 7/1/99 | 8/1/99 | 11/1/99 | 11/1/99 | 12/1/99 | 22/1/1999 | | Especificaciones CR-77 | Tolerancias al diseño de mezcla |
| Temperatura de muestreo (°C) | 160 | 150 | 150 | 150 | 158 | 156 | 156 | PEND. | | | |
| Compresión uniaxial | | | | | | | | | | | |
| Resistencia (kg/m2) | X | X | X | X | X | X | X | PEND | | | |
| Vacios (%) | X | X | X | X | X | X | X | PEND | | De 6.0 a 8.0 % | |
| Resistencia retenida (%) | X | X | X | X | X | X | X | PEND | | Mínimo de 75.0 % | |
| Estabilidad | | | | | | | | | | | |
| Vacios (%) | X | X | X | X | X | X | X | PEND | | De 3.0 a 5.0 % | |
| Estabilidad retenida (%) | X | X | X | X | X | X | X | PEND | | Mínimo de 75.0 % | |

Nota:

- (1) Los valores en fondo sombreado representan incumplimientos a las especificaciones vigentes.
- (2) Para el cálculo del VAM se utilizó la gravedad específica del agregado reportada en el informe de diseño de mezcla aportado por el contratista.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

ANEXO III

PRUEBAS DE VERIFICACION DE COMPACTACION **EN SITIO**

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
VERIFICACION DE COMPACTACIONES

| | |
|--|--------------------------|
| Ruta # <u>32</u> | Fecha: <u>8-ene-99</u> |
| Tramo: <u>Autopista Braulio Carrillo</u> | Hora: <u>9:00 AM</u> |
| Estación de control: _____ | Densímetro # <u>2031</u> |
| Contratista: <u>Pedregal</u> Planta: <u>Pedregal</u> | Licitación # _____ |
| Fecha de inicio de construcción: <u>Ene-99</u> | Zona # _____ |
| Estación 0+000: <u>Puente al frente del Estadio Ricardo Saprissa</u> | |
| Estación Final: <u>0+550</u> | |

Resumen de datos de densidades

| |
|---|
| Promedio General: <u>2160</u> |
| Máximo registrado: <u>2223</u> |
| Mínimo registrado: <u>2048</u> |
| Coeficiente de Variación Estándar: <u>43.62</u> |

Observaciones

Personas presentes:

| | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| Ingeniero Consultor: | _____ |
| Ingeniero de proyecto: | _____ |
| Inspector de LANAMME: | _____ |
| Ingeniero del LANAMME: | <u>Daniel Solís y Mauricio Salas</u> |
| Representante de Contratista: | _____ |
| Representante del laboratorio: | _____ |

Características

| | |
|------------------------------------|------------|
| Velocidad de compactador: | <u>Ton</u> |
| Frecuencia y vibración: | _____ |
| Número de pasadas: | _____ |
| Espesor máximo de bache o carpeta: | <u>cm</u> |
| Temperatura antes de compactar: | <u>°C</u> |
| Acabado superficial del bache: | _____ |
| Tipo de distribuidor de asfalto: | _____ |

Comentarios respecto a la ejecución del proyecto:

Copia al inspector: SI NO

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
RESULTADO DE VERIFICACION DE COMPACTACION EN SITIO

| | | |
|--|---------------------------|--|
| Código # <u>32</u> | Fecha: <u>8-ene-99</u> | |
| Tramo: <u>Autopista Braulio Carrillo</u> | Hora: <u>9:00 AM</u> | |
| Estación de control: _____ | Densímetro # <u>2031</u> | |
| Contratista: <u>Pedregal</u> Planta: <u>Pedregal</u> | Licitación # _____ | |
| Fecha de inicio de construcción: <u>Ene-99</u> | Zona # _____ | |
| Estación 0+000: <u>Puente al frente del Estadio Ricardo Saprissa</u> | | |
| Estación Final: <u>0+550</u> | | |
| Profundidad de medición: <u>5 cm</u> | Tiempo: <u>1 min</u> | |
| Densidad Optima Marshall (kg/m ³): <u>2212</u> | No. de lecturas: <u>3</u> | |
| Método de muestreo: <u>Números Aleatorios</u> | Parametro #1: <u>7219</u> | |
| Tamaño de arena: <u>SI</u> | Parametro #2: <u>2289</u> | |

| Estación | # bache | Densidad (kg/m ³) | | Espesor del núcleo (cm) | Factor de calibración | Densidad calibrada (kg/m ³) | % de compactación |
|-------------------|---------|-------------------------------|--------|-------------------------|-----------------------|---|-------------------|
| | | Prom. Nuclear | Núcleo | | | | |
| 0+075 | 1 (1) | 2068 | 2181 | 11.0 | 1.05 | 2181 | 99 |
| 0+1000 | 2 | 2073 | | | | 2156 | 97 |
| 0+130 | 3 | 1969 | | | | 2048 | 93 |
| 0+170 | 4 | 2054 | | | | 2136 | 97 |
| 0+200 | 5 | 2063 | | | | 2146 | 97 |
| 0+300 | 6 | 2089 | | | | 2173 | 98 |
| 0+375 | 7 (2) | 2124 | 2143 | 9.0 | 1.01 | 2143 | 97 |
| 0+450 | 8 | 2052 | | | | 2134 | 96 |
| 0+550 | 9 (3) | 2037 | 2142 | 7.0 | 1.05 | 2142 | 97 |
| 0+450 | 10 (4) | 2037 | 2223 | 7.0 | 1.09 (*) | 2223 | 100 |
| 0+375 | 11 | 2119 | | | | 2204 | 100 |
| 0+300 | 12 | 2121 | | | | 2206 | 100 |
| 0+200 | 13 (5) | 2100 | 2208 | 6.0 | 1.05 | 2208 | 100 |
| 0+120 | 14 | 2047 | | | | 2129 | 96 |
| 0+080 | 15 | 2087 | | | | 2170 | 98 |
| Promedio | | 2069 | 2179 | 3 | 1.04 | 2160 | 98 |
| Desv. Std. | | 41 | 37 | 2 | 0.02 | 44 | 2 |
| Máximo | | 2124 | 2223 | 11 | 1.05 | 2223 | 100 |
| Mínimo | | 1969 | 2142 | 6 | 1.01 | 2048 | 93 |

NOTAS:

- 1) (5) Núcleos 1 a 5
- Se elimina para el calculo del factor de calibración



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
 VERIFICACION DE COMPACTACIONES

| | |
|--|--------------------------|
| Ruta # <u>32</u> | Fecha: <u>14-ene-99</u> |
| No. no: <u>Autopista Braulio Carrillo</u> | Hora: <u>10:30 AM</u> |
| Ubicación de control: _____ | Densímetro # <u>2031</u> |
| Contratista: <u>Pedregal</u> Planta: <u>Pedregal</u> | Licitación # _____ |
| Fecha de inicio de construcción: <u>Ene-99</u> | Zona # _____ |
| Estación 0+000: <u>Intersección San Luis (Sentido San José -Limón)</u> | |
| Estación Final: <u>0+150</u> | |

Resumen de datos de densidades

| | |
|----------------------|--------------|
| Promedio General: | <u>2141</u> |
| Máximo registrado: | <u>2230</u> |
| Mínimo registrado: | <u>2039</u> |
| Desviación Estándar: | <u>52.36</u> |

Observaciones

Personas presentes:

| | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| Ingeniero Consultor: | _____ |
| Ingeniero de proyecto: | _____ |
| Inspector de LANAMME: | _____ |
| Ingeniero del LANAMME: | <u>Daniel Solís y Mauricio Salas</u> |
| Representante de Contratista: | _____ |
| Representante del laboratorio: | _____ |

Características

| | |
|-----------------------------------|------------|
| Relaje de compactador: | <u>Ton</u> |
| Hay vibración: | _____ |
| Numero de pasadas: | _____ |
| Esesor máximo de bache o carpeta: | <u>cm</u> |
| Temperatura antes de compactar: | <u>°C</u> |
| Acabado superficial del bache: | _____ |
| Tipo de distribuidor de asfalto: | _____ |

Comentarios respecto a la ejecución del proyecto:

¿Satisfecho al inspector: **SI** **NO**

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
RESULTADO DE VERIFICACION DE COMPACTACION EN SITIO

Cita # 32
 Sitio: Autopista Braulio Carrillo
 Estación de control: _____
 Contratista: Pedregal Planta: Pedregal
 Fecha de inicio de construcción: Ene-99

Fecha: 14-ene-99
 Hora: 10:30 AM
 Densímetro # 2031
 Licitación # _____
 Zona # _____

Estación 0+000: Intersección de San Luis (Sentido San José - Limón)
 Estación Final: _____

Profundidad de medición: 6 cm
 Densidad Optima Marshall (kg/m³): 2212
 Método de muestreo: Números Aleatorios
 Tipo de arena: SI

