



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE  
INFRAESTRUCTURA DEL  
TRANSPORTE

# Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-046-12

## EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE ESTABILIZADA Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

**PROYECTO: Mejoramiento de la Ruta Nacional Nº 3. Sección: San Francisco de Heredia- San Joaquín de Flores-Río Segundo de Alajuela. Licitación Pública No. 2008LN-000017-0DI00.**

INFORME FINAL

Preparado por:

Unidad de auditoría técnica



San José, Costa Rica  
Noviembre, 2012

<b>1. Informe</b> Informe Final de Auditoría Técnica LM-PI-AT-046-12	<b>2. Copia No.</b> 1	
<b>3. Título y subtítulo:</b> EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE ESTABILIZADA Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL PROYECTO MEJORAMIENTO DE LA RUTA NACIONAL N° 3. SECCIÓN: SAN FRANCISCO DE HEREDIA-SAN JOAQUÍN DE FLORES-RÍO SEGUNDO DE ALAJUELA. LICITACIÓN PÚBLICA NO. 2008LN-000017-0DI00	<b>4. Fecha del Informe</b> Noviembre 2012	
<b>7. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>8. Notas complementarias</b> De acuerdo con los procedimientos de auditoría técnica, se entregaron oficios dirigidos a la Ingeniería de Proyecto, por medio de los cuales se comunicaron oportunamente los resultados de ensayos de calidad al material de base estabilizada. El presente informe preliminar contiene una recopilación de los resultados de calidad realizados al material de base estabilizada. Los oficios enviados con los resultados son: LM-IC-D-0402-2012 del 30 de abril del 2012, el LM-IC-D-0628-2012 del 06 de junio del 2012 y el LM-IC-D- 1032-2012 del 03 de septiembre del 2012		
<b>9. Resumen</b> Los siguientes aspectos relacionados con resultados realizados a los materiales fueron comunicados oportunamente al Ingeniero de Proyecto. <u>En relación con el agregado de base estabilizada:</u> Los resultados de granulometría para la malla N°40 y N°200 del agregado para base estabilizada muestreado en el período enero a mayo 2012, evidencian una variabilidad mayor que la establecida para un factor de calidad de 100%, es decir una carencia de material fino según la especificación para estas mallas descrita en la sección 308.02 "Agregados" del CR-77 tanto en datos del LanammeUCR, como del Departamento de Calidad del CONAVI, en el caso del laboratorio de control de calidad (L.G.C. Ingeniería en Pavimentos S.A.) del contratista, no se presentan datos al respecto esto según los estacionamientos analizados. <u>En relación con los resultados obtenidos de resistencia a la compresión:</u> Para las muestras ensayadas de enero a mayo 2012, en los tres laboratorios, en resumen se obtuvo que una de las muestras presenta un valor menor al mínimo especificado y las otras, en general, valores muy lejanos al valor promedio de 40kg/cm <sup>2</sup> establecido para una BE-35 en el CR-77 para cumplir la especificación del CR-77. En el caso del material de base estabilizada, corresponde al Ingeniero de Proyecto realizar una revisión completa a partir de los resultados de verificación y control de calidad, para determinar su aceptación y respectivo pago. <u>En relación con la seguridad vial:</u> Durante las diferentes fases constructivas inspeccionadas en este estudio fue posible evidenciar que en las zonas de control del tránsito en obra no se establecieron las áreas de precaución, transición y terminación como se establece en el Manual de Dispositivos de Control Temporal del Tránsito y en Plan de Manejo del Tránsito aportado por el Contratista, ni se realizó la canalización del tránsito apropiada para realizar los trabajos de una forma segura para todos los usuarios de la vía. La demarcación horizontal y vertical temporal del proyecto es escasa y en algunas ocasiones no se utiliza correctamente. Durante las visitas realizadas se observó que la configuración de la colocación de las señales de tránsito y los elementos de canalización no van acorde con lo establecido en los documentos contractuales, las buenas prácticas de la ingeniería, lo recomendado en las normas internacionales ni lo mencionado en el Plan de Manejo del Tránsito aportado por el Contratista. Se pudo evidenciar que en el proyecto no se cuenta con zonas de protección ni las facilidades necesarias para que los peatones transiten seguramente a través de las zonas de construcción, lo cual toma mayor relevancia al considerar que es una zona residencial y comercial por lo que la cantidad de peatones es considerable. Por ello es necesario que los peatones cuenten con un espacio apropiado y debidamente señalado para poder transitar seguros, sin quedar expuestos a situaciones de riesgo, tanto por los vehículos que circulan por la vía, como por la maquinaria presente dentro de la zona de trabajo.		
<b>10. Palabras clave</b> Base Estabilizada, Calidad, Resistencia a la Compresión, Pago en función de la Calidad, Control del Tránsito en obra, Peatones, Seguridad Vial	<b>11. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>12. Núm. de páginas</b> 72

### INFORME DE AUDITORIA TÉCNICA EXTERNA

**Mejoramiento de la Ruta Nacional Nº 3. Sección: San Francisco de Heredia-San Joaquín de Flores-Río Segundo de Alajuela. Licitación Pública No. 2008LN-000017-0DI00**

**Departamento encargado del proyecto:** Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI

**Laboratorio de verificación de calidad:** Cuadrillas a cargo del Departamento de Calidad de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI

**Empresa contratista:** FCC CONSTRUCCION DE CENTROAMERICA

**Laboratorio de control de calidad:** L.G.C. Ingeniería de Pavimentos S.A.

**Monto original del contrato:** ₡12.732.375.786,59 (colones)

**Plazo original de ejecución:** 300 días naturales

**Longitud del proyecto:** 10,3 kilómetros

**Coordinador de Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA:**

Ing. Luís Guillermo Loría Salazar, PhD

**Coordinadora de auditoría técnica:**

Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc Eng.

**Audidores:**

Ing. Víctor Cervantes Calvo, Auditor adjunto

Ing. Francisco Fonseca Chaves, Auditor adjunto

Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo, Auditor líder

**Asesor Legal :**

Lic. Miguel Chacón Alvarado

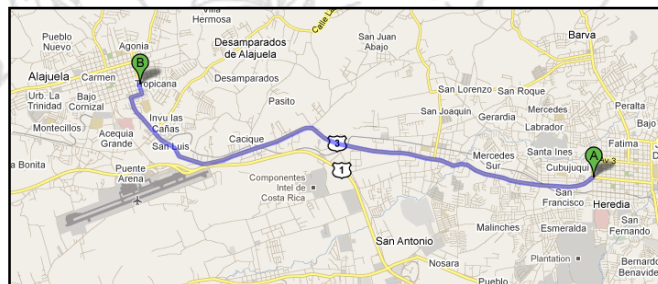
**Alcance del informe:**

El alcance de esta auditoría técnica se centró en la evaluación de la calidad del agregado para base estabilizada, así como de la resistencia a la compresión de la misma y la revisión del control del tránsito en obra

**Referencias:**

- Informes de laboratorio: I-0173-12, I-0323-12, I-0251-12, I-0395-12, I-0396-12, I-0462-12, I-495-12 e I-0547-12

**Ubicación de la ruta auditada:**



**Figura 1. Proyecto Ruta Nacional No. 3 Secciones: Heredia- Alajuela**

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. FUNDAMENTACIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>2. OBJETIVO Y METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA .....</b>	<b>8</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>4. ANTECEDENTES .....</b>	<b>12</b>
<b>5. ALCANCE DE LA AUDITORÍA TÉCNICA .....</b>	<b>14</b>
<b>6. RESPONSABLES DEL PROYECTO .....</b>	<b>15</b>
<b>7. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR .....</b>	<b>15</b>
<b>8. MARCO TEORICO .....</b>	<b>16</b>
<b>8.1 VALORACIÓN ESTADÍSTICA DE LA CALIDAD DEL TRABAJO REALIZADO. ....</b>	<b>17</b>
<b>8.2 REGULACIONES PARA LA SEGURIDAD VIAL EN ZONAS DE TRABAJO .....</b>	<b>19</b>
<b>8.3 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE ESTABILIZACIÓN O MEJORAMIENTO DE BASES.....</b>	<b>22</b>
<b>8.4 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA BASE ESTABILIZADA BE-35.....</b>	<b>24</b>
<b>9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-PI-AT-046B-12.....</b>	<b>27</b>
<b>10. HALLAZGOS Y OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA .....</b>	<b>28</b>
<b>10.1 RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA .....</b>	<b>28</b>
<b>A. ACLARACIONES SOBRE LOS DISEÑOS DE BASE ESTABILIZADA (BE-35) EN EL PROYECTO.....</b>	<b>28</b>
<b>B. SOBRE LOS RESULTADOS DEL MATERIAL GRANULAR UTILIZADO PARA LA BASE ESTABILIZADA DE ACUERDO A LOS DATOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADO POR EL LANAMMEUCR .....</b>	<b>31</b>
<b>C. SOBRE LOS RESULTADOS DEL MATERIAL GRANULAR UTILIZADO PARA LA BASE ESTABILIZADA DE ACUERDO AL CONTROL Y VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD .....</b>	<b>43</b>
<b>D. SOBRE LA DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE LA ZONA DE CONTROL TEMPORAL Y LA CANALIZACIÓN DEL TRÁNSITO .....</b>	<b>56</b>

<b>11. CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>12. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PROYECTO RUTA NACIONAL NO. 3 SECCIONES: HEREDIA- ALAJUELA. ....	11
FIGURA 2. COMPONENTES DE UNA ZONA DE CONTROL TEMPORAL DE TRÁNSITO.....	57
FIGURA 3. ESQUEMA DE COLOCACIÓN DE CONOS EN UNA ZONA DE TRABAJO .....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 RESUMEN DE PUNTOS DE MUESTREO REALIZADOS POR EL LABORATORIO DE INFRAESTRUCTURA CIVIL DEL LANAMMEUCR, PARA BASE ESTABILIZADA. ....	12
TABLA 2. TIPOS DE AGRIETAMIENTO ASOCIADOS A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS.....	26
TABLA 3. DATOS DE DISEÑO DE BASE ESTABILIZADA BE-35 UTILIZADOS EN EL PROYECTO...	30
TABLA 4. DATOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA BASE ESTABILIZADA BE-35 PARA LOS ESTACIONAMIENTOS ESTUDIADOS DEL PROYECTO HEREDIA-ÁLAJUELA, SEGÚN DATOS DEL LANAMMEUCR.....	33
TABLA 5. DATOS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS PARA CILINDROS DE BASE ESTABILIZADA BE-35 PARA ESTACIONAMIENTOS EN ESTUDIO DEL PROYECTO HEREDIA- ALAJUELA, SEGÚN LANAMMEUCR .....	38
TABLA 6. DATOS DE GRANULOMETRÍA PARA LA BASE ESTABILIZADA BE-35 PARA EL PROYECTO HEREDIA-ÁLAJUELA, SEGÚN ESTACIONAMIENTOS MUESTREADOS POR DEPARTAMENTO DE CALIDAD DE CONAVI.....	45
TABLA 7. RESUMEN DE DATOS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS PARA CILINDROS DE BASE ESTABILIZADA BE-35 PARA ESTACIONAMIENTO ESTUDIADOS DEL PROYECTO HEREDIA-ALAJUELA, SEGÚN DEPARTAMENTO DE CALIDAD DE CONAVI .....	49
TABLA 8. RESUMEN DE DATOS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS PARA CILINDROS DE BASE ESTABILIZADA BE-35 PARA ESTACIONAMIENTOS EN ESTUDIOS DEL PROYECTO HEREDIA-ALAJUELA, SEGÚN CONTROL DE CALIDAD (LGC) .....	52

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. INEXISTENCIA DE SEPARACIÓN ENTRE FLUJOS DE TRANSITO.....	58
FOTOGRAFÍA 2. INEXISTENCIA DE SEPARACIÓN ENTRE FLUJOS DE TRANSITO.....	58
FOTOGRAFÍA 3. FALTA DE CLARIDAD EN LA DEFINICIÓN DE LOS FRENTES DE TRABAJO.....	59
FOTOGRAFÍA 4. SEPARACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR Y LA ZONA DE TRABAJO .....	59
FOTOGRAFÍA 5. FALTA DE CLARIDAD EN LA DEFINICIÓN DE LOS FRENTES DE TRABAJO.....	59
FOTOGRAFÍA 6. SEPARACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR Y LA ZONA DE TRABAJO .....	59
FOTOGRAFÍA 7. CANALIZACIÓN VEHICULAR POR MEDIO DE CONOS A TRAVÉS DE UNA ZONA DE TRABAJO (HTTP://WWW.FREEFOTO.COM).....	60
FOTOGRAFÍA 8 . AUSENCIA DE ÁREA DE PREVENCIÓN TRANSICIÓN, DE TRABAJO Y TERMINACIÓN ESTABLECIDOS. ....	61
FOTOGRAFÍA 9. AUSENCIA DE ÁREA DE PREVENCIÓN TRANSICIÓN, DE TRABAJO Y TERMINACIÓN ESTABLECIDOS. ....	61
FOTOGRAFÍA 10 . AUSENCIA DE ÁREA DE PREVENCIÓN TRANSICIÓN, DE TRABAJO Y TERMINACIÓN ESTABLECIDOS. ....	62
FOTOGRAFÍA 11 . AUSENCIA DE ÁREA DE PREVENCIÓN TRANSICIÓN, DE TRABAJO Y TERMINACIÓN ESTABLECIDOS. ....	62
FOTOGRAFÍA 12. AUSENCIA DE ÁREA DE PREVENCIÓN TRANSICIÓN, DE TRABAJO Y TERMINACIÓN ESTABLECIDOS. ....	63
FOTOGRAFÍA 13. FALTA DE FACILIDADES PEATONALES, CONTROL DEL TRÁNSITO EN OBRA ..	63





## INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

### EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL MATERIAL PARA BASE ESTABILIZADA Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL PROYECTO MEJORAMIENTO DE LA RUTA NACIONAL N° 3. SECCIÓN: SAN FRANCISCO DE HEREDIA-SAN JOAQUÍN DE FLORES-RÍO SEGUNDO DE ALAJUELA. LICITACIÓN PÚBLICA NO. 2008LN-000017-0DI00

#### 1. FUNDAMENTACIÓN

La auditoría técnica externa a proyectos en ejecución para el sector vial, se realiza de conformidad con las disposiciones del artículo 6 de la Ley N°8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N°8603, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Asimismo, el proceso de auditoría técnica se fundamenta en el pronunciamiento C-087-2002 del 4 de abril del 2002, de la Procuraduría General de la República, que indica:

*“...la fiscalización que realiza la Universidad a través del Laboratorio es una fiscalización externa, que trasciende los contratos de mérito, y por ende, obras específicas, para abarcar la totalidad de la red nacional pavimentada (por ende, proyectos ya finiquitados) y que incluso podría considerarse “superior”, en el sentido en que debe fiscalizar también los laboratorios que realizan análisis de calidad, auditar proyectos en ejecución, entre otros aspectos, evaluar la capacidad estructural y determinar los problemas de vulnerabilidad y riesgos de esa red. Lo cual implica una fiscalización a quienes podrían estar fiscalizando proyectos concretos.” (El subrayado no es del texto original)*



## 2. OBJETIVO Y METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

El objetivo de esta auditoría técnica realizada en el proyecto “Mejoramiento de la Ruta Nacional No.3, Sección Heredia-Alajuela”, es dar a conocer a la Administración, desde el punto de vista externo y constructivo, situaciones observadas, con relación a la calidad de los materiales colocados en el proyecto específicamente base estabilizada, durante las diferentes visitas realizadas por el equipo de auditoría técnica al sitio de las obras y los aspectos que se desvían de los requerimientos normativos y buenas prácticas dentro del proceso de gestión del proyecto.

Se procura que este informe sea una herramienta que le permita a la Administración evaluar las condiciones en que se ha venido desarrollando el proyecto de manera que pueda contribuir a la toma de decisiones sobre aspectos que se deben considerar tanto en este proyecto, como en futuras obras viales para que se logren ejecutar de una manera eficiente, minimizando la posibilidad de atrasos en los plazos de conclusión, gastos adicionales que se presenten por aspectos previsibles y buscando siempre la calidad requerida y esperada en las obras de acuerdo con las especificaciones establecidas y que justifique la inversión realizada.

El presente informe tiene como objetivo realizar un análisis de los aspectos importantes en torno a la calidad de los materiales y específicamente, la calidad de los materiales de la base estabilizada colocada en el proyecto, en miras de la recepción definitiva del mismo. También se incluye dentro del informe, observaciones relacionadas con el control del tráfico en obra, el manejo de peatones en las zonas de trabajo, la señalización vial temporal en obra (vertical y horizontal), la señalización específica en cada frente de trabajo del proyecto y otros elementos de infraestructura vial.

Este informe se efectuó siguiendo los procedimientos de auditoría técnica, mediante la solicitud y revisión de la documentación del proyecto, así como la verificación en sitio de las condiciones indicadas anteriormente durante el proceso constructivo mediante visitas al sitio y ensayos de laboratorio para el agregado de base estabilizada.





Las actividades que fueron desarrolladas por el equipo de auditoría técnica consistieron en visitar los diversos frentes de trabajo y hacer una revisión de los documentos contractuales relacionados con el proyecto, así como programar muestreos al material de base estabilizada. Para la emisión de este informe se consideraron factores tales como: control y verificación de la señalización en sitios de obra y observaciones sobre el control vehicular y flujo peatonal a través de las zonas de trabajo durante la ejecución de la obra.

Se realizaron visitas de campo los días 30 de enero, 07, 14 y 28 de febrero, 06 de marzo, 13 y 17 de abril, 04, 25 y 31 de mayo y 01 de junio de 2012; con el propósito de observar el avance del proyecto, la aplicación de las buenas prácticas constructivas, también se prestó especial atención a la aplicación de prácticas de señalización temporal y control del tránsito usadas en el desarrollo de los trabajos en la vía. Los registros fotográficos que se muestran corresponden a situaciones puntuales que se presentan en el proyecto. La evidencia recopilada, se efectuó durante la revisión contractual y las visitas efectuadas al proyecto.

También se realizaron varios muestreos de material de base estabilizada a cargo del laboratorio de campo del LanammeUCR, en las siguientes fechas 07 y 28 de febrero, 13 y 17 de abril, 04 y 31 de mayo de 2012.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN

De acuerdo con el cartel de licitación, la vía existente antes del inicio de las obras, presentaba una superficie de ruedo asfaltada con espesor variable y con un ancho promedio de 7,0 (siete) metros. La topografía que presenta es relativamente plana con unas pequeñas ondulaciones, los radios de curvatura son aceptables en algunos sectores y otros deberán ser modificados, además el sistema de evacuación pluvial existente no es el más adecuado, lo que provoca el desbordamiento de las aguas llovidas sobre la carretera, afectando propiedades aledañas a la misma y la circulación vehicular y peatonal<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Licitación Pública No 2008LN-000017-0DI00 "Mejoramiento de la Ruta Nacional No3, sección: San Francisco de Heredia-San Joaquín de Flores Río Segundo-Alajuela"

El proyecto fue adjudicado en mayo de 2009 a la Constructora FCC CONSTRUCCION DE CENTROAMERICA S.A. y de acuerdo con el cartel de licitación, los trabajos a realizar consistían en:

- Construcción del puente nuevo sobre el río Burío.
- Construcción de dos alcantarillas de cuadro ubicadas aproximadamente en las estaciones 8+046B0 y 9+015.
- Demarcación vial horizontal con pintura y captaluces en toda la longitud del proyecto y colocación de señales verticales, de acuerdo con lo que se indica en los planos constructivos.