Tiempo: 1 min
 No. de lecturas: 3
 Parámetro #1: 7225
 Parámetro #2: 2282

| Estación | # bache | Densidad (kg/m ³) | | Espesor del núcleo (cm) | Factor de calibración | Densidad calibrada (kg/m ³) | % de compactación |
|----------|---------|-------------------------------|--------|-------------------------|-----------------------|---|-------------------|
| | | Prom. Nuclear | Núcleo | | | | |
| 0+00 | 1 | 2023 | | | | 2165 | 98 |
| 0+175 | 2 | 2023 | 2131 | 7.00 | 1.05 | 2165 | 98 |
| 0+250 | 3 | 2039 | | | | 2182 | 99 |
| 0+300 | 4 | 2052 | | | | 2196 | 99 |
| 0+375 | 5 | 2068 | | | | 2213 | 100 |
| 0+450 | 6 | 2084 | | | | 2230 | 101 |
| 0+500 | 7 | 2041 | | | | 2184 | 99 |
| 0+575 | 8 | 1941 | 2090 | 7.50 | 1.08 | 2077 | 94 |
| 0+650 | 9 | 1980 | | | | 2119 | 96 |
| 0+725 | 10 | 2012 | | | | 2153 | 97 |
| 0+800 | 11 | 1978 | | | | 2116 | 96 |
| 0+875 | 12 | 1972 | 2111 | 6.00 | 1.07 | 2110 | 95 |
| 0+950 | 13 | 2013 | | | | 2154 | 97 |
| 1+000 | 14 | 1978 | | | | 2116 | 96 |
| 1+100 | 15 | 2078 | | | | 2223 | 101 |
| 1+150 | 16 | 2054 | 2246 | 7.00 | 1.09 | 2198 | 99 |

Mediciones de 15 de enero

Estación de control: _____

| | | | | | | | |
|-------------------|----|------|------|------|------|---------|--------|
| 1+275 | 17 | 1930 | | | | 2065 | 93 |
| 1+300 | 18 | 1981 | 2136 | 6.50 | 1.08 | 2120 | 96 |
| 1+325 | 19 | 1989 | | | | 2128 | 96 |
| 1+350 | 20 | 1941 | | | | 2077 | 94 |
| 1+375 | 21 | 1985 | | | | 2124 | 96 |
| 1+400 | 22 | 2013 | 2108 | 7.50 | 1.05 | 2154 | 97 |
| 1+425 | 23 | 1941 | | | | 2077 | 94 |
| 1+450 | 24 | 1917 | | | | 2051 | 93 |
| 1+475 | 25 | 2018 | | | | 2159 | 98 |
| 1+500 | 26 | 2039 | | | | 2182 | 99 |
| 1+525 | 27 | 1906 | 2079 | 7.00 | 1.09 | 2039 | 92 |
| 1+550 | 28 | 2028 | | | | 2170 | 98 |
| Promedio | | 2001 | 2129 | 6.93 | 1.04 | 2140.92 | 96.79 |
| Desv. Std. | | 49 | 56 | 0.53 | 0.02 | 52.36 | 2.37 |
| Máximo | | 2084 | 2246 | 7.50 | 1.09 | 2229.88 | 100.81 |
| Mínimo | | 1906 | 2079 | 6.00 | 1.05 | 2039.42 | 92.20 |

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y
MODELOS ESTRUCTURALES**

**Informe de verificación de la calidad
para el proyecto de rehabilitación de la
Autopista Próspero Fernández**



ENERO DE 1999



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

INFORME DE VERIFICACION DE LA CALIDAD PARA EL PROYECTO DE REHABILITACION DE LA AUTOPISTA PROSPERO FERNANDEZ

1 - DETALLES DEL MUESTREO REALIZADO.

Este informe contiene resultados del análisis experimental de las muestras de materiales descritas en la Tabla No. 1 adjunta.

Tabla No. 1: Resumen de muestras de materiales analizadas.

| FECHA | TIPO MATERIAL | SITIO MUESTREO | ESTADO ENSAYOS |
|----------|------------------|---------------------------|----------------|
| 9/12/98 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 10/12/98 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 16/12/98 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 18/12/98 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 22/12/98 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 4/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 5/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 6/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 7/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |

Nota: además se hicieron muestreos de los agregados de apilamiento y de ligante asfáltico del tanque de la planta.

Adicionalmente se presentan los resultados del muestreo de la compactación en sitio, correspondientes a la información descrita en la Tabla No. 2 adjunta.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Tabla No. 2: Resumen de información para muestreo de compactación en sitio.

| FECHA MUESTREO | FECHA CONSTRUCCION | LONGITUD TRAMO (m) |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------|
| 15/12/98 | Diciembre 98 | 1200 m |
| 5/1/99 | Diciembre 98 | Varios tramos de longitud variable |
| 17/1/99 | Diciembre 98 | 255 m |

2 - RESUMEN DE INFORMACION.

El presente informe contiene resultados correspondientes a los siguientes tipos de ensayos:

- Revisión del diseño de mezcla / verificación de las propiedades del agregado de diseño.
- Pruebas de verificación de la calidad de mezcla asfáltica.
- Pruebas de verificación de compactación en sitio.

3 - DETALLE DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE VERIFICACION.

La Tabla No. 3 hace referencia al detalle de resultados de los ensayos de verificación de la calidad realizados.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Tabla No. 3: Detalle de resultados de los ensayos de verificación de la calidad.

| TIPO DE ENSAYO | REFERENCIA |
|--|-------------------|
| Revisión del diseño de mezcla / propiedades del agregado de diseño | Anexo I |
| Pruebas de verificación de la calidad de mezcla asfáltica | Anexo II |
| Pruebas de verificación de compactación en sitio | Anexo III |

4 - COMENTARIOS FINALES

Los ensayos de laboratorio presentados corresponden a las pruebas de verificación de la calidad, el control de calidad es responsabilidad del contratista y debe ser suministrado a la Ingeniería de Proyecto, para evaluar la posibilidad de pago total o parcial de las obras realizadas.

**MSCE. MBA. Pedro Castro Fernández,
Coordinador, Laboratorio de Mezclas y
Ligantes Bituminosos, LANAMME,
Universidad de Costa Rica.**



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

ANEXO I

VERIFICACION DEL DISEÑO DE MEZCLA Y **DE LAS PROPIEDADES DEL AGREGADO DE** **DISEÑO**

VERIFICACION DE DISEÑO DE MEZCLA

Informe de diseño de mezcla presentado por el contratista M & S, con informe de laboratorio fechado 23 de noviembre de 1998, para su aplicación en los proyectos de rehabilitación de autopistas.

1. CARACTERISTICAS DEL MUESTREO

Se muestrearon los siguientes materiales:

- Piedra cuartilla del Quebrador La Esmeralda, de Guápiles.
- Piedra quinta del Quebrador La Esmeralda, de Guápiles.
- Piedra chorro del Quebrador Piedra Grande, de Guápiles.

En los apilamientos y tanque de ligante asfáltico de la planta MECO de La Uruca, en diciembre de 1998.

2. PREPARACION DE AGREGADOS

Una vez recibidos los agregados se proporcionaron en combinación de 72 % piedra chorro, 18 % piedra quinta y 10 % piedra cuartilla.

Del material proporcionado se tomaron muestras para realizar lo siguiente:

1. Prueba de granulometría, por la vía húmeda.
2. Pruebas de aceptación del agregado.
3. Reproducción del diseño de mezcla.
4. Evaluación de la durabilidad de la mezcla asfáltica con el contenido óptimo de asfalto sugerido por el contratista y determinado experimentalmente por el LANAMME.

3. PRUEBAS EN LOS AGREGADOS

Se presenta un resumen general de la información de las pruebas de aceptación en el agregado dosificado de acuerdo con las proporciones de diseño (72 % de piedra chorro, 18 % de piedra quinta y 10 % de piedra cuartilla), en la Tabla No. 1 adjunta.

Debe considerarse que en la Tabla No. 1 se han incluido los resultados de los ensayos de aceptación presentados por el contratista para el material de apilamiento, sin que correspondan directamente los respectivos para el agregado de diseño, pues el agregado de diseño contiene agregados de apilamiento de diferentes fuentes (La Esmeralda y Piedra Grande).

**Tabla No. 1: Resumen de resultados para agregado dosificado según informe de diseño:
Verificación de las pruebas de aceptación.
Proyecto de rehabilitación de la Autopista Próspero Fernández.**

| PRUEBA | unidades | tamices | AGREGADO MECO (1) | | Especificación graduación B CR-77 | Rangos de tolerancia |
|------------------------------|-----------|----------|-------------------|---------|-----------------------------------|----------------------|
| | | | LANAMME | MECO | | |
| Granulometría | % pasando | 25.4 mm | 100 | 100 | 100 | |
| | % pasando | 19.0 mm | 99.8 | 100 | 100 | 100 |
| | % pasando | 12.50 mm | 89.5 | 89 | 90-100 | 90-95 |
| | % pasando | 9.50 mm | 72 | 74 | 70-90 | 69-79 |
| | % pasando | No. 4 | 46.7 | 50 | 50-70 | 50-74 |
| | % pasando | No. 8 | 30.7 | 32 | 30-40 | 30-36 |
| | % pasando | No. 16 | 20.6 | 21 | | |
| | % pasando | No. 30 | 13.2 | 15 | 12-22 | 12-19 |
| | % pasando | No. 50 | 8.5 | 10 | 10-20 | 10-13 |
| % pasando | No. 200 | 3.7 | 5.1 | 3-8 | 3.1-7.1 | |
| PRUEBAS DE ACEPTACION | | | | | | |
| Gbs grueso | | | 2.58 | 2.597 | | |
| Gbs fino | | | 2.57 | 2.629 | | |
| Gbs ponderado | | | 2.575 | 2.61 | | |
| % absorción grueso | % | | 2.47 | 2.9 | | |
| % absorción fino | % | | 3.05 | 2.37 | | |
| vacíos en finos no comp. | % | | 36.4 | 45 | mínimo 45 | |
| abrasión en grueso | % | | 21.3 | 23.2 | máximo 40 | |
| caras fracturadas grueso | % | | 100 | 96 | 90 mínimo | |
| límite plasticidad fino | % | | NP | NP | máximo 4 | |
| equivalente arena fino | % | | 73.6 | 75 | mínimo 50 | |
| sanidad con sulfato de sodio | % | | 4.82 | 4.7 | máximo 15 | |
| partículas elongadas grueso | % | | 0 | 2.3 | menor a 10 | |
| partículas friables fino | % | | No hay | 0.6 (2) | máximo 4 | |

Notas:

- (1) Las pruebas de aceptación presentadas por el contratista se refieren al agregado de apilamiento, las pruebas de aceptación realizadas por el LANAMME se refieren al agregado proporcionado de acuerdo con el diseño de mezcla, de manera que se evalúan las propiedades del agregado de diseño.
- (2) Se presentan los resultados de partículas friables para el agregado fino.
- (3) En estilo sombreado se presentan los valores que determinan un incumplimiento de especificaciones generales o desviaciones de los valores de diseño significativas (superiores al rango de tolerancia, en el caso de las granulometrías).
- (4) El agregado muestreado se dosificó 72 % chorro de piedra, 18 % piedra quinta y 10 % piedra cuartilla.

4. CRIBADO DE AGREGADO

Para la revisión del diseño de mezcla y evaluación de la durabilidad para la mezcla con el contenido óptimo de asfalto se cribó y reprodujo la curva granulométrica propuesta por el contratista, a partir del agregado dosificado según proporciones de diseño.

5. MEZCLADO Y COMPACTACION

Para la mezcla de las muestras se utilizó una temperatura de mezclado de 153°C, mientras que la temperatura de compactación fue 144°C. Se aplicó un período de curado a 135°C durante 4 horas, previo a la compactación de las muestras.

El diseño de mezcla se verificó, de acuerdo con las siguientes características.

- 4 pastillas por contenido de asfalto.
- Contenidos de asfalto de 5.5 %, 6.0 %, 6.5 %, 7.0 % y 7.5 % por peso total de agregado.
- Gravedad específica máxima teórica para 7.0 % de contenido de asfalto sobre el agregado, con corrección por absorción del agregado. Los valores de gravedad específica máxima teórica para los restantes porcentajes de asfalto fueron estimados a partir de las proporciones de agregado y asfalto, con base en la gravedad específica efectiva del agregado de diseño.

Las curvas para la verificación del diseño de mezcla se presentan en la Figura No. 1 adjunta.

La Tabla No. 2 adjunta contrasta las características de la verificación del diseño de mezcla (LANAMME) con el diseño de mezcla (M & S). Se comparan los resultados para el contenido óptimo de asfalto determinado por el LANAMME (7.50 % por peso total de agregado), con respecto a los resultados para el contenido óptimo de asfalto presentado por M & S (6.95 % por peso total de agregado).

Tabla No. 2: Verificación del diseño de mezcla presentado por el contratista.

Autopista Próspero Fernández.

| Pruebas de laboratorio | Contenido óptimo de asfalto informe MECO | | Contenido óptimo de asfalto análisis LANAMME | | Especificaciones contractuales | |
|--|--|----------|--|-------|--------------------------------|------------------------|
| | LANAMME | MECO | LANAMME | MECO | Cartel licitatorio | CR-77 y modificaciones |
| Contenido óptimo asfalto s/mezcla | 6.50 | 6.50 | 6.98 | 6.98 | | |
| Contenido óptimo asfalto s/agregado | 6.95 | 6.95 | 7.50 | 7.50 | | |
| Propiedades con óptimo de asfalto | | | | | | |
| Estabilidad | 1425 | 1120 | 1350 | 1056 | | Mínimo de 800 kg |
| Flujo | 29.0 | 35.8 | 29.0 | 38.9 | De 20 a 40 (1/10 mm) | |
| Porcentaje de vacíos | 5.8 | 4.1 | 4.5 | 2.9 | | De 3.0 a 5.0 % |
| Densidad | 2270 | 2334 | 2280 | 2346 | | |
| Vacíos en agregado mineral | 17.6 | 16.5 | 17.6 | 16.5 | Minimo de 12.0 a 14.0 % | |
| Vacíos llenos con asfalto | 68.7 | 75.2 | 74.5 | 82.4 | | De 65 a 75 % |
| Gbs agregado de diseño | 2.575 | 2.612 | 2.575 | 2.612 | | |
| razón polvo / asfalto | 0.78 | 0.78 | 0.73 | 0.73 | De 0.6 a 1.3 | |
| Pruebas de durabilidad | | | | | | |
| Estabilidad retenida a 24 horas | X | N.I. | X | X | Minimo de 75% | |
| Vacíos en prueba estab. retenida | X | N.I. | X | X | No se indica (1) | |
| Comp. uniaxial retenida a 24 horas | 70 | N.I. (3) | X | X | | Mínimo de 75% |
| Vacíos en prueba comp. uniax. Ret. | 7.6 | N.I. | X | X | | No se indica (2) |

Notas:

- (1) El procedimiento estándar aplica para especímenes con el contenido de vacíos de diseño.
- (2) El procedimiento estándar aplica para contenidos de vacíos de 6.0 a 8.0 %.
- (3) Se presenta el resultado del ensayo de resistencia a la tensión diametral retenida, que es de 81.0 %, con 6.5 % de vacíos y con una saturación de vacíos del 62 %.



**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA METODO MARSHALL
MECO-PROSPERO FERNÁNDEZ.**

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

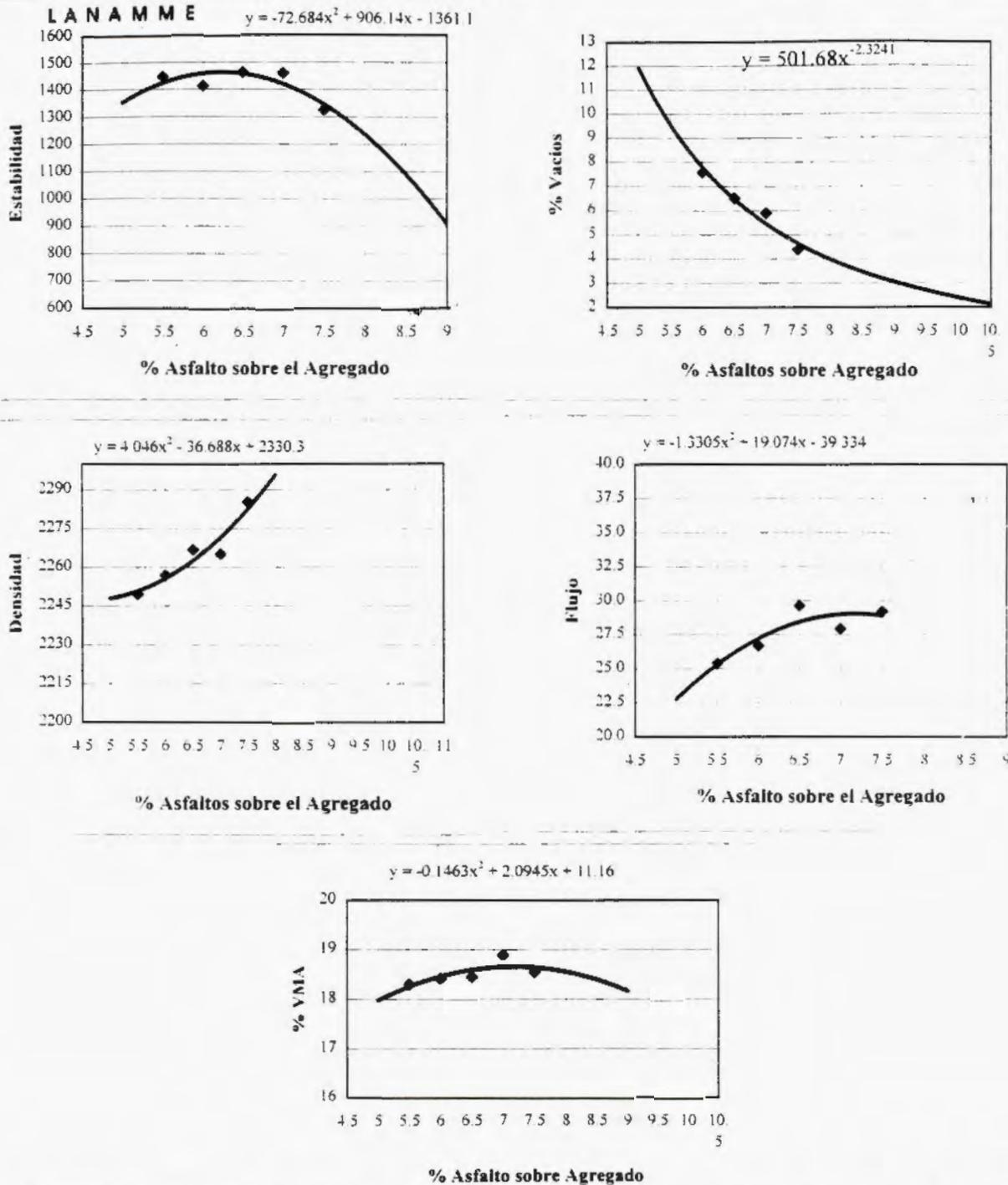


Figura No. 1: Verificación de las curvas de diseño, diseño de mezcla de la empresa M & S, del 23 de noviembre de 1998.