#### **Sección No 1 (0+000 a 8+400)**

- Excavar gavetas para ampliaciones de 55 cm. de profundidad respecto al nivel actual de rasante
- Colocar SB (sub-base) con espesor de 30cm.
- Colocar sobre SB (sub-base), material granular hasta la rasante actual.
- Estabilizar el material para lograr una base estabilizada (BE-35) de 25cm.
- Colocar una carpeta asfáltica de 16 cm de espesor compactada en dos capas.

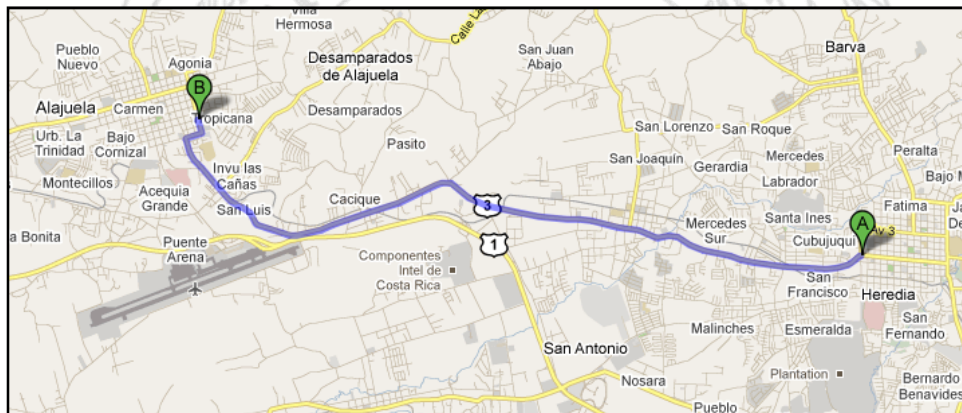
#### **Sección No 2. (8+400 hasta final)**

- Perfilar los primeros 10 cm de carpeta existente
- Con la adición de cemento Pórtland y con el uso de una recuperadora de caminos, estabilizar para lograr un BE-35 de 25 cm de espesor compactado.
- Colocar una carpeta asfáltica de 0,16 (cero coma dieciséis) metro de espesor compactado (en dos capas).

Los planos constructivos de la carretera y su diseño fueron elaborados por CACISA Ingenieros Consultores S.A., empresa contratada por el CONAVI mediante Licitación por Registro N° 032-2002.

El monto original del contrato es de  $\text{¢}12.732.375.786,59$  (colones), y el plazo de ejecución inicial es de 300 días naturales contados a partir de la orden de inicio, que según la Orden de Servicio N° 1, se dio el 23 de febrero de 2010.

La longitud total del proyecto es de 10,3 kilómetros aproximadamente y se ubica en la Ruta Nacional N°3 que comunica las provincias de Heredia y Alajuela. Inicia en la Estación de Servicio CASAQUE (acceso oeste de la ciudad de Heredia), sigue al oeste hacia la ciudad de San Joaquín de Flores, atraviesa la comunidad de Río Segundo de Alajuela hasta la intersección del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría y continúa por la calle que atraviesa el INVU Las Cañas, hasta terminar en el entronque con la calle Ancha en Alajuela contiguo a la Estación de Servicio de Combustible “La Tropicana”, como se puede observar en la siguiente figura (Ver Figura 2Figura 2).



**Figura 2.** Proyecto Ruta Nacional No. 3 Secciones: Heredia- Alajuela.  
Fuente: Google Earth, 2011.

#### 4. ANTECEDENTES

En el período enero a mayo del 2012 se realizaron los muestreos y ensayos al material de base estabilizada del proyecto de mejoramiento sobre la Ruta Nacional N° 3, sección: Heredia-Alajuela. Los muestreos del material de base estabilizada se realizaron a lo largo del proyecto en la sección que corresponde a la ciudad de Alajuela (10+300) y la ciudad de Río Segundo de Alajuela (7+140).

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los puntos de muestreo para base estabilizada, con sus respectivas fechas de recepción de muestra, estacionamientos y el informe de ensayo correspondiente realizados por el Laboratorio de Infraestructura Civil del LanammeUCR y que se presentan en el Anexo 1.

**Tabla 1** Resumen de puntos de muestreo realizados por el Laboratorio de Infraestructura Civil del LanammeUCR, para base estabilizada.

Base estabilizada (BE-35)				
N° Informe	Fecha recepción de la muestra	Estacionamiento	N° Muestra	Oficio LanammeUCR
I-0173-12	07/02/2012	9+860	0348-12	LM-IC-D-0402-2012
		9+920	0349-12	
I-0251-12	01/03/2012	9+910	0519-12	
I-0395-12	13/04/2012	9+660	0817-12	LM-IC-D-0628-12
I-0396-12	17/04/2012	9+560	0842-12	
I-0462-12	04/05/2012	9+000	1023-12	
I-495-12	18/05/2012	8+750	1102-12	LM-IC-D-1032-2012
I-0547-12	31/05/2012	7+140	1222-12	

Adicional a este informe de auditoría técnica se emitieron los siguientes oficios en los que oportunamente y con el propósito de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión del CONAVI, se informó a la Administración los resultados de los ensayos realizados por el

Laboratorio de Infraestructura Civil del LanammeUCR a la capa de la base estabilizada colocada en el proyecto. (Ver Anexo 2)

- LM-IC-D-0402-2012 del 30 de abril 2012: Resultados de ensayos realizados a la capa de base estabilizada: granulometría, resistencia a la compresión. Informes de laboratorio Infraestructura Civil del LanammeUCR I-0173-12 e I-0251-12.
- LM-IC-D-0628-1012 del 06 de junio 2012: Resultados de ensayos realizados a la capa de base estabilizada: granulometría, resistencia a la compresión. Informes de laboratorio Infraestructura Civil del LanammeUCR I-0395-12, I-0396-12 e I-0462-12.
- LM-IC-D-1032-2012 del 03 de septiembre del 2012: Resultados de ensayos realizados a la capa de base estabilizada: granulometría, resistencia a la compresión. Informes de laboratorio Infraestructura Civil del LanammeUCR I-0495-12 e I-0547-12.

Estos oficios se elaboraron con el objetivo de hacer del conocimiento de la ingeniería de proyecto los resultados obtenidos de las muestras ensayadas, con el propósito de que se tomen las medidas correspondientes en virtud de su función.

Cabe mencionar que se recibió por parte de la Administración dos oficios relacionados con las nota informes mencionadas anteriormente, el primero de ellos es el oficio GCTI-12-0736 recibido el 28 de junio del 2012, dirigido al Ing. Alejandro Navas Carro, director del LanammeUCR, donde se exponen argumentos de la Ingeniería de proyecto relacionados con la especificación y cumplimiento de la granulometría de la base estabilizada BE-35 y la resistencia a la compresión de la misma.

Dentro de las observaciones que la Administración hace en este oficio se pueden citar:

- *“...es muy importante aclarar que el proceso que se está realizando y ejecutado en las estaciones estudiadas en su informe, se llevó a cabo mediante el ítem 306(1)A, un Reacondicionamiento de la calzada, con espesor de 25 cms, consecuentemente debemos aplicar la especificación de la Sección 306 Reacondicionamiento de la Calzada y sus requisitos para la Construcción subsección 306.02 ...”*

- *“...De los informes citados anteriormente (oficio W 046-2012, DC-333-2012 y 601-2012), se desprende que la resistencia a la compresión de las muestras analizadas demuestran un comportamiento normal, cumpliendo con las especificaciones de resistencia para una base estabilizada (BE - 35).”...*

Posteriormente se recibió el oficio GCTI-12-1079 recibido el 18 de septiembre del 2012 y dirigido al director ejecutivo del Consejo Nacional de Vialidad con copia al Ing. Alejandro Navas Carro, en este oficio se repiten los argumentos mencionados en el oficio GCTI-12-0736.

## 5. ALCANCE DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

El alcance de esta auditoría técnica se centró en el muestreo, ensayo y posterior análisis de los resultados de las muestras de agregado para base estabilizada y del material estabilizado con cemento, colocados en la sección Heredia-Alajuela en el período enero a mayo de 2012. Adicionalmente, se abarca el tema de control de obra y manejo de frentes de trabajo en el proyecto desarrollados durante este periodo de tiempo.

Es importante aclarar que la toma de muestras del proyecto por parte de la auditoría técnica dentro del proceso de fiscalización, no tiene como finalidad cumplir la función del control ni la verificación de calidad y tampoco le corresponde a esta auditoría técnica, realizar evaluaciones exhaustivas a nivel de proyecto que son de competencia propia de la Administración, por lo que la presente información no pretende ser un dictamen final de la calidad del proyecto sobre la Ruta Nacional No 3, sección: Heredia-Alajuela, sino un insumo para que la Administración realice una revisión de los resultados obtenidos por el LanammeUCR, en contraste con los controles propios, tanto de la verificación como del control de calidad por parte del contratista, controles que deben existir en todo proyecto de obra vial.

## 6. RESPONSABLES DEL PROYECTO

a) Responsables por parte de la Administración:

- Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de CONAVI.
- Laboratorio de Verificación de Calidad: Al momento de la elaboración del informe, no se había hecho la contratación del laboratorio acreditado, el personal técnico del Departamento de Calidad del CONAVI está realizando esta tarea.

b) Responsables por parte de la empresa constructora:

- Contratista: FCC CONSTRUCCION DE CENTROAMERICA.
- Laboratorio de Control de Calidad: L.G.C. Ingeniería de Pavimentos S.A.

## 7. INTEGRANTES DEL EQUIPO DE AUDITORÍA TÉCNICA DEL LANAMMEUCR

- Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc. Eng. (Coordinadora de la Unidad de auditorías técnicas)
- Ing. Francisco Fonseca Chaves. (Auditor Técnico adjunto)
- Ing. Víctor Cervantes Calvo (Auditor Técnico adjunto)
- Ing. Ana Hidalgo Arroyo (Auditora Técnica líder)
- Lic. Miguel Chacón Alvarado (Asesor Legal)

## 8. MARCO TEORICO

En la siguiente sección se explican conceptos y criterios importantes para el desarrollo y comprensión del presente informe de auditoría técnica. Entre ellos se encuentra:

- **8.1 Valoración estadística de la calidad del trabajo realizado:** En esta sección se desarrollan los conceptos y términos estadísticos necesarios para aplicar el Anexo A "Especificaciones especiales para el pago en función de la calidad" del Cartel de Licitación Pública N° 2008LN-000017-DI "Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 3, sección: San Francisco de Heredia- San Joaquín de Flores- Río Segundo-Alajuela (Calle ancha) y la importancia de la utilización de las herramientas estadísticas en el análisis e interpretación de los datos.
- **8.2 Regulaciones para seguridad vial en zonas de trabajo:** En esta sección se citan el marco contractual y técnico que rige las medidas de seguridad vial que deben ser utilizadas en el proyecto para que este se desarrolle adecuadamente. Específicamente, el cartel de licitación en los apartados 25.9 y el 26.5, indican que debe cumplirse con el Decreto No. 26041-MOPT "Reglamento de Dispositivos de Seguridad para Protección de Obras" y el artículo 206 de la "Ley de Tránsito por Vías Públicas y Terrestres, Ley 7331", entre otras regulaciones.
- **8.3 Conceptos básicos sobre estabilización o mejoramiento de bases:** Se definen conceptos básicos relacionados con la estabilización o mejoramiento de material granular. Esta sección es importante para el desarrollo del informe de auditoría por que permite definir los términos conceptuales que se mencionan en el mismo tales como: estabilización de suelos, estabilización con cemento, suelo cemento, suelo modificado con cemento, base estabilizada, base mejorada, base reforzada y base recuperada, entre otros.
- **8.4 Aspectos relacionados con la resistencia a la compresión de la base estabilizada BE-35:** En esta sección se define específicamente el criterio del equipo auditor en cuanto a las especificaciones de la resistencia a la compresión para una base estabilizada acorde con el Manual CR-77. Se basa en el oficio LM-PI-044-12





emitido el 07 de mayo de 2012 al señor Director Ejecutivo de CONAVI, Ing. José Luis Salas Quesada.

### **8.1 Valoración estadística de la calidad del trabajo realizado.**

La aplicación de herramientas estadísticas para el análisis de los ensayos de calidad es una actividad fundamental en cualquier proceso productivo, para predecir el nivel de calidad del producto, corregir y prevenir desviaciones y mejorar la eficiencia y eficacia del proceso de producción. Las herramientas estadísticas de control de procesos evalúan no sólo los resultados fuera de los límites de especificación, sino también la variabilidad del proceso, la cual puede aumentar la probabilidad de que la totalidad del producto no cumpla con el nivel de calidad establecido por las especificaciones como resultado de la variabilidad inherente del proceso.

Por esta razón y con el propósito de aportar elementos que permitan la interpretación de los resultados de los ensayos y acrecentar la calidad de los productos que se utilizan en las labores de construcción de infraestructura vial, la auditoría técnica realiza una evaluación estadística de los resultados de los materiales obtenidos de las muestras tomadas y ensayadas por el personal técnico del LanammeUCR. Para ello se aplica el procedimiento establecido en el Anexo A de la Licitación Pública No 2008LN-000017-DI “Especificaciones especiales para el pago en función de la calidad”, similar a la sección 107.05 “Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor de trabajo)” del “Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2010”, con la finalidad de evidenciar la importancia de la aplicación de herramientas estadísticas en el control de procesos de producción. Cabe destacar que es importante introducir este tipo de análisis ya que permiten a la Administración velar por la buena inversión pública.

Los índices de calidad ( $Q_s$  y  $Q_i$ ) son estimadores del sesgo de los datos analizados con respecto al valor meta y los límites permitidos por el rango de especificación; son indicadores de la variabilidad existente en el conjunto de datos analizados.

Los índices de calidad se calculan para cada uno de los ensayos que se van a analizar, luego se obtiene para cada uno el porcentaje de datos fuera de los límites de especificación (PT), aplicando la Tabla A y B del Anexo A del cartel de licitación. El porcentaje fuera de los límites de especificación es una estimación del porcentaje de la totalidad del producto que podría encontrarse fuera de los rangos de especificación para las muestras o periodo analizado (lote).

Para el análisis que realiza la auditoría técnica se considera la variabilidad permitida para los parámetros de categoría II (lo que implica una mayor variabilidad en el proceso productivo) que se indican en la Tabla C “Factor de pago”.

Como parte del procedimiento se utilizarán las siguientes abreviaturas en el presente informe:

- LSPE\* o Ls: Límite superior
- LIPE\* o Li: Límite inferior
- Prom: Promedio
- Desv: Desviación estándar
- ICS\* o QS: Índice de calidad superior
- ICI\* o QI: Índice de calidad inferior
- PIS<sub>i</sub>\* o PT: Porcentaje de datos fuera de los límites de especificación
- PDL: Porcentaje de datos dentro de los límites de especificación

\* Acorde con el CR-2012, sección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago

## 8.2 Regulaciones para la seguridad vial en zonas de trabajo

El proyecto define en el contrato y el cartel una serie de normativa y disposiciones de acatamiento obligatorio en cuanto a la seguridad vial de las obras durante su etapa constructiva y operativa.

En cuanto al contrato en su cláusula primera visible a folios 3005 y 3006 establece, entre otros documentos de acatamiento obligatorio, los siguientes en materia de seguridad vial:

- Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.
- Normas de Colocación de Dispositivos de Seguridad Uniformes para el Control del Tránsito.
- Reglamento de Dispositivos de Seguridad para la Protección de Obras, Decreto No. 26041-MOPT, publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 103 del treinta de mayo de mil novecientos noventa y siete.
- Componente de seguridad vial en labores de planificación, construcción conservación y mantenimiento de obras viales y programas de transportes (Decreto Ejecutivo N° 33148 del ocho de mayo de dos mil seis, publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 100 del veinticinco de mayo de dos mil seis).

En el cartel de licitación se estipula, en la sección 25.9, que el contratista está en obligación de realizar una adecuada señalización en el sitio de obra, así como implementar la colocación de elementos de seguridad para los trabajadores y realizar un eficiente control del tránsito a través de las zonas de trabajo, de conformidad con lo establecido en los documentos que se citan a continuación:

**Reglamento de Dispositivos de Seguridad para Protección de Obras (Decreto N° 26041, MOPT):** Es un decreto de 1997 donde se establecen las especificaciones generales sobre los dispositivos de control de tránsito. (Se publicó en La Gaceta N° 103 del 30 de mayo de 1997).

**Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestres (Ley N° 7331):** En su artículo 206 exige el uso de señales de tránsito en cualquier tipo de trabajos en las vías públicas del país.

La Administración debe velar por el cumplimiento de todos estos aspectos utilizando como herramienta la supervisión. En términos generales, estas regulaciones especifican claramente las acciones que el contratista debe llevar a cabo para garantizar la seguridad en el sitio de trabajo, tanto para los trabajadores como para los conductores y peatones. Además, el Reglamento de Dispositivos de Seguridad para Protección de Obras, en los incisos 1.2 y 1.3, especifica que la Dirección General de Ingeniería de Tránsito deberá adoptar un manual técnico que incluya todos los elementos técnicos necesarios para cumplir con lo que este reglamento establece. Este manual es el “Reglamento de Dispositivos de Seguridad para Protección de Obras”, publicado en el Diario Oficial La Gaceta 103 del 30 de mayo de 1997, Decreto No. 26041-MOPT, el cual es de acatamiento obligatorio.

El ámbito de aplicación del Decreto N° 26041 se encuentra en su artículo 2, donde se especifica que dicho reglamento “será de necesaria aplicación en toda obra que se realice en las vías públicas o en sus zonas adyacentes (derechos de vía)”. (El subrayado no forma parte del texto original).

### Requerimientos contractuales

De conformidad con las condiciones del cartel de licitación y el contrato vigente del proyecto deben cumplirse las regulaciones de seguridad vial. Específicamente, el cartel de licitación en los apartados 25.9 y el 26.5, indican que debe cumplirse con el Decreto No. 26041-MOPT “Reglamento de Dispositivos de Seguridad para Protección de Obras” y el artículo 206 de la “Ley de Tránsito por Vías Públicas y Terrestres, Ley 7331”.