6. PRUEBAS DE DURABILIDAD

Se realizaron las pruebas de estabilidad retenida y resistencia a la compresión uniaxial retenida, utilizando el contenido óptimo de asfalto presentado por el contratista (6.95 %) por peso de agregado.

Los especímenes condicionados fueron almacenados en un baño a 60°C durante 24 horas, previo a su falla.

La Tabla No. 2 adjunta presenta los resultados de la evaluación de durabilidad de la mezcla asfáltica analizada. Se presenta la información correspondiente a las pruebas de laboratorio realizadas por el LANAMME y las aportadas por el contratista.

7. CONCLUSIONES

Respecto al informe de diseño presentado por el contratista:

- El informe de diseño de mezcla no incluye los resultados de los ensayos de aceptación para el agregado de diseño. Se incluyen los resultados de tales ensayos para el agregado de apilamiento. En este caso el agregado de apilamiento proviene de dos fuentes diferentes.
- El porcentaje de agregado pasando la malla de 12.70 mm (89 %) está fuera de norma (90 a 100 %).
- El contenido óptimo de asfalto recomendado por el contratista presenta un porcentaje de vacíos llenos con asfalto (75.2%), prácticamente en el límite superior normado en las Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes para pavimentos de alto volumen de tránsito (65.0 a 75.0 %). Es de esperar, por lo tanto, que por la variabilidad natural del proceso constructivo se presente un importante porcentaje de incumplimiento para este parámetro.
- No se adjuntan los resultados de los ensayos de estabilidad y resistencia a la compresión uniaxial retenidas.

Respecto a la verificación del diseño de mezcla:

- El agregado de diseño satisface los requisitos de las especificaciones especiales. Existe un incumplimiento en cuanto al porcentaje de vacíos no compactados (36.4 %) en el agregado fino (mínimo de 45.0 % según modificación de la Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes).

- Se determinó un contenido óptimo de asfalto con una diferencia de 0.50 % por peso total de mezcla, con respecto al contenido óptimo de asfalto indicado en el informe de diseño de mezcla. Tal diferencia se puede explicar en la variabilidad experimental y diferencias naturales en las características del agregado y ligante asfáltico muestreado.
- La resistencia a la compresión uniaxial retenida se ubica justo en el límite especificado (70.0 %), con el contenido óptimo de asfalto sugerido por el contratista. La tendencia de la resistencia a la compresión uniaxial retenida es a decrecer conforme disminuye el contenido de asfalto, de manera que es de esperar un incumplimiento por durabilidad (resistencia a la compresión uniaxial por debajo de la norma) en la producción de mezcla asfáltica con un contenido de asfalto menor al sugerido por el contratista (6.50 % por peso total de mezcla), a pesar de que tal contenido de asfalto se ubique dentro del rango de tolerancia.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

ANEXO II

PRUEBAS DE VERIFICACION DE LA CALIDAD DE

MEZCLA ASFALTICA

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Resumen de resultados para la verificación de la calidad de mezcla asfáltica.

Proyecto de rehabilitación de la Autopista Próspero Fernández.

| Muestreo | | PF-1 (870) | (874) | PF-5 (879) | PF-6 (878) | PF-9 (888) | PF-10 (887) | PF-8 (886) | PF-12 (896) | PF-11 (895) | Especificaciones CR-77 | Tolerancias al diseño de mezcla |
|--|---------|---------------|----------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------------------|------------------------------------|
| Fecha de muestreo | | 9/12/98 | 10/12/98 | 16/12/98 | 18/12/98 | 22/12/98 | 4/1/99 | 5/1/99 | 6/1/99 | 7/1/99 | Mínimo 700 kg | |
| Estabilidad (kg) | | 1603 | X | 1328 | 1679 | 1770 | 1702 | 1653 | 1851 | 1718 | | |
| Flujo (1/100 cm) | | 34 | X | 31 | 30 | 32 | 31 | 32 | 32 | 30 | | De 20 a 40 (1/100 cm) |
| Vacios en la mezcla (%) | | 6.8 | X | 4.6 | 4.1 | 6.1 | 6.7 | 6.4 | 6.3 | 7.2 | | De 3.0 a 5.0 % |
| % asfalto s/ mezcla | | 6.07 | 6.48 | X | 6.92 | 6.07 | X | 4.80 | 6.10 | 4.89 | | 6.00 a 7.00 |
| % asfalto s/ agregado | | 6.34 | 6.77 | X | 6.41 | 6.46 | X | 5.04 | 6.37 | 4.81 | | 6.45 a 7.45 |
| Granulometría de la extracción (% pasando) | 19.0 mm | 100 | 100 | X | 100 | 100 | X | 100 | 100 | 100 | 100% | 100% |
| | 9.5 mm | 76 | 75 | X | 80 | 73 | X | 73 | 74 | 74 | 70 a 90 % | 70 a 79 % |
| | No. 4 | 50 | 50 | X | 57 | 49 | X | 47 | 50 | 44 | 50 a 70 % | 50 a 54 % |
| | No. 8 | 35 | 35 | X | 40 | 34 | X | 34 | 35 | 30 | 30 a 40 % | 30 a 36 % |
| | No. 50 | 13 | 13 | X | 14 | 12 | X | 11 | 12 | 11 | 12 a 22 % | 10 a 14 % |
| | No. 200 | 6 | 6 | X | 6 | 6 | X | 5.0 | 6.0 | 5.0 | 3 a 8 % | 3.1 a 7.1 % |
| RPS | | 21 | X | 24 | 18 | 18 | 18 | 21 | 17 | 17 | | |
| RCS | | 4 | X | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | | |
| VAM (%) | | 15.0 | X | X | 14.9 | 15.0 | X | 15.5 | 15.0 | 14.6 | | mínimo de 12.0 % a 14.00% |
| VFA (%) | | 62.6 | X | X | 72.5 | 59.3 | X | 58.7 | 64.6 | 50.6 | | |
| Razón polvo-asfalto | | 1.18 | 0.92 | X | 1.01 | 1.18 | X | 1.04 | 1.18 | 1.09 | | 0.60 a 1.30 |

Nota:

- (1) Los valores en fondo sombreado representan incumplimientos a las especificaciones vigentes.
- (2) Para el cálculo del VAM se utilizó la gravedad específica del agregado reportada en el informe de diseño de mezcla aportado por el contratista.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

ANEXO III

PRUEBAS DE VERIFICACION DE COMPACTACION **EN SITIO**

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
VERIFICACION DE COMPACTACIONES

| | |
|--|--|
| Fecha # <u>27</u> Sitio: <u>Autopista Próspero Fernández</u> Estación de control: _____ Contratista: <u>MECO</u> Planta: <u>MECO</u> Fecha de inicio de construcción: <u>Diciembre de 1998</u> | Fecha: <u>15-dic-98</u> Hora: <u>10:00 AM</u> Densímetro # <u>2031</u> Licitación # <u>0</u> Zona # <u>0</u> |
|--|--|

Estación 0+000: Peaje
 Estación Final: 1+630

| Resumen de datos de densidades | |
|--------------------------------|--------------|
| Promedio General: | <u>2280</u> |
| Máximo registrado: | <u>2339</u> |
| Mínimo registrado: | <u>2218</u> |
| Desviación Estándar: | <u>36.63</u> |

| Observaciones |
|--|
| Personas presentes: Ingeniero Consultor: _____ Ingeniero de proyecto: _____ Inspector de LANAMME: <u>Sevilla</u> Ingeniero del LANAMME: <u>Mauricio Salas, Daniel Solís, Guillermo Loría</u> Representante de Contratista: _____ Representante del laboratorio: _____ |

| Características | |
|------------------------------------|------------|
| Tonelaje de compactador: | <u>Ton</u> |
| Hay vibración: | _____ |
| Número de pasadas: | _____ |
| Espesor máximo de bache o carpeta: | <u>cm</u> |
| Temperatura antes de compactar: | <u>°C</u> |
| Acabado superficial del bache: | _____ |
| Tipo de distribuidor de asfalto: | _____ |

Comentarios respecto a la ejecución del proyecto:
 Las mediciones 1 y 2 se realizaron a una profundidad de 5 cm.