El apartado 25.9 señala que: *...“Durante la ejecución de las actividades y cuando interfiera de alguna manera con el tráfico de vehículos en la carretera principal, el contratista estará en la obligación de instalar el señalamiento preventivo, según lo establece el Decreto No. 26041-MOPT “Reglamento de Dispositivos de Seguridad para Protección de Obras” y el artículo 206 de la “Ley de Tránsito por Vías Públicas y Terrestres”,*

El contrato del proyecto, en su cláusula primera que trata sobre los documentos de acatamiento obligatorio, establece que debe considerarse en la etapa constructiva el componente de seguridad vial consignada en el Decreto No. 33148 del 8 de mayo de 2006.

En dicho cartel en el Capítulo II sección 4 “Dispositivos de seguridad para la etapa constructiva”, se indica que: “En el anexo B (del cartel de licitación) se indican los dispositivos de seguridad que el contratista debe seguir durante la construcción de la obra, el no acatamiento al mismo se aplicarán multas respectivas y suspensión del proyecto sin responsabilidad para la administración por lo que suceda... “

También es importante mencionar que en el capítulo II “Condiciones Específicas” sección 5. Diseño del manejo de tránsito en la construcción”, se indica que: *“Al ser esta una ruta muy transitada se debe mantener la fluidez del tránsito durante la etapa de construcción, para lo cual el contratista debe de presentar para la reunión de pre-inicio, el diseño de desvíos si se requieren y el control de tránsito sobre la ruta”*...También menciona que este diseño deberá ser aprobado por la Unidad Supervisora del contrato y la Dirección General de Ingeniería de Tránsito.

En el apartado 26.12 se indica que: *...“El contratista deberá realizar el señalamiento temporal de desvíos provisionales de las rutas alternas y quitarlas cuando se inhabiliten, lo anterior en coordinación con la Dirección General de Ingeniería de Tránsito del MOPT...”*

A manera de antecedente en el 2011 se emitió el informe de auditoría técnica LM-AT-095-11, que tuvo como objetivo realizar un análisis de los aspectos importantes en torno a la seguridad vial y control del tránsito en obra, en la fase constructiva del proyecto, incluyendo el tránsito de peatones en las zonas de trabajo y otros elementos de infraestructura vial, la señalización vial temporal en obra (vertical y horizontal), la canalización y plan de manejo del tránsito, la señalización específica en cada frente de trabajo del proyecto.

### 8.3 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE ESTABILIZACIÓN O MEJORAMIENTO DE BASES.

En junio del 2012, el Lanamme UCR emite el informe LM-PI-PU-0001-12 “Experiencia costarricense en diseño, aseguramiento de la calidad y construcción de bases estabilizadas con cemento.” El cual es un artículo científico donde se definen conceptos relacionados con la estabilización o mejoramiento del suelo.

A continuación se detallan algunos de estos conceptos que a criterio del equipo auditor son importantes para el desarrollo del informe de auditoría.

- **Estabilización de suelos:** Tratamiento que se aplica a los suelos, a los materiales granulares, adicionándoles un ligante que puede ser o no bituminoso (productos químicos, aceites, asfalto, emulsión asfáltica, cal, cemento) para mejorar sus características mecánicas, especialmente la capacidad portante, resistencia a los agentes atmosféricos, estabilidad volumétrica, etc.
- **Estabilización con cemento:** Se emplea para cambiar alguna de las características físicas del material tratado (ej. el índice de plasticidad) o bien para aumentar la resistencia del suelo y así mismo incrementar las cargas de tránsito y obtener mezclas con un mejor comportamiento ante la erosión y los cambios abruptos de temperatura. El tratamiento se puede realizar en planta o in situ y el proceso implica la adición del estabilizante, la mezcla con el suelo o el material que se quiere mejorar y el proceso de compactación.
- **Suelo –Cemento:** El suelo-cemento es una mezcla íntima de suelo, convenientemente pulverizado, con determinadas porciones de agua y cemento que se compacta y cura para obtener mayor densidad. Cuando el cemento se hidrata la mezcla se transforma en un material duro, durable y rígido. Se le usa principalmente como base en los pavimentos de carreteras, calles y aeropuertos.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Portland Cement Association

Algunos estudiosos dicen que el verdadero nombre de la técnica debe ser “suelo tratado con cemento” ya que el proceso no implica una gran rigidez en el resultado final del tratamiento.

- **Suelo modificado con cemento:** Mezcla, dura o semidura, íntima de suelo pulverizado, agua y pequeñas cantidades de cemento que se compacta. Por lo tanto se distingue del suelo-cemento compactado exclusivamente en la menor cantidad de cemento que se le adiciona. La cantidad de cemento en peso varía entre 1 y 4%. Se le utiliza especialmente cuando se requiere:
  - Obtener mayor resistencia del suelo, aunque no muy alta
  - Compactar el terreno en condiciones más favorables
  - Hacer más impermeables determinados suelos”
- **Base estabilizada:** Técnica que corrige deficiencias de un material que, usado sin cemento, no cumple especificaciones, por su dureza o que pueden experimentar problemas con índice plástico y límite líquido, los cuales son controlados por el cemento. Deben cumplir con las especificaciones del CR-77, sección 308 *Bases estabilizadas con cemento portland*.
- **Base mejorada:** Corrige deficiencias de agregados que tienen condiciones granulométricas que pueden experimentar problemas con índice plástico y límite líquido, los cuales son controlados por el cemento. Se agregan bajos porcentajes de cemento (por ejemplo menos del 3%).
- **Base reforzada:** Procura que un material de agregados triturados para base, que cumplen con su granulometría y rigidez, se refuerce con cemento para mejorar el módulo y en consecuencia reducir el espesor de la capa de ruedo.
- **Base recuperada:** Es el tratamiento de un espesor de material compuesto por la capa de rodadura y un porcentaje de la base existente en un pavimento que, una vez escarificados y pulverizados se les adiciona un ligante (cemento o asfalto de algún tipo) para reconstituir el material resultante de manera que cumpla nuevamente con la función de una base.

Cabe mencionar que desde el punto de vista del desempeño del pavimento es muy importante la calidad de la base, por lo tanto no se debe construir esta capa si no se define de previo un marco de especificaciones que se fundamente en estudios técnicos que garanticen cuál será el desempeño a largo plazo de los materiales, y cuáles son sus parámetros físico-mecánicos, condición que sí cumplen por ejemplo las bases granulares o estabilizadas. En consecuencia tampoco es posible hacer el análisis estructural que se requiere para diseñar la intervención a realizar; lo cual es absolutamente necesario para elegir la mejor alternativa de proyecto y con ello garantizar al país el uso eficiente de los recursos. Este es un compromiso absolutamente inherente a la Ingeniería.

Para la contratación de un ítem de obra es muy importante definir sus especificaciones técnicas, así como los criterios de aceptación o rechazo, estos son aspectos fundamentales de la contratación de obras así como del control y aseguramiento de la calidad. Es propio de la Ingeniería desarrollar y aplicar tecnologías bien fundamentadas que garanticen el uso eficiente de los recursos, en el caso de las bases mejoradas esa premisa es cuestionable.

#### **8.4 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA BASE ESTABILIZADA BE-35**

A manera de antecedente cabe recalcar que el criterio del LanammeUCR en cuanto a lo descrito en la sección 308 “Base Estabilizada con cemento Portland” del CR-77, queda expresado en el oficio LM-PI-044-12 emitido el 07 de mayo de 2012 al señor Director Ejecutivo de CONAVI, Ing. José Luis Salas Quesada.

En este oficio se expresa que de acuerdo con lo establecido en la sección del CR-77 antes mencionada, se establece que la totalidad de los resultados de ensayo de resistencia a la compresión de bases estabilizadas BE-35 ensayadas deben mostrar un valor promedio de  $40\text{kg/cm}^2$ , sin que se obtenga valores menores a  $30\text{kg/cm}^2$ . Acá cabe destacar una de las principales confusiones de esta norma ya que no se indica explícitamente un valor máximo de límite superior para la especificación, por lo que el objetivo de dicho oficio es aclarar la



posición del LanammeUCR en cuanto a la interpretación de las especificaciones dadas en el CR-77.

A saber, pese a no expresarse claramente en la especificación un límite superior, con herramientas estadísticas elementales es posible inferir a partir de los límites anteriormente indicados un valor máximo y una desviación estándar asociada que permita cumplir simultáneamente ambos requisitos de resistencia a la compresión de bases estabilizadas con cemento.

Por ejemplo, utilizando la metodología de “Evaluación Estadística del Trabajo, sección 107.05 del CR-2010 o en su defecto el Anexo A “Especificaciones Especiales para el pago en función de la Calidad” del Cartel de Licitación de este proyecto (metodología similares), se puede calcular la desviación estándar máxima aceptable para una muestra dada, que de manera simultánea cumpla con los valores de resistencia mínima y resistencia promedio (30 y 40kg/cm<sup>2</sup> respectivamente).

Este tipo de metodología se utilizó en el análisis de los resultados obtenidos en el presente informe de auditoría (LM-AT-046B-12), donde se obtuvo un valor máximo de resistencia a la compresión para bases estabilizadas BE-35 de 50kg/cm<sup>2</sup>, y a partir de este dado se definió el cumplimiento de la especificación del CR-77.

Cabe destacar que el análisis propuesto parte del supuesto de que los datos se comportarán de acuerdo con una distribución normal, lo que permite inferir un límite máximo aceptable, que aunque no esté especificado de forma explícita, es conocido que debe controlarse debido a los problemas de fisuración por contracción que pueden tener las bases estabilizadas con cemento.

No es recomendable dar a la capa de base estabilizada un exceso de resistencia, debido a que daría una gran rigidez, volviéndola muy susceptible al agrietamiento, con la consecuencia de que las grandes grietas que se forman se reflejarán en las capas que se colocarán sobre la base.

En función de la resistencia a compresión a 7 días se puede estimar cualitativamente, el agrietamiento de las bases estabilizadas con cemento según el siguiente criterio:

Informe Final LM-PI-AT-046-12	Fecha de emisión: Noviembre 2012	Página 25 de 72
-------------------------------	----------------------------------	-----------------

**Tabla 2.** Tipos de agrietamiento asociados a la resistencia a la compresión a los 7 días<sup>4</sup>.

Resistencia a la compresión, 7 días	Tipo de Agrietamiento
Rc 7 20 kg/cm <sup>2</sup>	Agrietamiento muy leve o imperceptible
20 kg/cm <sup>2</sup> Rc 7 30 kg/cm <sup>2</sup>	Agrietamiento de muy leve a leve
30 kg/cm <sup>2</sup> Rc 7 40 kg/cm <sup>2</sup>	Agrietamiento de leve a moderado
40 kg/cm <sup>2</sup> Rc 7 55 kg/cm <sup>2</sup>	Agrietamiento de moderado a alto
Rc 7 60 kg/cm <sup>2</sup>	Agrietamiento de alto a severo

Rc 7: Resistencia a la compresión a los 7 días:

El agrietamiento de la base estabilizada, especialmente a un nivel igual o inferior al aquí señalado como moderado, no afecta negativamente, ni la vida útil ni el desempeño a largo plazo de la estructura del pavimento, siempre y cuando el diseño en laboratorio así como el proceso constructivo y de control de calidad de la base se haya ejecutado correctamente. Desde luego se supone que el diseño estructural y el mantenimiento del pavimento se realizan de forma adecuada.

Es importante, durante la formulación del diseño, realizar un adecuado diseño de la base estabilizada para encontrar el porcentaje óptimo de cemento que se le debe agregar al material a estabilizar, de manera que se pueda alcanzar la resistencia requerida con el mínimo cemento posible, para así maximizar el uso de los recursos.

En bases estabilizadas el objetivo es tener un diseño de mezcla balanceado, en donde el cemento que se utiliza (que está asociado al valor de resistencia a la compresión a alcanzar) sea suficiente para que la base estabilizada resultante sea resistente, durable y relativamente impermeable, pero no tanto como para que genere otros tipos de deterioros en el pavimento, esto de acuerdo con la Guía de Bases Tratadas con Cemento (CTB) de la PCA (Portland Cement Association).

También es importante señalar que el control de la calidad y aceptación de la resistencia a la compresión de la base estabilizada debe hacerse única y exclusivamente tal como está establecido en la documentación contractual (CR-77), con los resultados del ensayo AASTHO T-1345 "Método estándar de ensayo para las relaciones humedad densidad de las

<sup>4</sup> Publicación técnica "Experiencia costarricense en diseño, aseguramiento de la calidad y construcción de bases estabilizadas con cemento". Volumen 1, Número 1, LanammeUCR Marzo 2012

<sup>5</sup> La norma equivalente ASTM D558.



mezclas suelo cemento” (según CR-77) ó ASTM D1633 (según cartel de licitación), que establece claramente que los especímenes de ensayo se preparan mediante moldeo Próctor compactado al 100% de la densidad máxima para un tiempo de curado de 7 días.

Sin bien es cierto los datos de falla de núcleos se pueden utilizar para revisiones, comparaciones o verificaciones de los resultados y el estado del proyecto en general, estos no deberán ser utilizados como base de aceptación y pago, ya que el único medio para obtener la resistencia para pago es mediante los ensayos indicados anteriormente, con especímenes característicos con una la edad de resistencia ya definida por la especificación.

## **9. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-PI-AT-046B-12**

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-132-12 del 03 de octubre del 2012 se envía el informe preliminar LM-PI-AT-046B-12 a la parte auditada para que sea analizado y de requerirse, se proceda a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría, por lo que se otorga un plazo de 10 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe para el envío de comentarios al informe preliminar.

Posterior al envío del informe preliminar se le brinda una audiencia a la parte auditada para que se refiera al informe preliminar, el día 16 de octubre 2012 en donde se realizó la presentación del informe LM-PI-AT-046B-12 y en la que participaron los ingenieros Álvaro Ulloa, Director de Proyecto, Orlando Vargas, Ingeniero de Proyecto y la ingeniera Dahiana Izaguirre en representación de la Dirección Ejecutiva, también se contó con la presencia del Ing. Alex Cubillo Campos en representación del Lic. Reinaldo Vargas, Auditor Interno, quien presenció la audiencia.

En cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica y vencido el plazo indicado, sin recibir comentarios al informe preliminar por parte de los auditados, se procede a emitir el presente informe LM-PI-AT-046-12 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley.

## 10. HALLAZGOS Y OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

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

Se entiende como hallazgo de auditoría técnica, un hecho que hace referencia a una normativa, informes anteriores de auditoría técnica, principios, disposiciones y buenas prácticas de ingeniería o bien, hace alusión a otros documentos técnicos y/o legales de orden contractual, ya sea por su cumplimiento o su incumplimiento.

Por otra parte, una observación de auditoría técnica se fundamenta en normativas o especificaciones que no sean necesariamente de carácter contractual, pero que obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería, principios generales, medidas basadas en experiencia internacional o nacional. Además, tienen la misma relevancia técnica que un hallazgo.

Por lo tanto las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones deben ser atendidas planteando acciones correctivas y preventivas, que prevengan el riesgo potencial de incumplimiento.

### 10.1 RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

#### A. ACLARACIONES SOBRE LOS DISEÑOS DE BASE ESTABILIZADA (BE-35) EN EL PROYECTO.

Como parte del procedimiento usual empleado por la auditoría técnica el día 31 de enero de 2012 mediante el oficio LM-AT-029-2012, se solicita información general del proyecto, específicamente información relacionada con el diseño de la carpeta asfáltica y de la base estabilizada, que de lo establecido en el cartel de licitación se conoce que es una BE-35, además se requieren resultados de ensayos de Verificación y Control de Calidad. Al no



recibir respuesta en el plazo indicado se envían los oficios LM-AT-041-2012 y LM-AT-055-2012 del 17 de febrero y 7 de marzo de 2012, respectivamente, a manera de recordatorio. El día 19 de marzo del 2012 se recibe el oficio GCTI-12-0265 de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de CONAVI dando respuesta a esta solicitud.

Entre los documentos adjuntos a este oficio, se entrega el informe 100-2012 del Laboratorio encargado del control de calidad (L.G.C Ingeniería de pavimentos S.A) donde se describe el diseño y dosificación del cemento de la base estabilizada del proyecto. En la página 6 de este informe se señala que *para obtener una resistencia de 40 kg/cm<sup>2</sup> el porcentaje de cemento es 10,75%, el cual implica una dosificación de 4 sacos por metro cúbico compactado.*

Posteriormente, durante una de las visitas al proyecto, es conocimiento de esta auditoría que la dosificación de cemento para la base estabilizada se reduce, por lo cual se solicita de manera oficial el nuevo diseño de la base estabilizada BE-35 y su respectivo oficio de aprobación, mediante los oficios LM-AT-067-2012 del 23 de abril de 2012, y LM-076-2012 del 10 de mayo de 2012. La información solicitada es entregada a la Unidad de auditoría técnica del LanammeUCR el día 30 de mayo de 2012 en el oficio GCTI-12-0598, en donde se adjunta el informe E-08-239-2012 del Laboratorio encargado del control de calidad del proyecto, L.G.C. Ingeniería en Pavimentos S.A. donde se indica en el Anexo 4, página 8 que *el porcentaje de cemento para una resistencia de 40 kg/cm<sup>2</sup> es de aproximadamente 9,2% el cual implica una reducción en la dosificación de 3,4 sacos de cemento por metro cúbico compactado con respecto al diseño anterior.* Las cartas de aprobación de los diseños de la base estabilizada BE-35 del proyecto fueron enviadas por del Departamento de Calidad de CONAVI en los oficios DVCR-12-0098 (28 de febrero de 2012) y DVCR-12-0141 (20 de marzo de 2012).

Por último, se solicitó mediante el oficio LM-AT- 085-2012 del 12 de junio de 2012, el diseño de base estabilizada que se estaba colocando en la sección del proyecto que comprende el poblado de Río Segundo de Alajuela. Esta información fue entregada a la unidad de auditoría técnica el 20 de julio del 2012, mediante el oficio GCTI-12-0851, en este documento se adjunta el informe ITP-069-10 con fecha del 22 de enero del 2010, donde se indica en el

Anexo 02 que *la dosificación de cemento por metro cúbico, con material proveniente del sitio para una resistencia promedio de 40 kg/cm<sup>2</sup>, es equivalente a 2,4 sacos por metro cúbico.*

Los resultados analizados en este informe de auditoría responden a estos diferentes diseños de base estabilizada BE-35, que si bien es cierto corresponden a diferentes porcentajes de cemento, todos deben cumplir con una resistencia mínima y promedio.