Copia al inspector: SI NO

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
RESULTADO DE VERIFICACION DE COMPACTACION EN SITIO

| | |
|--|---------------------------|
| Estación: 27 | Fecha: 15-dic-98 |
| Contratista: Autopista Próspero Fernández | Hora: 10:00 AM |
| Control: | Densímetro #: 2031 |
| Planta: MECO | Licitación #: |
| Planta: MECO | Zona #: |
| Inicio de construcción: Diciembre de 1998 | |
| Estación 0+000: Peaje | |
| Estación Final: 1+630 | |
| Profundidad de medición: 7.5 cm | Tiempo: 1min |
| Densidad Optima Marshall (kg/m³): 2334 | No. de lecturas: 3 |
| Método de muestreo: Números Aleatorios | Parámetro #1: 7159 |
| Uso de arena: SI | Parámetro #2: 2272 |

| Estación | # bache | Densidad (kg/m ³) | | Espesor del núcleo (cm) | Factor de calibración | Densidad calibrada (kg/m ³) | % de compactación |
|------------------|---------|-------------------------------|--------|-------------------------|-----------------------|---|-------------------|
| | | Prom.Nuclear | Núcleo | | | | |
| 0+400 | 1 (*) | 2191 | 2327 | 5 | 1.06 | 2327 | 100 |
| 0+450 | 2 | 2186 | | | | 2339 | 100 |
| 0+500 | 3 | 2106 | | | | 2253 | 97 |
| 0+550 | 4 | 2089 | | | | 2235 | 96 |
| 0+605 | 5 | 2134 | | | | 2283 | 98 |
| 0+660 | 6 | 2105 | | | | 2252 | 97 |
| 0+710 | 7 | 2110 | | | | 2258 | 97 |
| 0+750 | 8 | 2183 | | | | 2336 | 100 |
| 0+800 | 9 | 2122 | | | | 2271 | 97 |
| 0+850 | 10 | 2166 | | | | 2318 | 99 |
| 0+903 | 11 | 2117 | | | | 2265 | 97 |
| 0+957 | 12 (*) | 2161 | 2320 | 5 | 1.07 | 2320 | 99 |
| 1+005 | 13 | 2073 | | | | 2218 | 95 |
| 1+051 | 14 | 2100 | | | | 2247 | 96 |
| 1+102 | 15 | 2167 | | | | 2319 | 99 |
| 1+551 | 16 | 2137 | | | | 2287 | 98 |
| 1+571 | 17 | 2095 | | | | 2242 | 96 |
| 1+603 | 18 | 2122 | | | | 2271 | 97 |
| 1+630 | 19 | 2127 | | | | 2276 | 98 |
| Promedio | | 2131 | 2324 | 5 | 1.07 | 2280 | 98 |
| Desv.Std. | | 35 | 5 | 0 | 0.01 | 37 | 1.57 |
| Máximo | | 2191 | 2327 | 5 | 1.07 | 2339 | 100.22 |
| Mínimo | | 2073 | 2320 | 5 | 1.06 | 2218 | 95.03 |

(*) Medida con núcleo disponible

NOTA: Estos ensayos son los únicos de verificación de densidad para este período.
 El Contratista debe demostrar con los ensayos solicitados en el contrato, la calidad de sus obras para que el ingeniero calcule el grado de cumplimiento y autorice el pago. El Contratista que no realice auto-control se expone al mayor castigo de parte del ingeniero encargado porque no demostró su calidad.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
VERIFICACION DE COMPACTACIONES

Fecha: 5-ene-99

Fernández

Hora: 9:30 AM

Densímetro # 2031

MECO

Planta: MECO

Licitación #

construcción: Dic - 98

Zona #

200 m antes de la estación del peaje

0+160

Resumen de datos de densidades

General: 2198

registrado: 2409

registrado: 2040

Estándar: 86.33

Observaciones

presentes:

Ingeniero Consultor:

Ingeniero de proyecto:

Inspector de LANAMME: Sevilla

Ingeniero del LANAMME: Mauricio Salas y Daniel Solís

Representante de Contratista: Manuel Mora

Representante del laboratorio:

Características

Velocidad de compactador: Ton

Frecuencia de vibración:

Número de pasadas:

Espesor máximo de bache o carpeta: cm

Temperatura antes de compactar: °C

Acabado superficial del bache:

Tipo de distribuidor de asfalto:

Comentarios respecto a la ejecución del proyecto:

El inspector comentó que se colocó mezcla de Pedregal.

Copia al inspector: SI NO

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
RESULTADO DE VERIFICACION DE COMPACTACION EN SITIO

| | |
|--|---------------------------|
| Ruta # <u>27</u> | Fecha: <u>5-ene-99</u> |
| Tramo: <u>Autopista Próspero Fernández</u> | Hora: <u>9:30 AM</u> |
| Sección de control: _____ | Densímetro # <u>2031</u> |
| Contratista: <u>MECO</u> Planta: <u>MECO</u> | Licitación # _____ |
| Fecha de inicio de construcción: <u>Dic-99</u> | Zona # _____ |
| Estación 0+000: <u>200 m antes del peaje</u> | |
| Estación Final: <u>0+160</u> | |
| Profundidad de medición: <u>6 cm</u> | Tiempo: <u>1 min</u> |
| Densidad Optima Marshall (kg/m ³): <u>2334</u> | No. de lecturas: <u>3</u> |
| Método de muestreo: <u>Números Aleatorios</u> | Parámetro #1: <u>7167</u> |
| Uso de arena: <u>SI</u> | Parámetro #2: <u>2260</u> |

| Estación | # bache | Densidad (kg/m ³) | | Espesor del núcleo (cm) | Factor de calibración | Densidad calibrada (kg/m ³) | % de compactación |
|------------------|---------|-------------------------------|--------|-------------------------|-----------------------|---|-------------------|
| | | Prom.Nuclear | Núcleo | | | | |
| 0+015 | 1 | 1943 | | | | 2040 | 87 |
| 0+025 | 2 | 2042 | | | | 2144 | 92 |
| 0+040 | 3 | 2076 | | | | 2180 | 93 |
| 0+055 | 4 (3) | 2108 | 2328 | 6 | 1.10 | 2328 | 100 |
| 0+060 | 5 | 2017 | | | | 2118 | 91 |
| 0+080 | 6 | 2151 | | | | 2259 | 97 |
| 0+115 | 7 | 2073 | | | | 2177 | 93 |
| 0+125 | 8 | 2294 | | | | 2409 | 103 |
| 0+140 | 9 (4) | 2082 | 2228 | 6 | 1.07 | 2228 | 95 |
| 0+160 | 10 | 2066 | | | | 2169 | 93 |
| 0+000 (*) | 11 (5) | 2143 | 2179 | 6 | 1.02 | 2179 | 93 |
| 0+020 | 12 | 2118 | | | | 2224 | 95 |
| 0+040 | 13 | 2114 | | | | 2220 | 95 |
| 0+080 | 14 | 2161 | | | | 2269 | 97 |
| 2+100(1) | 15 | 2049 | | | | 2151 | 92 |
| 2+150 | 16 | 2029 | | | | 2130 | 91 |
| 2+200 | 17 (6) | 1961 | 2290 | 6 | 1.17 | 2290 | 98 |
| 2+250 | 18 | 2065 | | | | 2168 | 93 |
| 0+000 (2) | 19 | 2018 | | | | 2119 | 91 |
| 0+020 | 20 (7) | 2004 | 2282 | 6 | 1.14 | 2282 | 98 |
| 0+040 | 21 | 2113 | | | | 2219 | 95 |
| 0+060 | 22 | 1964 | | | | 2062 | 88 |
| Promedio | | 2072 | 2261.4 | 6 | 1.05 | 2198 | 94 |
| Desv.Std. | | 79 | 58.3 | 0 | 0.06 | 86 | 4 |
| Máximo | | 2294 | 2328.0 | 6 | 1.17 | 2409 | 103 |
| Mínimo | | 1943 | 2179.0 | 6 | 1.02 | 2040 | 87 |

NOTAS:

(*) Este estacionamiento inicia frente a la construcción del Hosp. CIMA-San José

(1) Este estacionamiento está frente a una construcción del empresa CPM

(2) Este estacionamiento inicia frente a los laboratorios RAVEN

(3)...(7) Núcleos extraídos

Para el cálculo del Factor de Calibración se tomará en cuenta solo los núcleos de las notas (4) y (5)

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
VERIFICACION DE COMPACTACIONES

| | |
|--|--------------------------|
| Ruta # 27 | Fecha: 17-ene-99 |
| Tramo: Autopista Próspero Fernández | Hora: 9:30 AM |
| Sección de control: | Densímetro # 2031 |
| Contratista: MECO Planta: MECO | Licitación # 0 |
| Fecha de inicio de construcción: Dic-98 | Zona # 0 |
| Estación 0+000: Cruce hacia la intersección de San Antonio de Belén | |
| Estación Final: 0+255 | |

Resumen de datos de densidades

| |
|-----------------------------------|
| Promedio General: 2222 |
| Máximo registrado: 2325 |
| Mínimo registrado: 2149 |
| Desviación Estándar: 49.15 |

Observaciones

Personas presentes:

Ingeniero Consultor: _____

Ingeniero de proyecto: _____

Inspector de LANAMME: _____

Ingeniero del LANAMME: Daniel Solís, Mauricio Salas, Guillermo Loría

Representante de Contratista: _____

Representante del laboratorio: _____

Características

Tonelaje de compactador: Ton _____

Hay vibración: _____

Número de pasadas: _____

Espesor máximo de bache o carpeta: cm _____

Temperatura antes de compactar: °C _____

Acabado superficial del bache: _____

Tipo de distribuidor de asfalto: _____

Comentarios respecto a la ejecución del proyecto:

Copia al inspector: NO

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
RESULTADO DE VERIFICACION DE COMPACTACION EN SITIO

| | |
|--|---------------------------|
| Ruta # <u>27</u> | Fecha: <u>17-ene-99</u> |
| Tramo: <u>Autopista Próspero Fernández</u> | Hora: <u>9:30 AM</u> |
| Sección de control: _____ | Densímetro # <u>2031</u> |
| Contratista: <u>MECO</u> Planta: <u>MECO</u> | Licitación # <u>0</u> |
| Fecha de inicio de construcción: <u>Dic-98</u> | Zona # <u>0</u> |
| Estación 0+000: <u>Cruce hacia la intersección de San Antonio de Belén</u> | |
| Estación Final: <u>0+255</u> | |
| Profundidad de medición: <u>6 cm</u> | Tiempo: <u>1 min</u> |
| Densidad Optima Marshall (kg/m ³): <u>2334</u> | No. de lecturas: <u>3</u> |
| Método de muestreo: <u>Números Aleatorios</u> | Parámetro #1: _____ |
| Uso de arena: <u>SI</u> | Parámetro #2: _____ |

| Estación | # bache | Densidad (kg/m ³) | | Espesor del núcleo (cm) | Factor de calibración | Densidad calibrada (kg/m ³) | % de compactación |
|------------------|---------|-------------------------------|--------|-------------------------|-----------------------|---|-------------------|
| | | Prom.Nuclear | Núcleo | | | | |
| 0+035 | 1 | 2047 | | | | 2149 | 92 |
| 0+055 | 2 | 2092 | | | | 2197 | 94 |
| 0+075 | 3 | 2134 | | | | 2241 | 96 |
| 0+095 | 4 | 2050 | | | | 2153 | 92 |
| 0+115 | 5 | 2122 | 2221 | 6 | 1.05 | 2221 | 95 |
| 0+135 | 6 | 2108 | | | | 2213 | 95 |
| 0+155 | 7 | 2087 | 2209 | 6 | 1.06 | 2209 | 95 |
| 0+175 | 8 | 2161 | | | | 2269 | 97 |
| 0+195 | 9 | 2110 | | | | 2216 | 95 |
| 0+215 | 10 | 2159 | | | | 2267 | 97 |
| 0+235 | 11 | 2097 | | | | 2202 | 94 |
| 0+255 | 12 | 2214 | | | | 2325 | 100 |
| Promedio | | 2115 | 2215 | 6 | 1.05 | 2222 | 95 |
| Desv.Std. | | 48 | 8.49 | 0 | 0.01 | 49 | 2 |
| Máximo | | 2214 | 2221 | 6 | 1.06 | 2325 | 100 |
| Mínimo | | 2047 | 2209 | 6 | 1.05 | 2149 | 92 |

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y
MODELOS ESTRUCTURALES**

**Informe de verificación de la calidad
para el proyecto de rehabilitación de la
Autopista Florencio del Castillo**



ENERO DE 1999



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

INFORME DE VERIFICACION DE LA CALIDAD PARA EL PROYECTO DE REHABILITACION DE LA AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO

1 - DETALLES DEL MUESTREO REALIZADO.

Este informe contiene resultados del análisis experimental de las muestras de materiales descritas en la Tabla No. 1 adjunta.

Tabla No. 1: Resumen de muestras de materiales analizadas.

| FECHA | TIPO MATERIAL | SITIO MUESTREO | ESTADO ENSAYOS |
|----------|------------------|---------------------------|-------------------------|
| 3/12/98 | Bache seco | Planta | Concluidos |
| 8/12/98 | Bache seco | Planta | Concluidos |
| 9/12/98 | Bache seco | Planta | Concluidos |
| 22/12/98 | Bache seco | Planta | Concluidos |
| 5/1/99 | Bache seco | Planta | Concluidos |
| 6/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Parcialmente concluidos |
| 7/1/99 | Bache seco | Planta | Concluidos |
| 8/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Parcialmente concluidos |
| 11/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 12/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Concluidos |
| 13/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Parcialmente concluidos |
| 20/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Parcialmente concluidos |
| 20/1/99 | Bache seco | Planta | Concluidos |
| 21/1/99 | Mezcla asfáltica | Vagoneta cargada / planta | Parcialmente concluidos |

Nota: además se hicieron muestreos de los agregados de apilamiento y de ligante asfáltico del tanque de la planta.

Adicionalmente se presentan los resultados del muestreo de la compactación en sitio, correspondientes a la información descrita en la Tabla No. 2 adjunta.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Tabla No. 2: Resumen de información para muestreo de compactación en sitio.

| FECHA MUESTREO | FECHA CONSTRUCCION | LONGITUD TRAMO (m) |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| 10/12/98 | Diciembre 98 | 30 m |
| 11/1/99 | Enero 99 | 100 m |

2 - RESUMEN DE INFORMACION.

El presente informe contiene resultados correspondientes a los siguientes tipos de ensayos:

- Verificación de las propiedades del agregado de diseño.
- Pruebas de verificación de la calidad de mezcla asfáltica.
- Pruebas de verificación de compactación en sitio.

3 - DETALLE DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE VERIFICACION.

La Tabla No. 3 hace referencia al detalle de resultados de los ensayos de verificación de la calidad realizados.

Tabla No. 3: Detalle de resultados de los ensayos de verificación de la calidad.

| TIPO DE ENSAYO | REFERENCIA |
|---|-------------------|
| Verificación de las propiedades del agregado de diseño | Anexo I |
| Pruebas de verificación de la calidad de mezcla asfáltica | Anexo II |
| Pruebas de verificación de compactación en sitio | Anexo III |



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

4 – COMENTARIOS FINALES

Los ensayos de laboratorio presentados corresponden a las pruebas de verificación de la calidad, el control de calidad es responsabilidad del contratista y debe ser suministrado a la Ingeniería de Proyecto, para evaluar la posibilidad de pago total o parcial de las obras realizadas.

Los resultados pendientes serán reportados en un futuro informe de resultados, así como el resultado de la revisión del diseño de mezcla.

**MSCE. MBA. Pedro Castro Fernández,
Coordinador, Laboratorio de Mezclas y
Ligantes Bituminosos, LANAMME,
Universidad de Costa Rica.**



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

ANEXO I

VERIFICACION DE LAS

PROPIEDADES DEL AGREGADO DE DISEÑO

Resumen de resultados para agregado dosificado según informe de diseño:

Verificación de las pruebas de aceptación.

Proyecto de rehabilitación de la Autopista Florencio del Castillo.

| PRUEBA | unidades | tamices | AGREGADO CONANSA (1) | | Especificación graduación B CR-77 | Rangos de tolerancia |
|---------------------------------------|-----------|----------|----------------------|---------|-----------------------------------|----------------------|
| | | | LANAMME | CONANSA | | |
| Granulometría | % pasando | 25.4 mm | 100 | 100 | 100 | |
| | % pasando | 19.0 mm | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | % pasando | 12.50 mm | 94.5 | N.I. | No aplica | No aplica |
| | % pasando | 9.50 mm | 79.3 | 82 | 70-90 | 77-87 |
| | % pasando | No. 4 | 49.9 | 61 | 50-70 | 57-65 |
| | % pasando | No. 8 | 34.4 | 45 | 35-50 | 41-48 |
| | % pasando | No. 16 | 23.1 | N.I. | No aplica | No aplica |
| | % pasando | No. 30 | 16 | N.I. | No aplica | No aplica |
| | % pasando | No. 50 | 11 | 13 | 10-20 | 10-17 |
| | % pasando | No. 200 | 5.7 | 4.3 | 3-8 | 3.0-6.3 |
| PRUEBAS DE ACEPTACION | | | | | | |
| Grueso | | | 2.600 | 2.676 | | |
| Fino | | | 2.620 | 2.599 | | |
| Grueso ponderado | | | 2.61 | 2.63 | | |
| Absorción grueso | % | | 2.58 | 1.5 | | |
| % absorción fino | % | | 2.61 | 2.4 | | |
| Abstracción en grueso | % | | 23.1 | N.I. | máximo 40 | |
| Fracturas grueso | % | | 98.3 | N.I. | mínimo 80 | |
| Macros no compactados fino | % | | N.I. | N.I. | | |
| Límite plasticidad fino | % | | N.P. | N.I. | máximo 4 | |
| Equivalente arena fino | % | | 80 | N.I. | mínimo 45 | |
| Unidad grueso | % | | 4.5 | N.I. | máximo 12 | |
| Unidad fino | % | | 6.7 | N.I. | | |
| Índice durabilidad grueso | % | | N.I. | N.I. | mínimo 35 | |
| Índice durabilidad fino | % | | 82 | N.I. | mínimo 35 | |
| Partículas elongadas grueso | % | | N.I. | N.I. | menor a 10 | |
| Residuo insoluble en carbonato grueso | % | | N.I. | N.I. | mínimo 25 | |