Posteriormente se analizó dicha información de forma general, debido a que sin importar el contenido de cemento para el cual fue diseñado, éste debe cumplir con un requisito de resistencia normado en el CR-77 en la sección 308 “*Bases estabilizadas con cemento portland*”. La información descrita anteriormente sobre los diseños de base estabilizada aportados a esta auditoría técnica por la Administración se resume en la siguiente tabla (Ver Tabla 3)

**Tabla 3.** Datos de diseño de base estabilizada BE-35 utilizados en el proyecto

Diseño	No de Informe	Fecha de elaboración del diseño	Dosificación <sup>3</sup> de cemento/m	Sacos <sup>3</sup> /m	Sección del proyecto
1	LGC-100-2012	02/09/2011	10,75%	4	Alajuela-Invu Las Cañas (10+300 a 9+700)
2	LGC E-08-239-2012	02/09/2011	9,2%	3,4	Invu-Las Cañas a Río Segundo (9+700 a 8+680)
3	ITP-069-10	13/01/2010	5,5%	2,4	Río Segundo-Heredia (8+680)

## **B. SOBRE LOS RESULTADOS DEL MATERIAL GRANULAR UTILIZADO PARA LA BASE ESTABILIZADA DE ACUERDO A LOS DATOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS ENSAYADO POR EL LANAMMEUCR**

En el proyecto Heredia - Alajuela, para efectos de evaluar la calidad del agregado utilizado para base estabilizada, la Unidad de auditoría técnica solicitó la realización de muestreos y ensayos de estos materiales al Laboratorio de Infraestructura Civil y de Geotécnica del LanammeUCR.

Es importante reiterar que la toma de muestras del proyecto por parte de la auditoría técnica dentro del proceso de fiscalización, no tiene como finalidad cumplir la función del control ni la verificación de calidad y tampoco le corresponde a esta auditoría técnica, realizar evaluaciones exhaustivas a nivel de proyecto que son de competencia propia de la Administración, por lo que el presente informe no es un dictamen final de la calidad de todo el proyecto sobre la Ruta Nacional No 3, sección: Heredia-Alajuela sino una evaluación de datos puntuales que sirven de insumo para que la Administración realice una revisión de los resultados obtenidos por el LanammeUCR, en contraste con los controles propios, tanto de verificación de calidad, así como los de calidad por parte del contratista, controles que deben existir en todo proyecto de obra vial.

Es competencia de la Administración en la figura del Ingeniero de Proyecto responsable, determinar la aceptación o rechazo del material, así como su respectivo pago, según lo establece el CR-77 en su sección 105.04.

La auditoría técnica es un mecanismo externo e independiente cuyo fin es determinar si la inversión se está realizando eficientemente, así como un mecanismo para la propia Administración de obtener insumos de mejora en los proyectos viales.

Cabe destacar que en el cartel de licitación y el anexo H "Diseño de pavimento" del documento en mención se establece claramente que el paquete estructural que compone el pavimento y por lo tanto objeto de contrato, es una base estabilizada BE-35 de 25 cm de espesor, en la sección del estacionamiento 8+400 hasta el final del proyecto

(estacionamientos que coinciden con el tramo discutido en este oficio). Por lo tanto, si se solicita la construcción de una Base Estabilizada, considerada en el diseño original del paquete estructural propuesto, se debe cumplir con las especificaciones de una Base Estabilizada tal y como lo indica el CR-77 para todas sus características, tanto en granulometría, plasticidad y resistencia a la compresión.

En el caso de elaboración de un material de base estabilizada con Cemento Portland, las especificaciones contractuales establecen una granulometría específica debido a que el rol que desempeña la granulometría es un factor vital, ya que de él depende una serie de propiedades de la base estabilizada (tal como la demanda de cemento, de humedad óptima, entre otros).

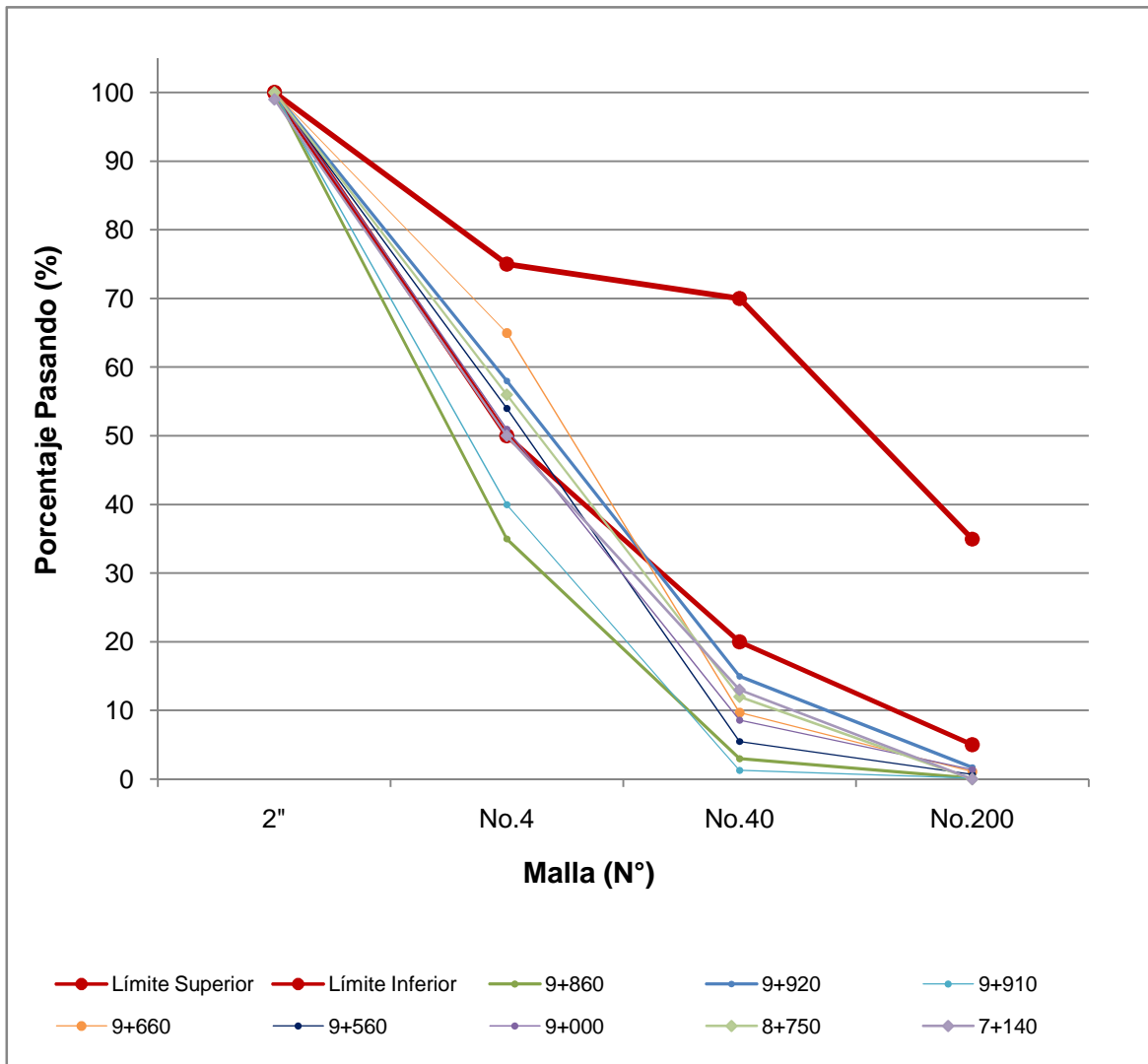
Por lo tanto a pesar de que se pueda dosificar cemento a cualquier tipo de material, no se van a obtener los mismos resultados, ni se puede esperar el mismo comportamiento ante las solicitudes de carga y periodo de diseño de un pavimento, que si se produjera con el material establecido en la especificación que nos atañe.

**Observación 1: Existe una carencia de material fino específicamente para las mallas 4,75 mm (malla N° 4), 0,425mm (malla N° 40) y 0,075mm (malla N°200) según los resultados obtenidos en el ensayo de análisis granulometría en los estacionamientos estudiados por el LanammeUCR al material de base estabilizada colocado en el proyecto.**

A partir de la información obtenida en la Tabla 4 se presentan los resultados de granulometría para el material de base estabilizada muestreado por el laboratorio de LanammeUCR. Del total de 8 muestras analizadas, se tiene que todas las muestras ensayadas se presentan una carencia de material fino según la especificación para la malla N°40 y N° 200, y 2 de ellas en la malla N° 4 de la sección 308.02 "Agregados del CR-77 para bases estabilizadas. (Ver números en rojo).



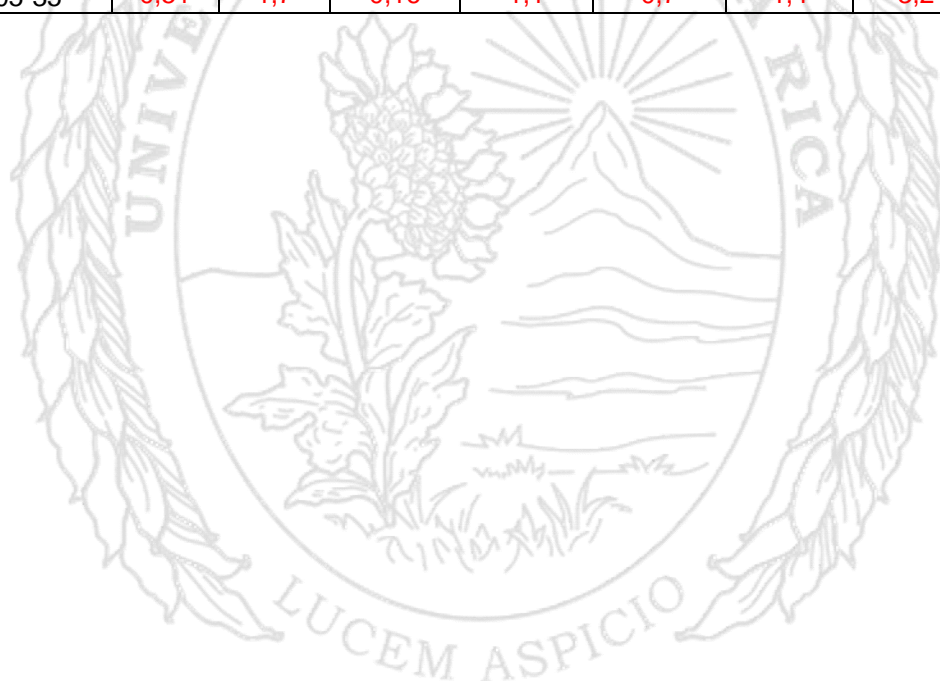
Y en el

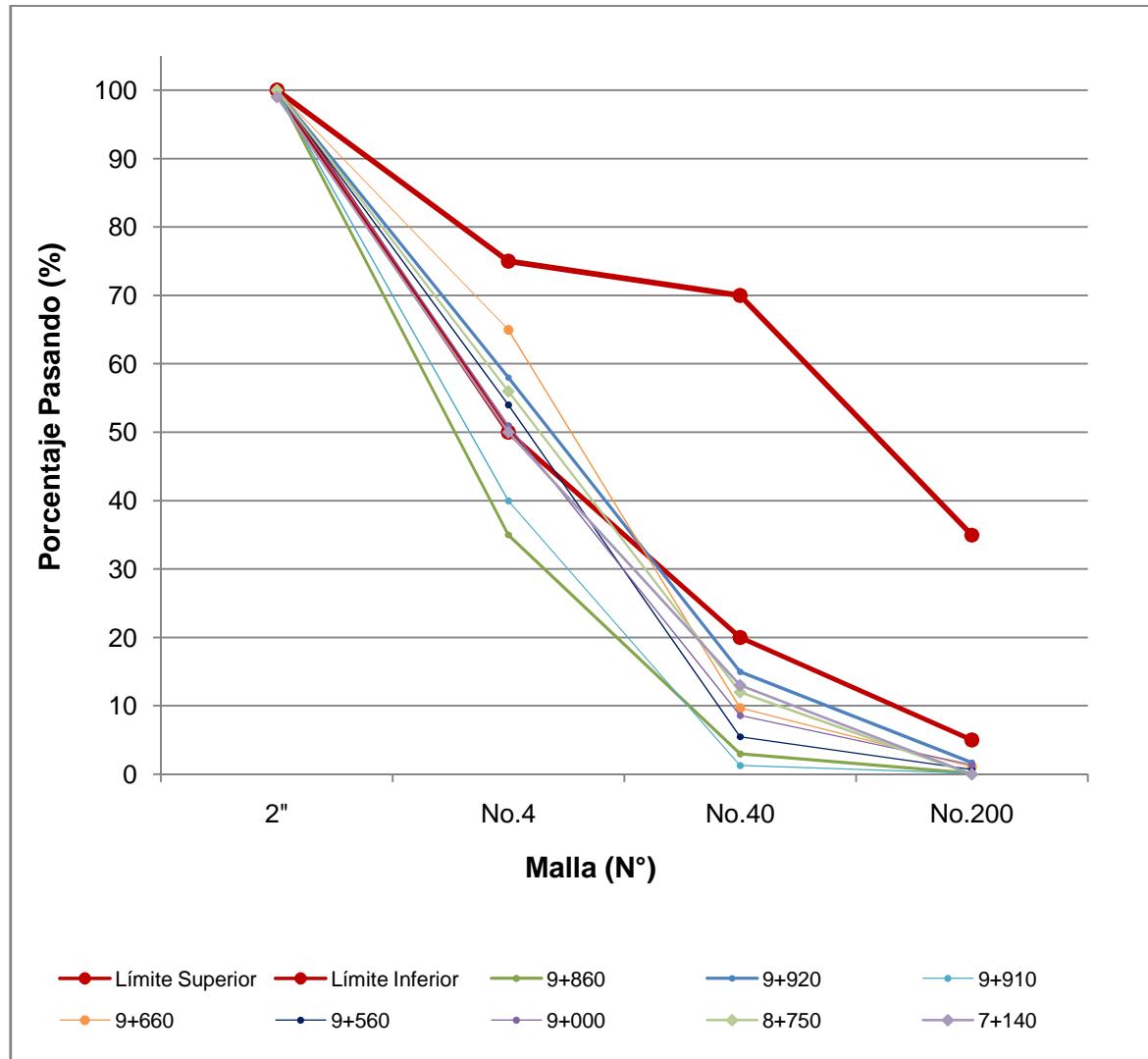


**Gráfico 1** se observa que para la malla N°4, N°40 y N° 200, los valores obtenidos de porcentaje pasando de material de base estabilizada de los estacionamientos estudiados, están fuera del límite inferior (específico de cada una de las diferentes mallas) de la especificación 308.02 del CR-77 para graduación de bases estabilizadas BE-35.

**Tabla 4.** Datos de análisis granulométrico de la base estabilizada BE-35 para los estacionamientos estudiados del proyecto Heredia-Alajuela, según datos del LanammeUCR.

Informe de Laboratorio de Infraestructura Civil		I-0173-12		I-0251-12	I-0395-12	I-0396-12	I-0431-12	I-0495-12	I-0547-12
Malla No.	Graduación BE	9+860	9+920	9+910	9+660	9+560	9+000	8+750	7+140
		0348-12	0349-12	0520-12	0817-12	0844-12	1024-12	1102-12	1222-12
2"	100	100	-	100	-	-	100	100	99
1 1/2"	-	99	100	100	100	100	96	100	97
1"	-	91	95	99	99	98	95	97	92
3/4"	-	85	90	92	98	94	92	93	86
3/8"	-	57	75	66	89	75	73	75	67
No.4	50-100	35	58	40	65	54	51	56	50
No.10		18	42	16,8	40	29	30	37	34
No.40	20-70	3,3	15	1,3	9,7	5,5	8,6	12	13
No 50,	-	-	-	-	6,2	3,2	6,0		
No.200	05-35	0,51	1,7	0,16	1,1	0,7	1,4	3,2	2,2





**Gráfico 1** Análisis granulométrico para el material de la base estabilizada BE-35 para los estacionamientos estudiados del proyecto Heredia-Alajuela, según datos de LanammeUCR

De acuerdo con la especificación del CR-77 sección 308.02, el valor debería ubicarse preferiblemente cercano al centro del rango especificado en esta normativa, y no cerca de los valores límites, a saber para el límite inferior el valor de 50% en el caso de la malla N°4, de 20% en el caso de la malla N° 40 y de 5% en el caso de la malla N° 200. Si se efectúa una comparación con los valores obtenidos para las muestras analizadas anteriormente, se determina que para las tres mallas mencionadas dichos valores se encuentran fuera del rango especificado. A nivel de producción no es conveniente mantener valores que se ubiquen en las proximidades o fuera de los valores límites de la especificación, debido a que la variación natural de un proceso productivo podría originar un incumplimiento.

Además se debe considerar que el material granulométrico a utilizar debe contener una cantidad específica de material fino, ya que es requerido porque son los que en gran parte van a reaccionar con el cemento y el agua formando una matriz que es la que va a aglomerar al agregado grueso, por ello se especifican porcentajes del 50% al 75% de material en la malla 4, de 20% a 70% en la malla N°40 y de 5% a 35% en el material pasando la malla N°200.

Una carencia importante en el material granular fino podría tener implicaciones en el desempeño futuro de la base estabilizada. Estas implicaciones se ven reflejadas en curvas granulométricas con menores cantidades de material fino (curvas más gruesas) que demandarán una mayor cantidad de cemento para lograr desarrollar la resistencia requerida, debido a que el cemento tendería a suplir el faltante de material fino (existe un riesgo potencial de aumentar la demanda de cemento que conlleva mayor riesgo de agrietamientos prematuros).

La importancia de la aplicación de herramientas estadísticas en el control de procesos de producción, sirve como herramienta para además de identificar incumplimiento, evaluar la variabilidad de los datos.

El equipo de auditoría realizó un análisis estadístico con los datos de los muestres realizados por el LanammeUCR en los estacionamientos en estudio, donde se obtiene un porcentaje total estimado fuera de los rangos de trabajo de 45.0; 100.0; 100.0% para las mallas N° 4, N° 40 y N° 200 respectivamente.

Por tanto, a partir del análisis estadístico se tiene para que los resultados obtenidos de los ensayos realizados por el LanammeUCR a las muestras de material granular para la base estabilizada BE-35 del período analizado en los estacionamientos mencionados, en las mallas N°40 y N° 200 (Ver la Tabla 44), presentan porcentajes fuera de límites mayores al permitidos. De ahí la importancia que de previo a incorporar los materiales, se garantice el cumplimiento de las especificaciones establecidas para cada uno de éstos, para el caso particular, la granulometría del agregado utilizado para base estabilizada. De igual forma, es de gran importancia la aplicación de herramientas estadísticas tendientes a establecer el pago en función del nivel de calidad del material aportado.

Es importante indicar que el número de muestras del LanammeUCR es reducido en comparación con la información de verificación y control de calidad con la que puede contar el CONAVI, por lo que le corresponde al Ingeniero de Proyecto realizar una revisión completa de toda la información disponible de verificación ensayos de calidad realizada al material de base estabilizada BE-35, para determinar la aceptación y respectivo pago de este material y así, la confirmación de los resultados presentados en este informe de auditoría técnica.