Notas:

- (1) Las pruebas de aceptación presentadas por el contratista se refieren al agregado de apilamiento, las pruebas de aceptación realizadas por el LANAMME se refieren al agregado proporcionado de acuerdo con el diseño de mezcla, de manera que se evalúan las propiedades del agregado de diseño. Los agregados de apilamiento son polvo de piedra, piedra quinta y piedra cuartilla, procedentes de Guápiles (no se especifica tajo).
- (2) En estilo sombreado se presentan los valores que determinan un incumplimiento de especificaciones generales o desviaciones de los valores de diseño significativas (superiores al rango de tolerancia, en el caso de las granulometrías).
- (3) El agregado muestreado se dosificó 88 % intermedio y 12 % finos, de acuerdo con dosificación utilizada en planta.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

ANEXO II

PRUEBAS DE VERIFICACION DE LA CALIDAD DE

MEZCLA ASFALTICA

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Reumen de resultados para la evaluación de la calidad de mezcla asfáltica.

Proyecto de rehabilitación de la Autopista Florencio del Castillo.

| Muestreo | | (851) | (857) | (858) | FC-6 (881) | FC-7 (882) | FC-9 (901) | FC-8 (900) | FC-10 (902) | (913) | (911) | (915) | (936) | FC-12 (948) | FC-11 (932) | Especificaciones CR-77 | Tolerancias al diseño de mezcla | |
|--|---------|------------|------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------|------------|---------|---------|----------------|----------------|---------------------------|------------------------------------|-----------|
| | | bache seco | bache seco | bache seco | bache seco | bache seco | mezcla | bache seco | mezcla | mezcla | bache seco | mezcla | mezcla | bache seco | mezcla | | | |
| Fecha de muestreo | | 3/12/98 | 8/12/98 | 9/12/98 | 22/12/98 | 5/1/99 | 6/1/99 | 7/1/99 | 8/1/99 | 11/1/99 | 12/1/99 | 13/1/99 | 20/1/99 | 20/1/99 | 21/1/99 | | | |
| Estabilidad (kg) | | X | X | X | X | X | 2289 | X | 2303 | 1832 | X | 1879 | 1805 | X | 1845 | Mínimo 700 kg | | |
| Flujo (1/100 cm) | | X | X | X | X | X | 31.0 | X | 28.0 | 33.0 | X | 30.0 | 28.0 | X | 27.0 | | De 20 a 40 (1/100 cm) | |
| Vacios en la mezcla (%) | | X | X | X | X | X | 4.6 | X | 6.3 | 6.8 | X | 4.1 | 5.4 | X | 5.0 | | De 3.0 a 5.0 % | |
| Gravedad esp. máxima teórica | | X | X | X | X | X | 2.471 | X | 2.471 | 2.477 | X | 2.458 | 2.487 | X | 2.492 | | | |
| % asfalto s/ mezcla | | X | X | X | X | X | PEND. | X | 5.32 | 5.29 | X | PEND. | PEND. | X | X | | 4.90 a 5.90 | |
| % asfalto s/ agregado | | X | X | X | X | X | PEND. | X | 5.73 | 5.69 | X | PEND. | PEND. | X | X | | 5.20 a 6.20 | |
| Granulometría de la extracción (% pasando) | 19.0 mm | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | PEND. | 100 | 100 | 100 | 100 | PEND. | PEND. | 100 | X | | 100% | 100% |
| | 9.5 mm | 84 | 83 | 83 | 85 | 82 | PEND. | 84 | 85 | 83 | 83 | PEND. | PEND. | 96 | X | | 70 a 90 % | 77 a 87 % |
| | No. 4 | 60 | 59 | 58 | 59 | 58 | PEND. | 58 | 58 | 55 | 60 | PEND. | PEND. | 59 | X | | 50 a 70 % | 57 a 65 % |
| | No. 8 | 46 | 44 | 43 | 42 | 40 | PEND. | 42 | 42 | 38 | 44 | PEND. | PEND. | 42 | X | | 35 a 50 % | 41 a 49 % |
| | No. 50 | 13 | 16 | 12 | 13 | 13 | PEND. | 16 | 15 | 14 | 12 | PEND. | PEND. | 17 | X | | 10 a 20 % | 10 a 17 % |
| No. 200 | 5.0 | 6.9 | 6.2 | 6.0 | 5.0 | PEND. | 6.3 | 6.6 | 6.7 | 4.3 | PEND. | PEND. | 7.7 | X | | 3 a 8 % | 3.0 a 6.3 % | |
| RPS | | X | X | X | X | X | 14 | X | 12 | 18 | X | 16 | 16 | X | 15 | | Máximo 48 | |
| RCS | | X | X | X | X | X | 3 | X | 2 | 3 | X | 4 | 3 | X | 3 | | Mínimo 8 | |
| VAM (%) | | X | X | X | X | X | PEND. | X | PEND. | 11.8 | X | PEND. | PEND. | X | X | | mínimo de 12.0 % a 14.00% | |
| VFA (%) | | X | X | X | X | X | PEND. | X | PEND. | 50.9 | X | PEND. | PEND. | X | X | | | |
| Razón polvo-asfalto | | X | X | X | X | X | PEND. | X | PEND. | 1.3 | X | PEND. | PEND. | X | X | | 0.60 a 1.30 | |
| Resist. a la comp. uniaxial (kg) | | X | X | X | X | X | 4879 | X | X | 4108 | X | 4216 | PEND. | X | PEND. | | | |
| Resist. a la comp. uniaxial retenida (%) | | X | X | X | X | X | 78 | X | X | 76 | X | 65 | PEND. | X | PEND. | | mínimo 75 % | |
| vacios para res. retenida (%) | | X | X | X | X | X | 6.3 | X | X | 7.0 | X | 6.5 | PEND. | X | PEND. | | Recomendado de 8.0 a 8.0 % | |
| Estabilidad retenida (%) | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 95 | X | X | | mínimo de 75 % | |
| vacios para est. retenida (%) | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 6.6 | X | X | | De 3.0 a 5.0 % | |

Notas:

(1) Los valores en fondo sombreado representan incumplimientos a las especificaciones vigentes.

(2) Para el cálculo del VAM se utilizó la gravedad específica del agregado reportada en el informe de diseño de mezcla aportado por el contratista.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

L A N A M M E

ANEXO III

PRUEBAS DE VERIFICACION DE COMPACTACION **EN SITIO**

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
RESULTADO DE VERIFICACION DE COMPACTACION EN SITIO

| | |
|--|---------------------------|
| Ruta # <u>2</u> | Fecha: <u>11-ene-99</u> |
| Tramo: <u>Autopista Florencio del Castillo</u> | Hora: <u>10:00 AM</u> |
| Sección de control: _____ | Densímetro # <u>2031</u> |
| Contratista: <u>CONANSA</u> Planta: <u>CONANSA</u> | Licitación # _____ |
| Fecha de inicio de construcción: <u>Enero 99</u> | Zona # _____ |
| Estación 0+000: <u>Puente Peatonal de San Diego</u> | |
| Estación Final: <u>0+200</u> | |
| Profundidad de medición: <u>5 cm</u> | Tiempo: <u>1 min</u> |
| Densidad Optima Marshall (kg/m ³): <u>2360</u> | No. de lecturas: <u>3</u> |
| Método de muestreo: <u>Números Aleatorios</u> | Parámetro #1: <u>2727</u> |
| Uso de arena: <u>SI</u> | Parámetro #2: <u>2298</u> |

| Estación | # bache | Densidad (kg/m ³) | | Espesor del núcleo (cm) | Factor de calibración | Densidad calibrada (kg/m ³) | % de compactación |
|------------------|---------|-------------------------------|--------|-------------------------|-----------------------|---|-------------------|
| | | Prom.Nuclear | Núcleo | | | | |
| 0+100 | 1 | 2052 | | | | 2196 | 93 |
| 0+110 (1) | 2 | 2015 | 2158 | 5 | 1.07 | 2156 | 91 |
| 0+121 | 3 | 2202 | | | | 2356 | 100 |
| 0+130 | 4 | 2175 | | | | 2327 | 99 |
| 0+140 | 5 | 2207 | | | | 2361 | 100 |
| 0+152 | 6 | 2073 | | | | 2218 | 94 |
| 0+162 (2) | 7 | 2005 | 2134 | 5 | 1.06 | 2145 | 91 |
| 0+172 | 8 | 2070 | | | | 2215 | 94 |
| 0+185 | 9 | 2076 | | | | 2221 | 94 |
| 0+200 | 10 | 2086 | | | | 2232 | 95 |
| Promedio | | 2096 | 2146 | 5 | 1.07 | 2243 | 95 |
| Desv.Std. | | 73 | 16.97 | 0 | 0.00 | 78 | 3 |
| Máximo | | 2207 | 2158 | 5 | 1.07 | 2361 | 100 |
| Mínimo | | 2005 | 2134 | 5 | 1.06 | 2145 | 91 |