En relación con lo anterior, el CR-77, sección 106.03 “Muestras, ensayos, especificaciones citadas” establece:

*“Serán inspeccionados los materiales para los cuales estén especificadas las pruebas y su aceptabilidad será comprobada por el Ingeniero previamente a su incorporación en la obra” (lo subrayado no es del original).*

Estos resultados de análisis granulométrico de la base estabilizada, fueron comunicados a la Ingeniería de Proyecto mediante los oficios LM-IC-D-0402-2012 del 30 de abril de 2012 y LM-IC-D-0628-2012 del 06 de junio de 2012 y LM-IC-D-1032-2012 del 03 de septiembre del 2012 emitido por el Ing. Alejandro Navas Carro, MSc, Director del LanammeUCR, como se mencionó en la sección “Antecedentes” con el propósito de que se tomaran las medidas pertinentes en virtud de su función y en procura de un buen desempeño del proyecto y en lo específico del desempeño de la base estabilizada.

El día 28 de junio del 2012 se recibió el oficio GCTI-12-0736 enviado por el Ing. Orlando Vargas Karlsson, ingeniero de proyecto y el Ing. Álvaro Ulloa Murillo, director de proyecto, en cual se expone que...*”No obstante lo anterior es muy importante aclarar que el proceso que se está realizando y ejecutando en las estaciones estudiadas en su informe, se llevó a cabo mediante el ítem 306(1)A, un reacondicionamiento de la calzada, con espesor de 25 cm, consecuentemente debemos aplicar la especificación de la sección 306(1)A Reacondicionamiento de la calzada y sus requisitos para la construcción sub sección 306.02...”*

Para esta afirmación es criterio de esta auditoría técnica que independientemente de la metodología contractual que se utilice para escarificar, recuperar o estabilizar en el cartel de licitación se establece claramente que el paquete estructural que compone el pavimento y por lo tanto objeto de contrato es un base estabilizada BE-35 en la sección del estacionamiento 8+400 hasta el final del proyecto, Ciudad de Alajuela, (estacionamientos que coinciden con el tramo analizado en este informe). Por lo tanto, la capa correspondiente a la base estabilizada debe colocarse cumpliendo plenamente con todos los requisitos establecidos en el CR-77, sección 308 “Bases estabilizadas con cemento Portland”, tanto en resistencia a la compresión como en granulometría y requisitos de plasticidad, entre otros. Esto con el fin de garantizar que la calidad de material de la capa de base estabilizada BE-35 que se está colocando en el proyecto cumpla con los requisitos de aceptación establecida en el cartel de licitación y se asegure un adecuado desempeño del proyecto a futuro.

**Hallazgo 1: Para los muestreos de material para base estabilizada BE-35 realizados por el LanammeUCR, se presentó incumplimiento en el valor de la resistencia promedio ( $40 \text{ kg/cm}^2$ ) de la sección CR-77 para los resultados obtenidos en el ensayo resistencia a la compresión en los estacionamientos estudiados.**

A partir de ensayos a cilindros moldeados en sitio de la base estabilizada BE-35, se comprobó que la resistencia promedio a la compresión a los 7 días presenta de las muestras ensayadas presenta valores superiores a los de la especificación del CR-77, sección 308, para el valor promedio de resistencia a la compresión ( $40 \text{ kg/cm}^2$ ), incluso se

superan los valores definidos en el diseño (en ambos diseños analizados el valor es de  $40\text{kg/cm}^2$ ), asociada con una alta rigidez, que hace susceptible la base estabilizada con cemento al agrietamiento.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de resistencia a la compresión para el material de base estabilizada muestreado por laboratorio del LanammeUCR, en el proyecto Heredia-Alajuela.

**Tabla 5.** Datos resistencia a la compresión a los 7 días para cilindros de Base Estabilizada BE-35 para estacionamientos en estudio del proyecto Heredia-Alajuela, según LanammeUCR

Informes de LanammeUCR	I-0173-12		I-0251-12	I-0395-12	I-0396-12	I-0431-12	I-0495-12	I-0547-12	
<b>Est.</b>	<b>9+860</b>	<b>9+920</b>	<b>9+910</b>	<b>9+660</b>	<b>9+560</b>	<b>9+000</b>	<b>8+750 CI</b>	<b>7+140</b>	
<b>Muestra</b>	<b>0348-12</b>	<b>0349-12</b>	<b>0519-12</b>	<b>0818-12</b>	<b>0842-12</b>	<b>1024-12</b>	<b>1102-12</b>	<b>1222-12</b>	
1	87,9	106	68,5	48,1	84,1	108	39,3	41,6	
2	79,9	102	65,9	47,9	81,9	130	32,9	42,9	
3	81,8	109	61,1	43,2	80,0	129	35,5	39,5	
<b>Promedio</b>	<b>83,2</b>	<b>105,7</b>	<b>65,2</b>	<b>46,4</b>	<b>82,0</b>	<b>122,3</b>	<b>35,9</b>	<b>41,3</b>	<b>72,8</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>4,2</b>	<b>3,5</b>	<b>3,8</b>	<b>2,8</b>	<b>2,1</b>	<b>12,4</b>	<b>3,2</b>	<b>1,7</b>	<b>31,2</b>

Las unidades de los valores indicados corresponden a  $\text{kg/cm}^2$

En la Tabla 5 se puede observar que los valores de resistencia obtenidos para la base estabilizada BE-35 son en general mayores al promedio establecido en el CR-77, el valor promedio de este grupo de datos es  $72,8\text{ kg/cm}^2$  cuando el establecido por especificación es de  $40\text{ kg/cm}^2$ , en el caso de los muestreos analizados lo sobrepasa en aproximadamente el doble del valor. Esto podría ser un indicio de variabilidad en el proceso de mezclado in situ de la base estabilizada, situación que corresponde a la Ingeniería de Proyecto verificar con la información de control y verificación de calidad existente.

De acuerdo con el CR-77, sección 308, apartado 308.02 “Requisitos de Resistencia” indica:

*“La resistencia de la base mezclada con el porcentaje de cemento portland establecido y compactado al 100% de la densidad máxima obtenida según ensayo AASHO T-134 deberá cumplir con el siguiente requisito de acuerdo al tipo de base estabilizada especificada:*

<i>Tipo de base estabilizada</i>	<i>Resistencia mín. permisible kg/cm<sup>2</sup></i>	<i>Resistencia promedio kg/cm<sup>2</sup></i>	<i>Tiempo de curado</i>
<i>BE-35</i>	<i>30</i>	<i>40</i>	<i>7 días</i>

Por otro lado si bien es cierto no existe una especificación explícita para el valor máximo de resistencia a la compresión, se puede deducir de un proceso estadístico un valor de 50kg/cm<sup>2</sup>, como se describe en la sección 8.4 de este informe de auditoría técnica. Los resultados obtenidos del análisis describen valores que sobrepasan este límite teórico (50 kg/cm<sup>2</sup>).

Adicionalmente cabe recalcar que la PCA<sup>6</sup> indica que la principal razón para limitar la resistencia es minimizar el agrietamiento por contracción causado por altos contenidos de cemento y agua. La experiencia ha demostrado que resistencias altas pueden causar agrietamientos adicionales que se pueden reflejar en la superficie del pavimento.

Gráficamente, los resultados obtenidos por el LanammeUCR para las muestras de resistencia a la compresión de la base estabilizada, se presentan a continuación en el

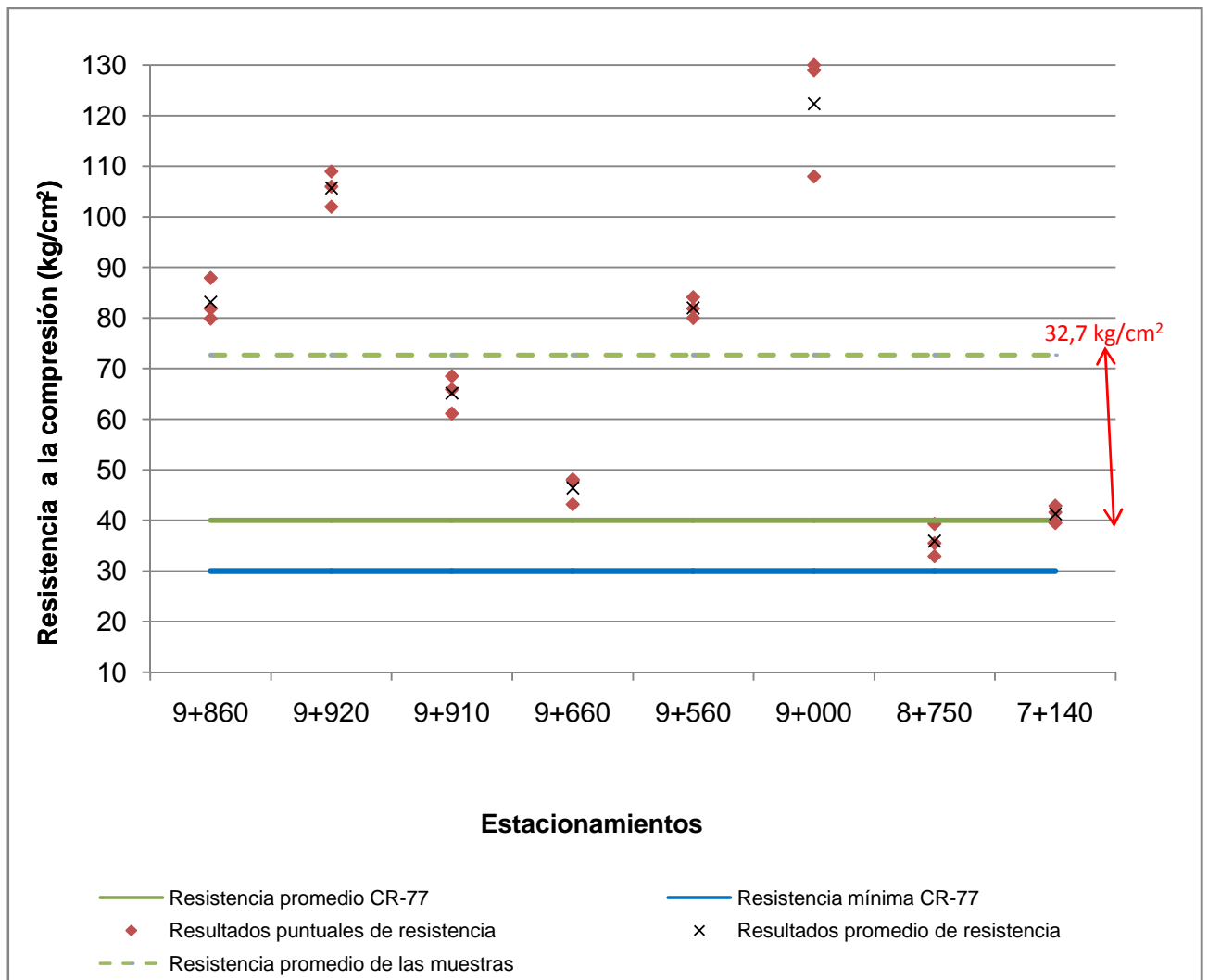
En el Gráfico 2 se puede observar el comportamiento del material muestreado. Los resultados presentan valores muy alejados al valor promedio permisible de resistencia a la compresión establecida en el CR-77 de 40kg/cm<sup>2</sup> y al límite máximo teórico.

En el caso del muestreo en el estacionamiento 9+660, se puede observar valores cercanos a las especificaciones. Caso que se repite en los resultados de las muestras ensayadas para el diseño de BE-35 número 3, con un contenido de cemento de 2,4 sacos por metro cúbico.

<sup>6</sup> The Portland Cement Association

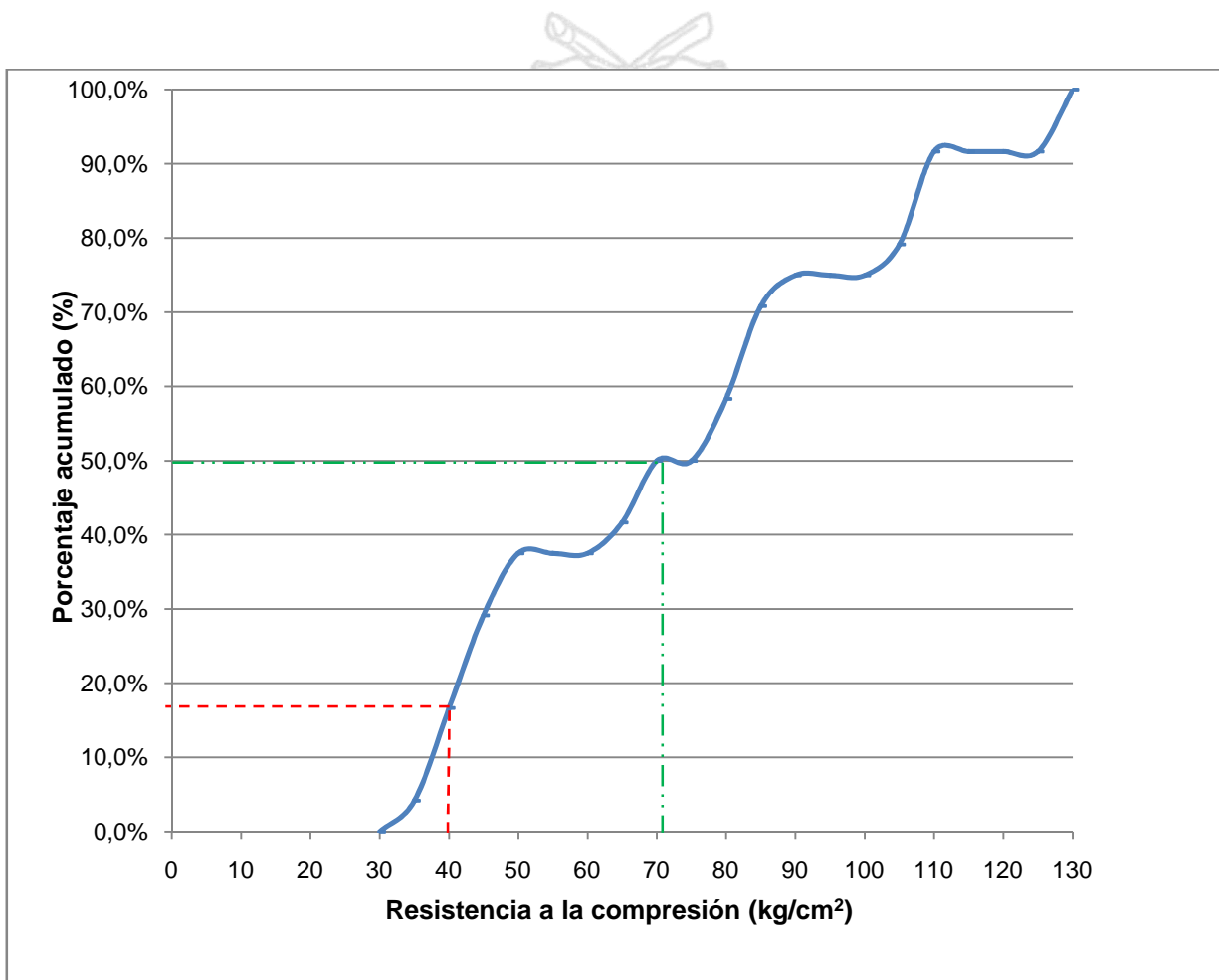


En este gráfico también se puede observar que existe una diferencia de  $32,7 \text{ kg/cm}^2$  que existe entre el valor promedio de la especificación técnica del CR-77 ( $40 \text{ kg/cm}^2$ ) y el valor promedio de los muestras ensayadas por el Laboratorio del LanammeUCR ( $72,7 \text{ kg/cm}^2$ ).



**Gráfico 2.** Análisis resistencia a la compresión para el material de la Base Estabilizada BE-35 para estacionamientos estudiados del proyecto Heredia-Alajuela, según datos de LanammeUCR

A continuación se muestra el Gráfico 3, en este se muestra como aproximadamente el 18% de las muestras ensayadas tienen un valor promedio de  $40 \text{ kg/cm}^2$  (línea roja) tal y como lo indica la especificación técnica, lo que significa que un 78% de los datos estudiados presentan valores promedio mayores al requerido. También se puede observar (línea verde) el valor promedio de las muestras estudiadas, que tal y como se mencionó anteriormente es  $72,7 \text{ kg/cm}^2$ , ya que el 50% de los datos presentan este valor o menos.



**Gráfico 3.** Análisis de frecuencia acumulada para la resistencia a la compresión para el material de la Base Estabilizada BE-35 para estacionamientos estudiados del proyecto Heredia-Alajuela, según datos de LanammeUCR

De igual forma, estos resultados de resistencia a la compresión de la base estabilizada, fueron comunicados a la Ingeniería de Proyecto mediante los oficios LM-IC-D-0402-2012 del 30 de abril de 2012 y LM-IC-D-0628-2012 del 06 de junio de 2012 y 2012 y LM-IC-D-1032-2012 del 03 de septiembre del 2012 emitidos por el Ing. Alejandro Navas Carro, MSc, Director del LanammeUCR, con el propósito de que se tomaran las medidas pertinentes en virtud de su función y en procura de un buen desempeño del proyecto y en lo específico del desempeño de la base estabilizada.

Con respecto a este tema en específico en el oficio GCTI-12-0736 del 28 de junio del 2012 enviado por el Ing. Orlando Vargas Karlsson, ingeniero de proyecto y el Ing. Álvaro Ulloa Murillo, director de proyecto, se menciona que “...Además el CONAVI falló núcleos de base estabilizada dando las siguientes resistencia...”

Estación	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
9+880 CD	53.5
9+910 CD	46.6
9+920 CD	52
9+900 CD	60

Con respecto a los valores obtenidos de la falla de núcleos de BE-35, cabe recalcar que los requisitos del CR-77 aplican para resistencia de pastillas de base estabilizada BE-35 moldeadas y falladas a los 7 días mediante la norma “Método estándar de ensayo para las relaciones humedad - densidad de las mezclas suelo-cemento (AASTHO T134 / ASTM D 558), por lo que si se considera la extracción de núcleos después de 7 días de curado (como es el caso en el que han transcurrido aproximadamente 72 días desde la colocación<sup>7</sup>), ésta no es válida para aceptación y pago de la misma.

La especificación del CR-77 es clara en que la resistencia a la compresión para una base estabilizada BE-35 se mide con pastillas moldeadas y falladas a los 7 días mediante la norma anteriormente indicada, no con núcleos extraídos y fallados. Hay que tener presente que la obtención de núcleos se realiza mediante aserrado con broca metálica, lo cual podría

<sup>7</sup> Fecha de construcción 28 de febrero de 2012. Fecha de extracción y ensayo de núcleos 10 de mayo de 2012, según documentos adjunto al oficio GCTI-12-736.

afectar la estructura interna del núcleo obtenido a través de dicho método. Por lo que la comparación de los valores de resistencia obtenidas a partir de la falla de núcleos no debería ser comparada con el valor establecido en la sección 308.02 del CR-77.

Cabe reiterar que es responsabilidad del Ingeniero de Proyecto realizar una revisión completa con toda la información disponible tanto de verificación como de control de calidad realizada al material de base estabilizada, para determinar la aceptación y respectivo pago de este material.

Utilizando como base el criterio expuesto en el oficio LM-PI-044-12 emitido el 07 de mayo de 2012 al señor Director Ejecutivo de CONAVI, Ing. José Luis Salas Quesada, el equipo de auditoría realizó un análisis estadístico con base en las muestras ensayadas por el Laboratorio del LanammeUCR, donde se obtiene un porcentaje total estimado fuera de los rangos de trabajo (porcentaje defectuoso, PT) de 71%.

Cabe recalcar que la cantidad de muestras con que cuenta el LanammeUCR es limitada en comparación con los datos de control y verificación de la calidad, pero este análisis tiene como objetivo alertar a la ingeniería de proyecto para que verifique los resultados de laboratorio con los que cuenta el proyecto y los procesos constructivos en campo en virtud del bienestar del proyecto y la integridad de la inversión del Estado.

### **C. SOBRE LOS RESULTADOS DEL MATERIAL GRANULAR UTILIZADO PARA LA BASE ESTABILIZADA DE ACUERDO AL CONTROL Y VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD**

Para desarrollar esta sección del informe se toma como base el Cartel de Licitación Pública No 2008LN-000017-DI, y con especial atención el Anexo A “Especificaciones especiales para el pago en función de la Calidad”, ya que en esta sección del Cartel se describe de forma detallada el proceso que debe seguir tanto la Administración como el contratista para asegurar la calidad de los materiales del proyecto en pro del buen desarrollo del mismo y su desempeño en el futuro.

Cabe destacar que en el apartado 26.10 del cartel se señala que... “El contratista deberá cumplir con todo lo que se dicte en el cartel en lo relativo a la administración de la construcción, además de las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes, CR-77, del tomo de Disposiciones para la Construcción y Conservación Vial, del Manual de Normas y Procedimientos, de las Disposiciones Generales y del MC-83 cuando no estén estipuladas en el cartel”...

Dicho esto es importante recalcar la responsabilidad que tiene tanto el control de calidad que debe de realizar el contratista a lo largo del desarrollo del proyecto como la verificación de calidad que debe llevar a cabo la Administración, de velar por el aseguramiento de la calidad de tanto los materiales como los procesos constructivos desarrollados en el proyecto y de esta forma asegurar la inversión que se está realizando y el desempeño de la misma.

**Observación 2: Existe una carencia de material fino específicamente para las mallas 0,425mm (malla N° 40) y 0,075mm (malla N°200) para las muestras de material para base estabilizada realizados por del Departamento de Calidad de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de CONAVI, en los resultados obtenidos por la verificación de calidad en el ensayo de análisis granulométrico en los estacionamientos estudiados en este informe.**

En la Tabla 6 se presentan los resultados de verificación de calidad del análisis de granulometría realizado al material de base estabilizada muestreado por del Departamento de Calidad de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de CONAVI, en el proyecto Heredia-Alajuela. Dicha información fue solicitada a la Administración por esta Auditoría mediante oficio LM-AT-029-2012 y LM-AT-067-2012 del 31 de enero de 2012 y 23 de abril de 2012 respectivamente. Cabe destacar en la información enviada por la Administración (oficio GCTI-12-0265 y GCTI-12-0598) no se encontró registro de análisis granulométricos realizados al material de base estabilizada BE-35 por el contratista y su laboratorio de control de calidad (LGC), por lo que no fue posible verificar el cumplimiento de este requisito según

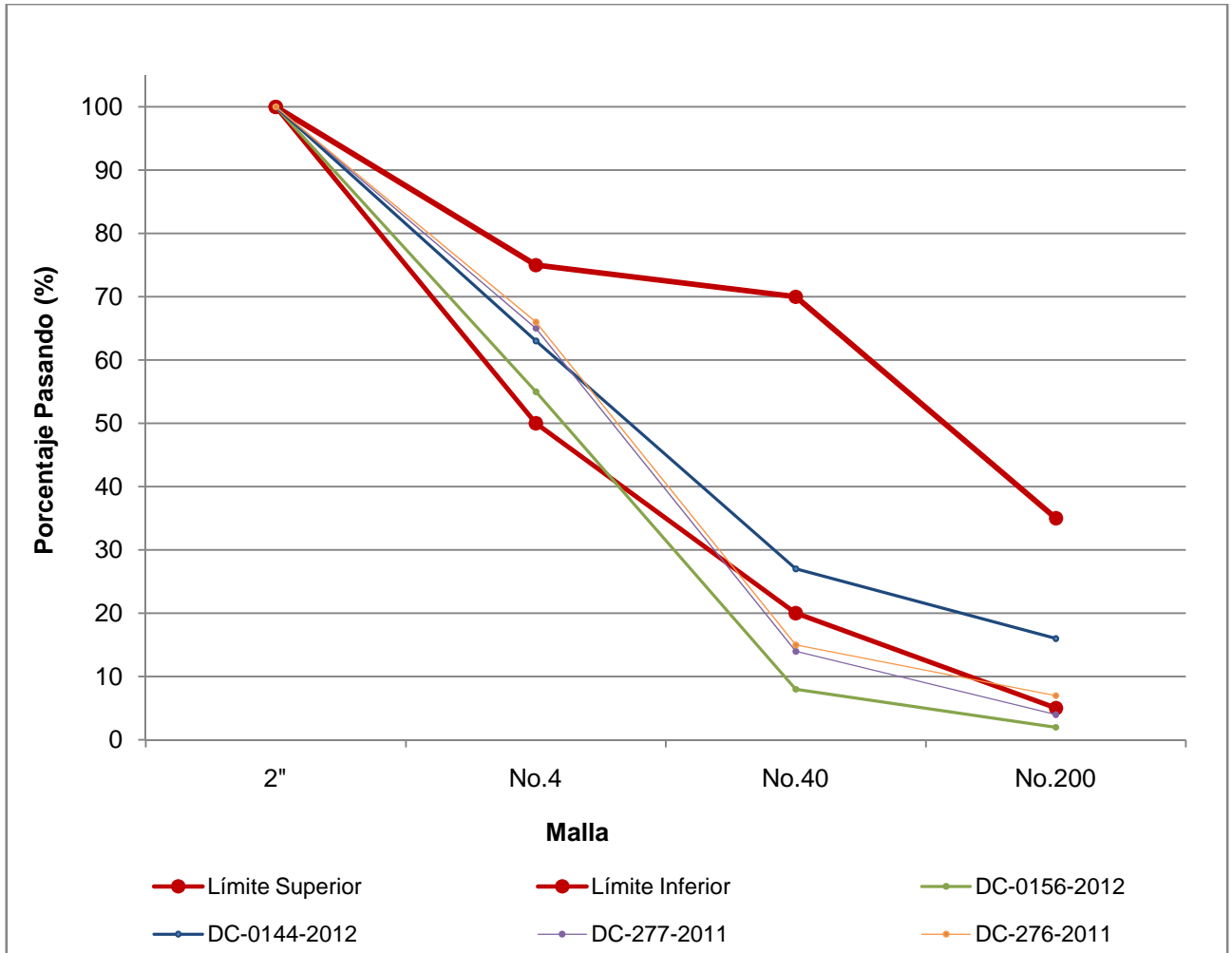
los datos del Control de Calidad. Del total de 4 muestras analizadas se tiene que 3 muestras presentan incumplimiento de la especificación para la malla N°40 y N° 200.

Y en el Gráfico 4 se observa que para la malla N°40 y N° 200, los valores obtenidos de porcentaje pasando de material de base estabilizada, están fuera del límite inferior de especificación del apartado 308 del CR-77 (ver números en rojo) en los estacionamientos muestreados por el Departamento de Calidad de CONAVI.

**Tabla 6.** Datos de granulometría para la Base Estabilizada BE-35 para el proyecto Heredia-Alajuela, según estacionamientos muestreados por Departamento de Calidad de CONAVI

Estacionamiento	Fecha	50,8 mm	No 4	No 40	No 200
	Límite Inferior (%)	100	50	20	5,0
	Límite Superior (%)	100	75	70	35,0
*10+200 a 10+320	31/02/2012	100	55	8	2,0
*9+960	04/02/2012	100	63	27	16,0
9+413 LI	14/04/2012	100	65	14	4
9+410 LD	18/04/2012	100	66	15	7

Fuente: Oficio GCTI-12-0265 (\*) y Oficio GCTI-12-0598 ( )



**Gráfico 4.** Análisis granulométrico para el material de la base estabilizada BE-35 para estacionamientos muestreados del proyecto Heredia-Alajuela, según Departamento de Calidad de CONAVI

Como se mencionó anteriormente, es recomendable que el valor resultado del análisis granulométrico se ubique preferiblemente cercano al centro del rango especificado, sin acercarse a los límites o salirse de ellos, por ejemplo el límite inferior para el valor de 20% en el caso de la malla N° 40 y de 5% en el caso de la malla N° 200, para disminuir el potencial riesgo de incumplimiento. Si se compara con los valores obtenidos para las muestras analizadas anteriormente, se determina que ambos valores se encuentran fuera del rango



especificado. A nivel de producción no es conveniente mantener valores que se ubiquen en las proximidades de los valores límites de la especificación debido a que la variación natural de un proceso productivo podría originar un incumplimiento o evidentemente fuera de ellos,

Cabe recalcar que no se cuenta con la suficiente cantidad de datos para realizar un análisis estadístico de pago en función de la calidad (Acorde con la Tabla B del Anexo A del Cartel de Licitación al menos 5 datos) pero si para informar a la Administración sobre incumplimientos registrados por la Verificación de Calidad (Laboratorio de CONAVI -Informes DC-0156-2012 y DC-0144-2012) a nivel de granulometría que deben ser corregidos para garantizar el cumplimiento de las especificaciones y la calidad de los materiales colocados en el proyecto.

A manera de ejemplo y mediante la aplicación de herramientas estadísticas, el equipo de auditoría realizó un análisis estadístico con los datos reportados por el Departamento de Calidad de CONAVI, y se puede observar que se obtiene un porcentaje total estimado fuera de los rangos de trabajo (PT) de 0,0 % 100,0%; 36,0% para las mallas No 4, No 40 y No 200 respectivamente.

Por tanto, a partir del análisis estadístico se tiene que los resultados obtenidos de los ensayos realizados a las muestras de material granular para la base estabilizada del período analizado por la verificación de calidad, en las mallas N°40, presentados en la Tabla 6, presentan un porcentaje fuera de límites mayor al permitido. De ahí la importancia que de previo a incorporar los materiales, se garantice el cumplimiento de las especificaciones establecidas para cada uno de éstos, para el caso particular, la granulometría del agregado utilizado para base estabilizada. De igual forma, es de gran importancia la aplicación de herramientas estadísticas tendientes a establecer el pago en función del nivel de calidad del material aportado.



**Hallazgo 2: Los resultados de ensayo del material para base estabilizada realizados por del Departamento de Calidad de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de CONAVI (Verificación de la calidad) y el Laboratorio de Control de Calidad del Contratista, presentan incumplimiento en el valor de la resistencia promedio indicado en el CR-77 (40 Kg/cm<sup>2</sup>) en el ensayo de resistencia a la compresión en los estacionamientos estudiados.**

A continuación se desglosan los datos tanto del Departamento de Calidad de CONAVI en su función de Verificación de la Calidad, como los datos reportados por el Laboratorio L.G.C. ingeniería en pavimentos en su función de Control de Calidad.

- **Datos Departamento de Calidad de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de CONAVI (Verificación de la calidad)**

En la Tabla 7 se presenta un resumen de los resultados de resistencia a la compresión para el material de base estabilizada muestreado por del Departamento de Calidad de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de CONAVI y en la Tabla 8 se observan los resultados del Laboratorio de Control de Calidad del Contratista, en el proyecto Heredia- Alajuela. Dicha información fue solicitada a la Administración y entregada a la auditoría técnica en los oficios GCTI-12-0598 y GCTI-12-0265.

**Tabla 7.** Resumen de datos resistencia a la compresión a los 7 días para cilindros de Base Estabilizada BE-35 para estacionamiento estudiados del proyecto Heredia-Alajuela, según Departamento de Calidad de CONAVI

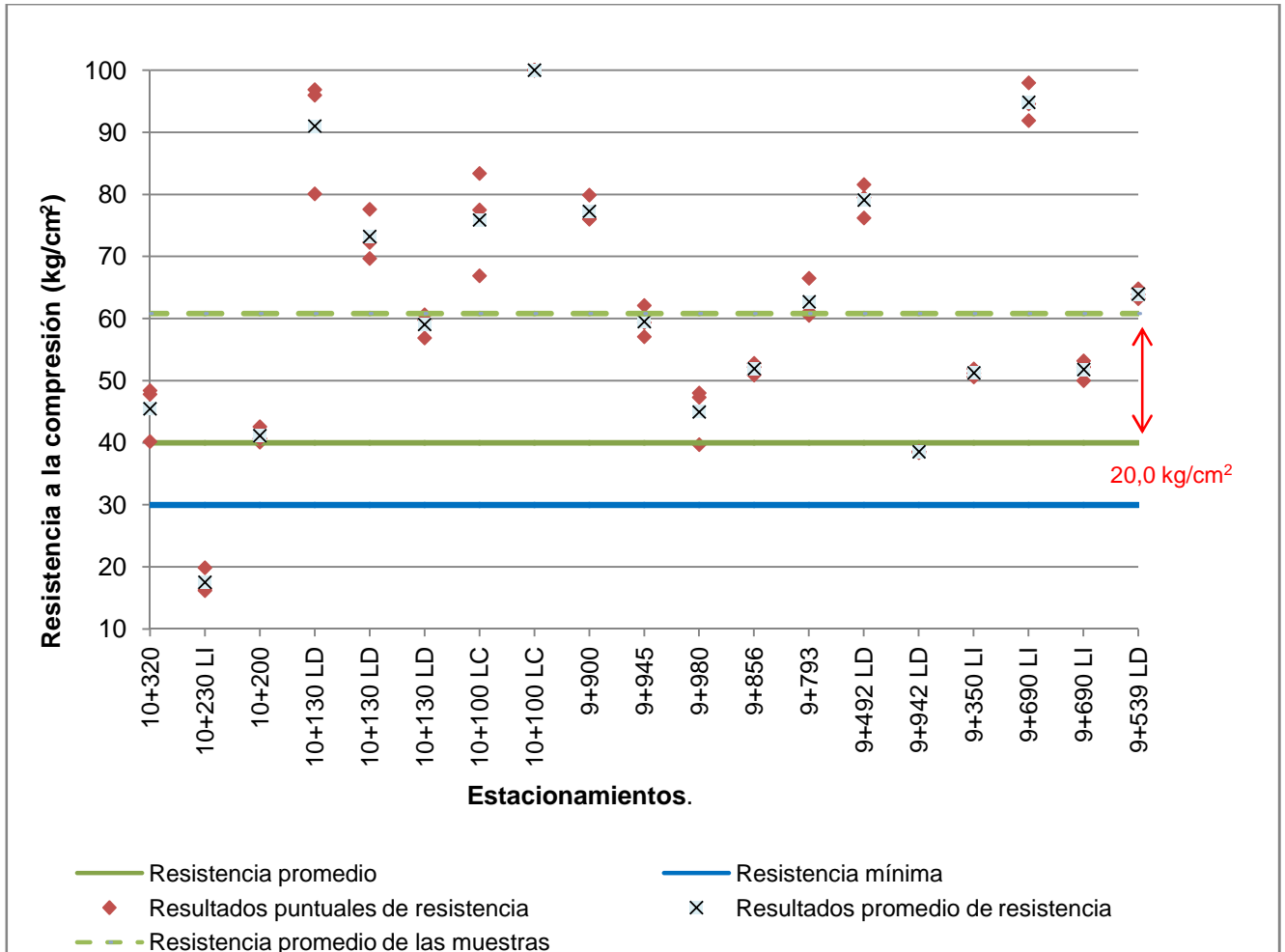
Informe	DC-0142-2011	DC-0142-2012	DC-0150-2012	DC-0150-2012	DC-0149-2012	DC-0149-2013	DC-0147-2012
Est	10+200	10+320	10+100 LC	10+130 LD	9+980	9+945	10+100 LC
Prom (Kg/cm <sup>2</sup> )	41,1	45,5	100,0	91,0	45,0	59,5	75,9
Desv	1,3	4,6	0,0	9,5	4,6	2,5	8,4
Informe	DC-0147-2013	DC-0145-2012	DC-0145-2012	DC-215-2012	DC-215-2012	DC-214-2012	
Est	10+130 LD	10+230 LI	10+130 LD	9+856	9+793	9+900	
Prom (Kg/cm <sup>2</sup> )	73,2	17,5	59,1	52,0	62,7	77,3	60,8 Kg/cm <sup>2</sup>
Desv	4,0	2,1	1,9	1,0	3,3	2,2	20,8

Fuente: Oficio GCTI-12-0265 y Oficio GCTI-12-0598

En la Tabla 7 se puede observar que los valores de resistencia promedio obtenidos para la base estabilizada BE-35 en dichos estacionamientos son en general mayores al valor promedio establecidos en la sección 308.02 del CR-77 (40 kg/cm<sup>2</sup>), el valor promedio de este grupo de datos es 60,8 kg/cm<sup>2</sup> cuando el establecido por especificación es de 40 kg/cm<sup>2</sup>, llegando a alcanzar valores promedio de hasta 91 kg/cm<sup>2</sup> y 100 kg/cm<sup>2</sup>.

Por otro lado el análisis de los datos obtenidos del Departamento de Calidad de CONAVI determinan valores que sobrepasan el límite teórico de 50 kg/cm<sup>2</sup> (Ver sección 8.5 de este informe de auditoría técnica). También se puede observar que de los datos de resistencia para la base estabilizada BE-35, uno de los resultados del muestreo no cumple con la especificación mínima de resistencia de 30kg/cm<sup>2</sup> (ver estacionamiento 10+230LI, informe DC-0145-2012).