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
 VERIFICACION DE COMPACTACIONES

| | |
|--|--------------------------|
| Ruta # <u>2</u> | Fecha: <u>10-dic-98</u> |
| Tramo: <u>Autopista Florencio del Castillo</u> | Hora: <u>11:00 AM</u> |
| Sección de control: _____ | Densímetro # <u>2031</u> |
| Contratista: <u>CONANSA</u> Planta: <u>CONANSA</u> | Licitación # _____ |
| Fecha de inicio de construcción: <u>Dic-98</u> | Zona # _____ |
| Estación 0+000: <u>Galera</u> | |
| Estación Final: <u>0+230</u> | |

Resumen de datos de densidades

Promedio General: 2290
 Máximo registrado: 2404.
 Mínimo registrado: 2156
 Desviación Estándar: 90.68

Observaciones

Personas presentes:

Ingeniero Consultor: _____
 Ingeniero de proyecto: _____
 Inspector de LANAMME: _____
 Ingeniero del LANAMME: _____
 Representante de Contratista: _____
 Representante del laboratorio: _____

Características

Tonelaje de compactador: Ton
 Hay vibración: _____
 Número de pasadas: _____
 Espesor máximo de bache o carpeta: cm
 Temperatura antes de compactar: °C
 Acabado superficial del bache: _____
 Tipo de distribuidor de asfalto: _____

Comentarios respecto a la ejecución del proyecto:

Solo se había trabajado en la rampa hasta la salidad de la pista.
 En la pista se encontraban cortando baches.

Copia al inspector: **SI** **NO**

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
RESULTADO DE VERIFICACION DE COMPACTACION EN SITIO

| | |
|--|---------------------------|
| Ruta # <u>2</u> | Fecha: <u>10-dic-98</u> |
| Tramo: <u>Autopista Florencio del Castillo</u> | Hora: <u>11:00 AM</u> |
| Sección de control: <u>0</u> | Densímetro # <u>2031</u> |
| Contratista: <u>CONANSA</u> Planta: <u>CONANSA</u> | Licitación # <u>0</u> |
| Fecha de inicio de construcción: <u>Dic-98</u> | Zona # <u>0</u> |
| Estación 0+000: <u>Galera</u> | |
| Estación Final: <u>0+230</u> | |
| Profundidad de medición: <u>5 cm</u> | Tiempo: <u>1 min</u> |
| Densidad Optima Marshall (kg/m ³): <u>2360</u> | No. de lecturas: <u>3</u> |
| Método de muestreo: <u>Números Aleatorios</u> | Parámetro #1: <u>7184</u> |
| Uso de arena: <u>SI</u> | Parámetro #2: <u>2267</u> |

| Estación | # bache | Densidad (kg/m ³) | | Espesor del núcleo (cm) | Factor de calibración | Densidad calibrada (kg/m ³) | % de compactación |
|------------------|---------|-------------------------------|---------|-------------------------|-----------------------|---|-------------------|
| | | Prom.Nuclear | Núcleo | | | | |
| 0+200 | 1 | 2034 | | | | 2156 | 91 |
| 0+210 | 2 | 2198 | | | | 2330 | 99 |
| 0+215 | 3 | 2161 | 2288 | 5 cm | 1.06 | 2288 | 97 |
| 0+225 | 4 | 2268 | | | | 2404 | 102 |
| 0+230 | 5 | 2143 | | | | 2272 | 96 |
| Promedio | | 2161 | 2288 | | 1.06 | 2290 | 97 |
| Desv.Std. | | 86 | #DIV/0! | | #DIV/0! | 91 | 4 |
| Máximo | | 2268 | 2288 | | 1.06 | 2404 | 102 |
| Mínimo | | 2034 | 2288 | | 1.06 | 2156 | 91 |

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
RESULTADO DE VERIFICACION DE COMPACTACION EN SITIO

| | |
|--|----------------------------|
| Ruta # <u>2</u> | Fecha: <u>15-Mar-99</u> |
| Tramo: <u>Autopista Florencio del Castillo</u> | Hora: <u>10:30 AM</u> |
| Sección de control: <u>0</u> | Densímetro # <u>1870</u> |
| Contratista: <u>CONANSA</u> Planta: <u>CONANSA</u> | Licitación # <u>0</u> |
| Fecha de inicio de construcción: <u>0-Jan-00</u> | Zona # <u>0</u> |
| Estación 0+000: <u>250 mt antes de Pasoca (sentido Cartago - San José)</u> | |
| Estación Final: <u>0+670</u> | |
| Profundidad de medición (cm): <u>6 cm</u> | Tiempo: <u>1 minuto</u> |
| Densidad Optima Marshall (kg/m ³): <u>2360</u> | No. de lecturas: <u>3</u> |
| Método de muestreo: <u>Números Aleatorios</u> | Parámetro #1: <u>0.69%</u> |
| Uso de arena: <u>SI</u> | Parámetro #2: <u>0.07%</u> |

| Estación | # bache | Densidad (kg/m ³) | | Espesor del núcleo (cm) | Factor de calibración | Densidad calibrada (kg/m ³) | % de compactación |
|------------------|---------|-------------------------------|--------|-------------------------|-----------------------|---|-------------------|
| | | Prom.Nuclear | Núcleo | | | | |
| 0+000 | 1 | 2182 | | | | 2268 | 96 |
| 0+050 | 2 | 2174 | 2333 | 7.5 | 1.07 | 2259 | 96 |
| 0+200 | 3 | 2153 | | | | 2238 | 95 |
| 0+220 | 4 | 2297 | | | | 2387 | 101 |
| 0+250 | 5 | 2252 | 2276 | 5.5 | 1.01 | 2341 | 99 |
| 0+270 | 6 | 2255 | | | | 2344 | 99 |
| 0+300 | 7 | 2244 | | | | 2332 | 99 |
| 0+500 | 8 | 2145 | | | | 2229 | 94 |
| 0+515 | 9 | 2225 | 2301 | 6.5 | 1.03 | 2312 | 98 |
| 0+540 | 10 | 2198 | | | | 2284 | 97 |
| 0+650 | 11 | 2202 | | | | 2289 | 97 |
| 0+670 | 12 | 2132 | | | | 2216 | 94 |
| Promedio | | 2205 | 2303 | 7 | 1.04 | 2292 | 97 |
| Desv.Std. | | 51 | 29 | 1 | 0.03 | 53 | 2 |
| Máximo | | 2297 | 2333 | 8 | 1.07 | 2387 | 101 |
| Mínimo | | 2132 | 2276 | 6 | 1.01 | 2216 | 94 |

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
 CONTRATACION DIRECTA
 VERIFICACION DE COMPACTACIONES

| | |
|--|--------------------------|
| Ruta # <u>2</u> | Fecha: <u>15-Mar-99</u> |
| Tramo: <u>Autopista Florencio del Castillo</u> | Hora: <u>10:30 AM</u> |
| Sección de control: _____ | Densímetro # <u>1870</u> |
| Contratista: <u>CONANSA</u> Planta: <u>CONANSA</u> | Licitación # _____ |
| Fecha de inicio de construcción: _____ | Zona # _____ |
| Estación 0+000: <u>250 mt antes de Pasoca (sentido Cartago - San José)</u> | |
| Estación Final: <u>0+670</u> | |

Resumen de datos de densidades

Promedio General: 2292
 Máximo registrado: 2387
 Mínimo registrado: 2216
 Desviación Estándar: 52.69

Observaciones

Personas presentes:

Ingeniero Consultor: _____
 Ingeniero de proyecto: _____
 Inspector de LANAMME: _____
 Ingeniero del LANAMME: Daniel Solís
 Representante de Contratista: _____
 Representante del laboratorio: _____

Características

Tonelaje de compactador: _____
 Hay vibración: _____
 Número de pasadas: _____
 Espesor máximo de bache o carpeta: _____
 Temperatura antes de compactar: _____
 Acabado superficial del bache: _____
 Tipo de distribuidor de asfalto: _____

Comentarios respecto a la ejecución del proyecto:

Copia al inspector: **SI** **NO**