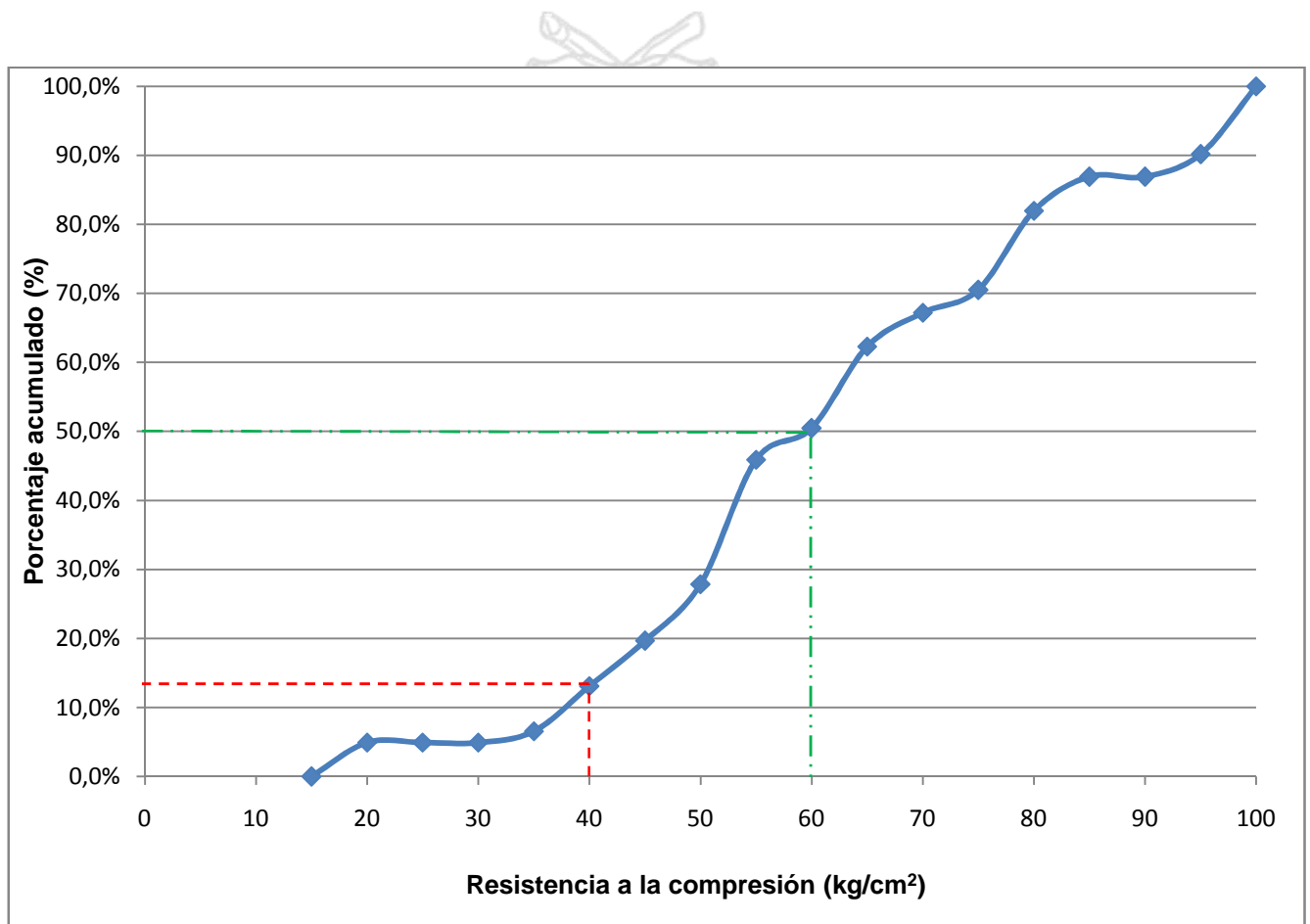
A continuación en el Gráfico 5 se observa de manera representativa los valores obtenidos de resistencia a la compresión, contrastados con los límites de la especificación.



**Gráfico 5.** Análisis resistencia a la compresión para el material de la Base Estabilizada BE-35 para estacionamientos en estudios del proyecto Heredia-Alajuela, según datos de Departamento de Calidad de CONAVI

En este gráfico también se puede observar que existe una diferencia de  $20,0 \text{ kg/cm}^2$  que existe entre el valor promedio de la especificación técnica del CR-77 ( $40 \text{ kg/cm}^2$ ) y el valor promedio de los muestras ensayadas por del Departamento de Calidad del CONAVI ( $60,8 \text{ kg/cm}^2$ ).

Otra forma de representar estos valores es a través del Gráfico 6, donde se muestra como aproximadamente el 12% de los resultados tienen un valor promedio de 40 kg/cm<sup>2</sup> (línea roja) tal y como lo indica la especificación técnica, lo que significa que un 88% de los datos presentan valores promedio mayores al requerido. También se puede observar (línea verde) el valor promedio de las muestras estudiadas, que tal y como se menciono anteriormente es 60,8 kg/cm<sup>2</sup>, ya que el 50% de los datos presentan este valor.



**Gráfico 6.** Análisis de frecuencia acumulada de la resistencia a la compresión para el material de la Base Estabilizada BE-35 para estacionamientos en estudio del proyecto Heredia-Alajuela, según datos de del Departamento de Calidad de CONAVI

- **Datos Laboratorio de Control de Calidad del Contratista (Control del Calidad)**

En la siguiente tabla (Ver Tabla 8) se describe de forma resumida los valores obtenidos como resultado de resistencia a la compresión aportados por el Control de Calidad (LGC)

**Tabla 8.** Resumen de datos resistencia a la compresión a los 7 días para cilindros de Base Estabilizada BE-35 para estacionamientos en estudios del proyecto Heredia-Alajuela, según Control de Calidad (LGC)

<b>Informe</b>	<b>494-2012</b>	<b>494-2012</b>	<b>399-2012</b>	<b>399-2012</b>	<b>399-2012</b>	<b>399-2012</b>
<b>Muestra</b>	<b>01-3021-2012</b>	<b>01-3181-2012 a 01-3185-2012</b>	<b>01-1524-2012</b>	<b>01-1528-2012</b>	<b>01-1651-2012</b>	<b>01-1665-2012</b>
<b>Est</b>	9+860 a 9+750 LI	10+330 LD	10+340 a 10+254	10+250 a 10+160	10+160 a 10+080	10+080 a 10+003
<b>Prom (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	45,8	76,5	46,5	80,1	56,9	66,0
<b>Desv</b>	0,6	17,5	2,0	0,2	0,2	0,6
<b>Informe</b>	<b>399-2012</b>	<b>399-2012</b>	<b>399-2012</b>	<b>399-2012</b>	<b>399-2012</b>	<b>399-2012</b>
<b>Muestra</b>	<b>01-1726-2012</b>	<b>01-1728-2012</b>	<b>01-2719-2012</b>	<b>01-2720-2012</b>	<b>01-2452-2012</b>	<b>01-3181-2012</b>
<b>Est</b>	9+935 LD	10+340 a 10+235 LD	10+340 A 10+235 LD	10+235 a 10+155 LD	10+295 LI	10+330 LD
<b>Prom (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	72,4	66,3	89,5	42,7	67,3	76,5
<b>Desv</b>	0,3	0,7	0,9	0,4	1,1	17,5
<b>Informe</b>	<b>399-2012</b>	<b>399-2012</b>	<b>399-2012</b>	<b>399-2012</b>	<b>399-2012</b>	
<b>Muestra</b>	<b>01-2832-2012</b>	<b>01-2894-2012</b>	<b>01-2923-2012</b>	<b>01-2924-2012</b>	<b>01-3021-2012</b>	
<b>Est</b>	10+155 a 10+085 LD	9+940 A 9+994 LD	9+940 A 9+856	9+856 A 9+750	9+860 A 9+750 LI	
<b>Prom (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	57,0	75,3	62,2	44,3	45,8	<b>61,5 Kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Desv</b>	0,2	0,3	0,8	0,3	0,6	<b>17,8</b>

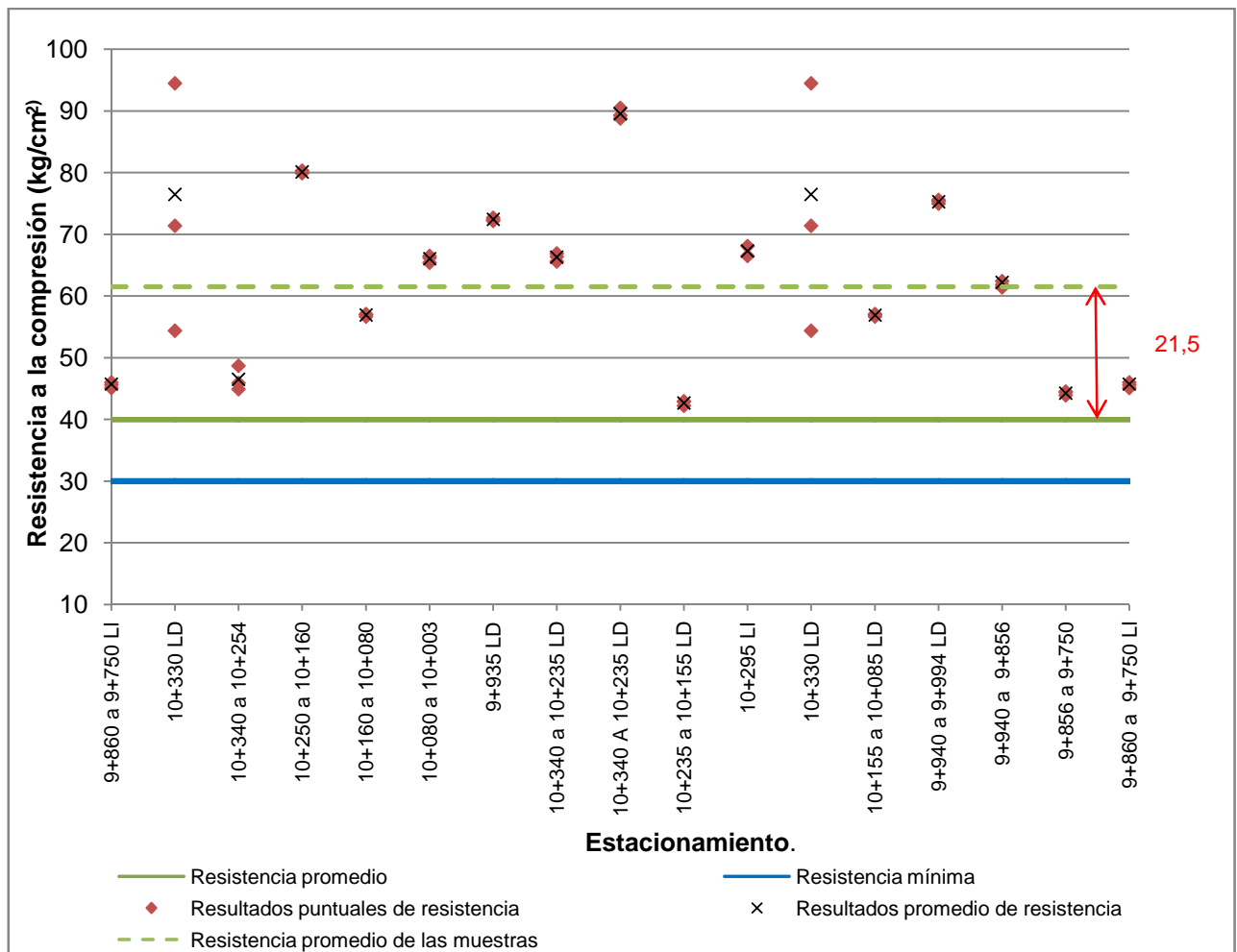
Fuente: Oficio GCTI-12-0265 y Oficio GCTI-12-0598

En cuanto a los valores de resistencia a la compresión desarrollados por los cilindros a los 7 días evidenciados por los datos del control de calidad, ninguna de las muestras ensayadas incumple la especificación del límite inferior establecido en el CR-77. Todos los valores obtenidos son mayores a 30kg/cm<sup>2</sup>. En general cinco de las muestras desarrollaron un valor de resistencia a la compresión promedio similar a la establecida en la especificación como resistencia promedio (40 kg/cm<sup>2</sup>), lo cual se puede ver con claridad en el siguiente gráfico

Informe Final LM-PI-AT-046-12	Fecha de emisión: Noviembre 2012	Página 53 de 72
-------------------------------	----------------------------------	-----------------

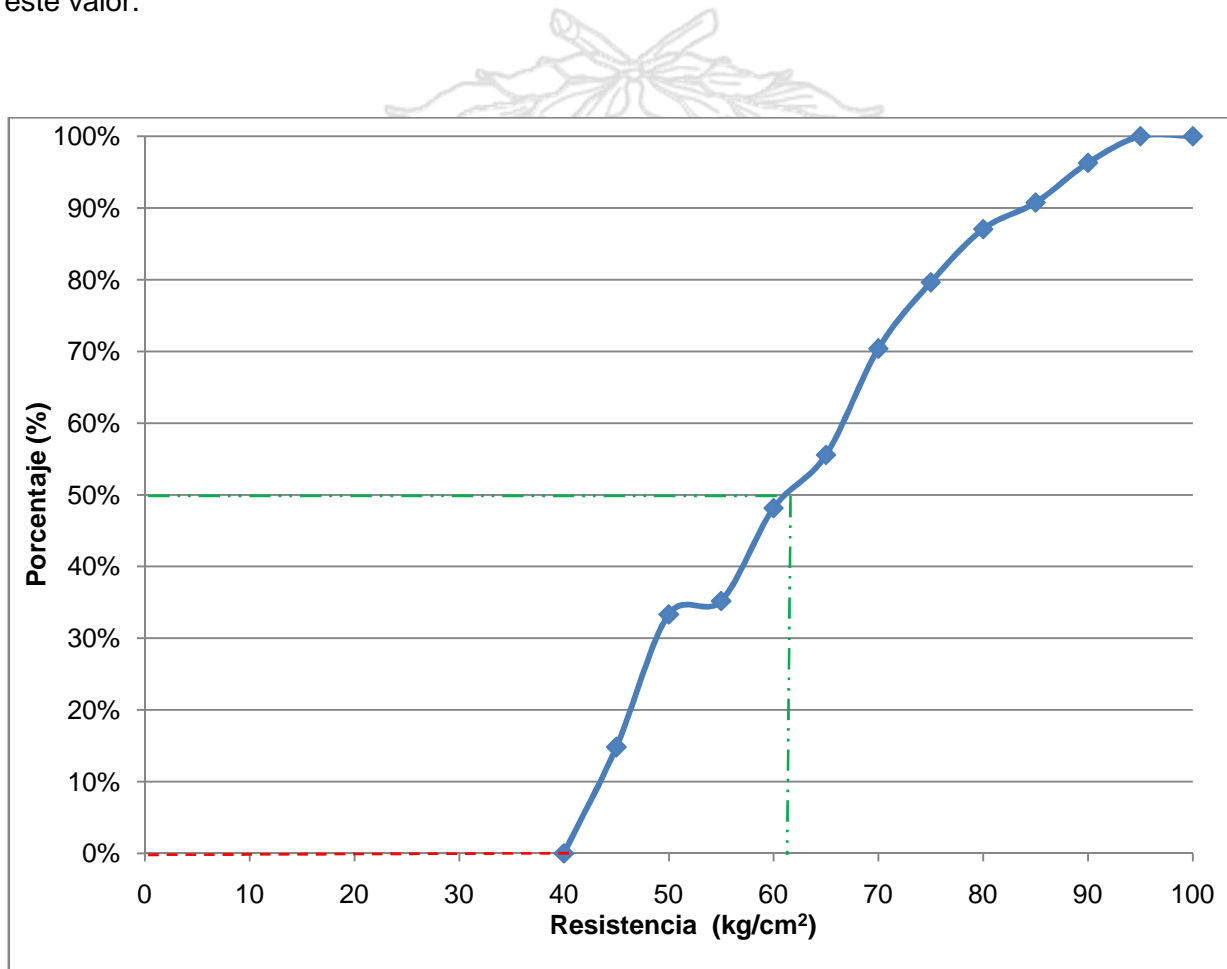
(Ver Gráfico 7). Los datos restantes varían de 56,9 kg/cm<sup>2</sup> a 122,3kg/cm<sup>2</sup> por lo tanto poseen un valor de resistencia promedio mayor a la especificación (40 kg/cm<sup>2</sup>).

En el Gráfico 7 se observan los valores obtenidos de resistencia a la compresión de material de base estabilizada, según los datos del laboratorio L.G.C, a cargo del Control de Calidad.



**Gráfico 7.** Análisis resistencia a la compresión para el material de la Base Estabilizada BE-35 para el proyecto Heredia-Alajuela, según datos del Control de Calidad (LGC)

En el Gráfico 8, se muestra una grafica de frecuencia acumulada, es otra forma de representar estos valores, en éste se muestra como ninguno de las muestras (0%) tienen un valor promedio de 40 kg/cm<sup>2</sup> (línea roja) tal y como lo indica la especificación técnica, lo que significa que el 100% de los datos presentan valores promedio mayores al requerido. También se puede observar (línea verde) el valor promedio de las muestras estudiadas, que tal y como se mencionó anteriormente es 61,5 kg/cm<sup>2</sup>, ya que el 50% de los datos presentan este valor.



**Gráfico 8.** Análisis de frecuencia acumulada para los valores de resistencia a la compresión para el material de la Base Estabilizada BE-35 para el proyecto Heredia-Alajuela, según datos del Control de Calidad (LGC)



Por otro lado, al igual que para todos los datos presentados en este informe, el equipo de auditoría técnica realizó un análisis estadístico reconcomiendo el criterio emitido en LM-PI-044-12 emitido el 07 de mayo de 2012 al señor Director Ejecutivo de CONAVI, Ing. José Luis Salas Quesada, y utilizando los datos de los laboratorios de Verificación y Control de Calidad respectivamente, de las resistencias reportadas, donde se obtuvo un porcentaje total estimado fuera de los rangos de trabajo (PT) de 63% en el caso de los datos del Departamento de Calidad de CONAVI (Verificación de la calidad) y de 75% en el caso del Control de Calidad.

Cabe reiterar que es responsabilidad del Ingeniero de Proyecto realizar una revisión completa con toda la información disponible tanto de verificación como de control de calidad realizada al material de base estabilizada, para determinar la aceptación y respectivo pago de este material.





## D. SOBRE LA DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE LA ZONA DE CONTROL TEMPORAL Y LA CANALIZACIÓN DEL TRÁNSITO

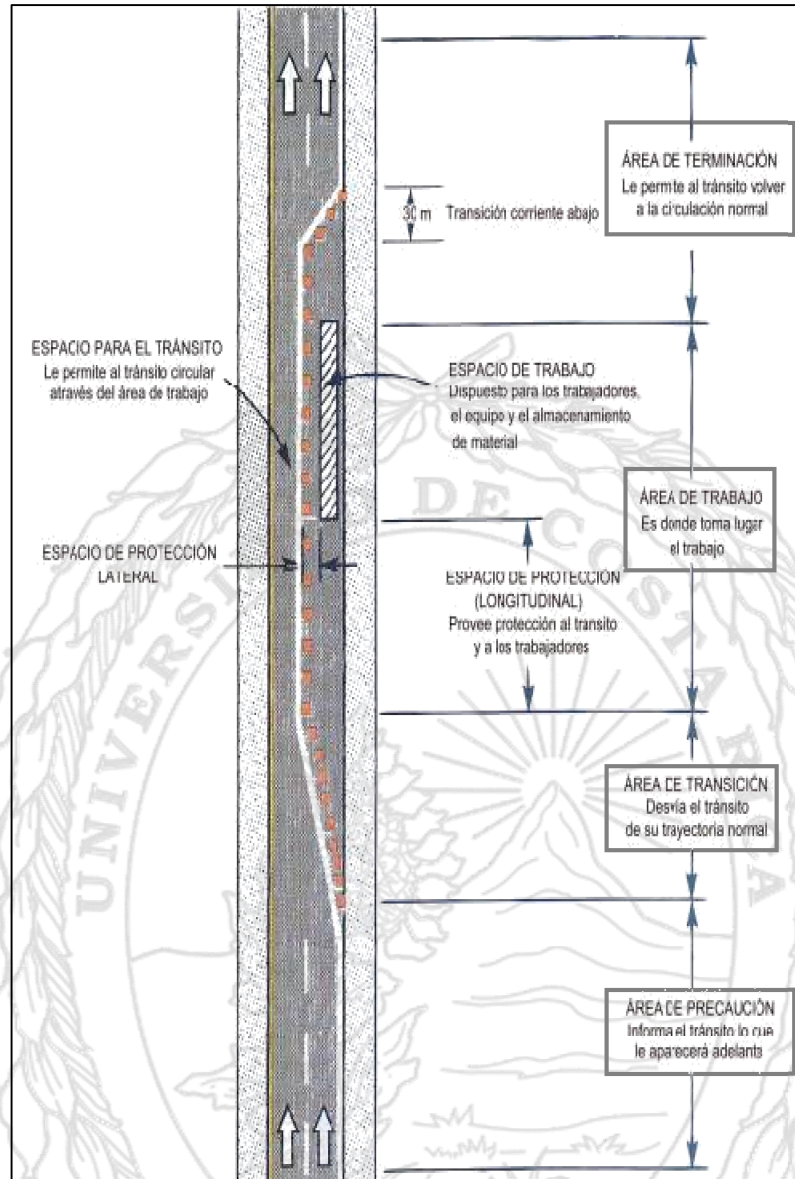
**Hallazgo 3: En los frentes de trabajo observados durante las visitas realizadas al proyecto no se establecieron las zonas de control con sus respectivas áreas de precaución, transición y terminación, ni se realizó la canalización del tránsito apropiada para realizar los trabajos de una forma segura, tanto para los usuarios de la vía como los trabajadores.**

Durante las visitas realizadas al proyecto en estudio, se observó que en los frentes de trabajo no se establecieron las áreas de precaución, transición y terminación, ni se realizó la canalización del tránsito apropiada para realizar los trabajos de una forma segura como se establece en el Manual de Dispositivos de Control Temporal del Tránsito.

Tal como se indica en la documentación de referencia y se muestra en la Figura 3. Componentes de una Zona de Control Temporal de Tránsito., las zonas de control temporal de tránsito deben contar con cuatro áreas bien definidas: área de precaución o prevención, área de transición, área de trabajo y área de terminación.

Un aspecto muy importante de una zona de control temporal de tránsito es el espacio de amortiguamiento (o de protección) que se recomienda en el área de trabajo, tanto lateral como longitudinal<sup>8</sup>. En estos espacios, que se muestran en la siguiente figura, el amortiguamiento lateral es de especial importancia para los trabajadores de la obra, ya que con ello se guarda una distancia de seguridad mínima con respecto al flujo vehicular y el amortiguamiento longitudinal separa los flujos de tránsito en contrasentido

<sup>8</sup> Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.(SIECA) ,2000.



**Figura 3.**Componentes de una Zona de Control Temporal de Tránsito.  
(Manual del SIECA, 2000)

Otro detalle que debe tenerse en cuenta es que al momento en que se deban utilizar uno o más carriles pertenecientes a otro sentido de circulación, los flujos de tránsito deben ser canalizados o separados físicamente.

Durante las visitas al proyecto fue posible constatar que el proyecto contó con una separación de la zona de trabajo y el flujo vehicular, pero además fue posible evidenciar que se careció de dicha canalización y zonas temporales de control del tránsito en algunos trayectos en las zonas de trabajo, en donde no estaba claramente indicado por cuál carril se debía circular, llegando incluso en algunos sitios a circular los automóviles cerca al flujo vehicular que viajaba en sentido contrario. Tal como se puede observar en las siguientes fotografías, donde no se observa una separación física de los distintos flujos vehiculares. (Ver Fotografía 1 a la Fotografía 6).



**Fotografía 1.** Inexistencia de separación entre flujos de tránsito  
Fecha: 30/01/2012



**Fotografía 2.** Inexistencia de separación entre flujos de tránsito  
Fecha: 28/02/2012



**Fotografía 3.** Falta de claridad en la definición de los frentes de trabajo  
Fecha:13/04/2012



**Fotografía 4.** Separación del flujo vehicular y la zona de trabajo  
Fecha:17/04/2012



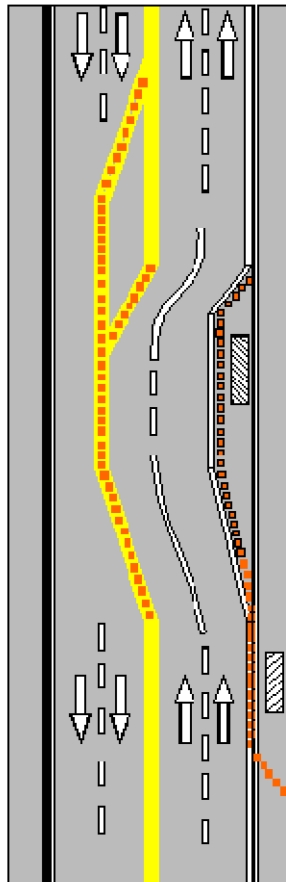
**Fotografía 5.** Falta de claridad en la definición de los frentes de trabajo  
Fecha:04/05/2012



**Fotografía 6.** Separación del flujo vehicular y la zona de trabajo  
Fecha:31/05/2012

El Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito indica que *“... la función de los dispositivos de canalización es prevenir y alertar a los conductores de las condiciones creadas por el área de trabajo provisional; proteger a los trabajadores dentro del área de control temporal de tránsito; y guiar a los conductores y peatones con seguridad...”* Un ejemplo del uso de estos dispositivos se muestra en la Figura 4, donde se

observa la canalización con conos entre los sentidos de circulación, y se ilustra en la Fotografía 7.



**Figura 4.** Esquema de colocación de conos en una zona de trabajo (Manual SIECA, 2000)



**Fotografía 7.** Canalización vehicular por medio de conos a través de una zona de trabajo (<http://www.freefoto.com>).

En las siguientes fotografías se muestran varios de los frentes de trabajo activos en el proyecto sobre la Ruta Nacional N°3, sección: Heredia- Alajuela, durante las visitas realizadas por el equipo de auditoría técnica. Como se puede apreciar en dichas zonas de

trabajo, no se observan las áreas de prevención, transición, de trabajo y terminación establecidos para la zona de control temporal de tránsito, en el manual referido.



**Fotografía 8** . Ausencia de área de prevención transición, de trabajo y terminación establecidos.  
Fecha 06/02/2012



**Fotografía 9** . Ausencia de área de prevención transición, de trabajo y terminación establecidos.  
Fecha 07/02/2012

Para cada frente de trabajo, es preciso realizar un diseño de cada zona, de acuerdo con la velocidad de circulación de los vehículos y las características de geometría de la vía. De esta manera se determinan las distancias de separación entre los elementos canalizadores, y entre las señales verticales de precaución que se deberán utilizar.

Cabe recalcar que en el Cartel de Licitación, en el apartado 26.5 se señala que: "...El contratista es responsable de las condiciones de seguridad de todas las actividades que se desarrollen en la zona de obras...". Esta condición no se desarrolla a lo largo del proyecto, poniendo en peligro la seguridad tanto de los usuarios de la vida como de los trabajadores.

Por otro lado en el Plan de Manejo de Tránsito se menciona la existencia de 7 tipos de desvíos dependiendo de las condiciones de la ruta y el tipo de trabajo a realizar, de estos se indica que: *... "Toda la señalización y los dispositivos de control temporal del tránsito utilizados durante la ejecución de trabajos de construcción deberán cumplir con las especificaciones y normas establecidas en el Manual Centroamericano de Dispositivos*

*Uniformes para el Control del Tránsito SIECA 2000...*”, que tal como pudo observar el equipo de auditoría técnica en la práctica no se cumple a cabalidad.

**Observación No. 3: En el proyecto no se cuenta con las facilidades necesarias para que los peatones circulen de forma segura.**

En cada zona de trabajo, es necesario que los peatones cuenten con un espacio apropiado y debidamente señalizado para poder transitar, sin quedar expuestos a situaciones de riesgo, tanto por los vehículos que circulan por la vía, como por la maquinaria presente dentro de la zona de trabajo.

En el caso de este proyecto, el equipo de auditoría técnica pudo evidenciar que no se cuenta con las facilidades necesarias para que los peatones transiten seguramente a través de éste.

Se observó tránsito de peatones en el área de trabajo debido a que en la acera también se estaban ejecutando labores de construcción que no permiten un tránsito seguro por esta sección, tal y como se muestra en las siguientes fotografías. (Ver Fotografía 10 a la Fotografía 13).



**Fotografía 10.** Tránsito de peatones en el área de trabajo.  
Fecha 07/02/2012



**Fotografía 11 .** Tránsito de peatones en el área de trabajo.  
Fecha 06/03/2012



**Fotografía 12.** Tránsito de peatones en el área de trabajos.  
Fecha:31/05/2012



**Fotografía 13.** Falta de facilidades peatonales, control del tránsito en obra  
Fecha:04/05/2012

Relacionado con este tema el Plan de Manejo de Tránsito presentado por el Contratista señala en la sección 6.4 Manejo de Peatones que:...” como *principal medida a aplicar se recomienda la separación de los flujos peatonales de los flujos vehiculares sobre en todo en las etapas del PMT en las cuales los flujos vehiculares se acercan a las aceras existentes en los costados de la vía. Se recomienda que esta medida se aplique en toda la longitud del proyecto con especial énfasis en los sectores de concentración poblacional mencionados en el párrafo anterior. Para tales efectos se recomienda la utilización de **mallas separadoras** de flujos, las cuales deben ser flexibles y que garanticen el espacio para que los peatones se puedan trasladar a través de las aceras. Esta malla deberá cumplir con el objetivo de demarcar físicamente un canal o ducto peatonal que impida a la vez que los peatones invadan la zona de intervención o zona de obras y viceversa. Asimismo, se debe de **colocar el señalamiento adecuado** para que el peatón sea informado y prevenido con suficiente antelación de posibles cierres de aceras y/o obstrucciones en estas...”*

En relación con lo anterior, el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, recomienda en su Capítulo 6, apartado 6.2 y 6.41, lo siguiente:



## **“6.2 Principios fundamentales**

3.- *Los conductores y los peatones deberán ser guiados de una forma clara mientras se aproximen y atraviesen una zona de control temporal de tránsito.”*

### **“6.4.1 Consideraciones Peatonales**

*(...) Los peatones deben contar con pasos o senderos seguros y convenientes que reproduzcan hasta donde se puedan las características de las aceras.*

*Para satisfacer las necesidades de los peatones en sitios de trabajo, siempre se deberá recordar que el tipo de peatón esperado es muy amplio, incluyendo ciegos, sordos y aquellos con discapacidades para caminar. Todos los peatones necesitan protección de cualquier peligro potencial y un paso o sendero para caminar claramente delineado y libre de escombros.*

*Por lo tanto, se deberá hacer todo lo posible para separar los movimientos peatonales tanto de la actividad del sitio de trabajo como del tránsito adyacente. Siempre que sea posible, se deberá usar señalamiento vertical para dirigir a los peatones hacia cruces de calles seguros en anticipación a la zona de control temporal de tránsito.”* (Lo resaltado no es del texto original)

Se recalca la importancia de contar con un espacio apropiado para que todos los usuarios de la vía puedan transitar, sin quedar expuestos a situaciones de riesgo, considerando que el proyecto se desarrolla en una zona urbana rodeada de gran actividad comercial, escuelas, entre otros.

Es importante destacar que esta auditoría técnica tuvo acceso a los oficios DVCR-12-0260 del 06 de junio del 2012, DVCR-12-0270 del 13 de junio del 2012 y DVCR-12-0330 del 17 de julio del 2012 enviados por del Departamento de Calidad de CONAVI por parte de Ing. Benjamín Sandi, jefe del Departamento a la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes específicamente a los Ing. Carlos Pereira, gerente, Ing. Orlando Vargas, ingeniero del proyecto y al Lic. Reynaldo Vargas, auditor interno; en temas relacionados con seguridad y

control de tránsito en obra y problemas constructivos del proyecto de mejoramiento de la Ruta Nacional N° 3. Sección: San Francisco de Heredia- San Joaquín de Flores-Río Segundo de Alajuela. Licitación Pública No. 2008LN-000017-0DI00.

En cuanto a seguridad vial las principales observaciones que se pueden citar de dichos informes son:

- Rotulación preventiva nula
- Incumpliendo del Tomo de Disposiciones en cuanto a materia de seguridad de obras viales se refiere.
- Dispositivos de canalización de tránsito (conos) no cumplen con el Manual de Dispositivos
- Frentes de trabajo sin señalización preventiva.
- Inadecuado manejo del tránsito, falta de elementos de canalización.
- El personal no cuenta con el equipo de seguridad necesario (falta banderillas, entre otros).
- Estructuras de alcantarilla sin parilla, pueden ocasionar un accidente.

La mayoría de aspectos señalados en los informes del Departamento de Calidad de CONAVI, coinciden con los detectados y descritos en este informe de auditoría técnica, por lo que refuerzan las observaciones y hallazgos señalados.

## 11. CONCLUSIONES

- 11.1** En relación con el ensayo de granulometría realizados por el LanammeUCR para las 8 muestras de material de base estabilizada tomadas en el período enero a mayo de 2012 y con base en el análisis estadístico realizado, se concluye que estas muestras presentaron una carencia de material fino con respecto a lo que se indica en la especificación del CR-77, apartado 308.02 “Agregados”.

- 11.2** Los resultados de resistencia a la compresión de cilindros de base estabilizada analizados por el LanammeUCR para las 8 muestras ensayadas en los meses de enero a mayo de 2012, presentó incumplimiento de este parámetro ya que los valores obtenidos exceden el valor promedio ( $40 \text{ kg/cm}^2$ ) descrito en la especificación del CR-77 .
- 11.3** Los resultados tanto de granulometría como de resistencia a la compresión de base estabilizada BE-35 de las muestras ensayadas por el LanammeUCR se reportaron oportunamente mediante los oficios LM-IC-D-0402-2012 del 30 de abril 2012, LM-IC-D-0628-12 del 06 de junio 2012 y LM-IC-D-1032-2012 del 03 de septiembre del 2012.
- 11.4** De los ensayos granulométricos realizados por del Departamento de Calidad de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes del CONAVI realizados a 4 muestras de material de base estabilizada tomadas en el período enero a marzo de 2012 y con base en el análisis realizado mediante técnicas estadísticas, se concluye que estas muestras presentaron una carencia de material fino con respecto a lo que se indica en la especificación del CR-77, apartado 308.02 “Agregados“. En cuanto a los datos de control de calidad del contratista, no se cuenta con datos de análisis granulométricos.
- 11.5** Los resultados de resistencia a la compresión de cilindros de base estabilizada analizados por el laboratorio de control de la calidad del contratista y del Departamento de Calidad de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes del CONAVI para las muestras ensayadas en los meses de enero a mayo de 2012, se evidenció incumplimiento de este parámetro en dichas muestras ya que los valores obtenidos exceden el valor promedio ( $40 \text{ kg/cm}^2$ ) descrito en la especificación del CR-77.).
- 11.6** La aplicación de herramientas estadísticas para el control de procesos de producción de materiales que posteriormente se incorporan a un proyecto, es de vital importancia ya que evalúan no sólo los resultados fuera de los límites de especificación, sino también la variabilidad del proceso, permitiendo evaluar la

probabilidad de que el material no cumpla con el nivel de calidad establecido por las especificaciones como resultado de la variabilidad inherente del proceso.

**11.7** Cualquier obra que se realice en las vías nacionales debe tomar en cuenta como parte de su proceso de planificación y desarrollo, la seguridad vial de todos los usuarios involucrados, así como el manejo adecuado del tránsito. Un incumplimiento de las normas mínimas de seguridad vial del proyecto, potencia la ocurrencia de accidentes de tránsito, puede aumentar la congestión vehicular, y puede generar molestias a los usuarios de la vía intervenida y las vías aledañas.

**11.8** En términos generales, y conforme con los criterios técnicos de los documentos contractuales, se evidenció que en las zonas de trabajo no se establecen las áreas de prevención, de transición, de trabajo y de terminación; ni los espacios de amortiguamiento lateral y longitudinal, los cuales determinan la seguridad de los trabajadores y de los usuarios de la vía.

**11.9** En las zonas de trabajo, a lo largo de la obra no se disponen zonas de paso peatonal señalizadas y debidamente separadas del flujo vehicular, que protejan al peatón de los vehículos y de las propias tareas de construcción y que al mismo tiempo le garanticen condiciones de accesibilidad para todos los usuarios incluyendo personas con discapacidad.

## 12. RECOMENDACIONES

Le corresponde a la Administración definir e implementar las medidas correctivas y preventivas pertinentes, que contribuyan subsanar los hallazgos y observaciones planteados en el presente informe. A continuación se indican algunas recomendaciones.

### A la Ingeniería de Proyecto y la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes del CONAVI:

- 12.1 Aplicar en el proyecto y para futuros proyectos velar por la aplicación de herramientas estadísticas para evaluar tanto el cumplimiento de especificaciones como la variabilidad de los procesos de producción de materiales que se incorporan a las obras, para que de esta forma se aplique el pago en función del nivel de calidad de los materiales.
- 12.2 Exigir la aplicación de la normativa nacional referente a la señalización vial temporal de control del tránsito en obra y seguridad vial respectiva, según el cartel de licitación y los demás documentos contractuales, a lo largo de todo el periodo de ejecución del proyecto, inclusive durante las etapas de reparaciones o corrección de defectos.
- 12.3 Exigir el cumplimiento de la señalización temporal de obra desde el inicio del proyecto para lograr minimizar la posibilidad de ocurrencia de accidentes de tránsito, o en caso de que ocurran, minimizar su gravedad. Adicionalmente, ante incumplimientos como los presentados en este proyecto en señalamiento preventivo, adoptar una posición estricta y aplicar lo establecido en cuanto a multas por este concepto.
- 12.4 Exigir al contratista la colocación y mantenimiento de señalización preventiva en las obras incluidas que deban mantenerse en el proyecto, durante los periodos en que éste permanezca detenido.

### **A la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes:**

**12.5** Incorporar en los carteles de licitación de proyectos de construcción, reconstrucción, mejoramiento o rehabilitación, el modelo de aceptación y pago en función de la calidad que la Administración considere conveniente, tal como se hizo en este proyecto, en términos de garantizar el recibo y respectivo pago a satisfacción, de acuerdo con la calidad de los materiales que son incorporados a los proyectos.

**12.6** Incorporar en los carteles de licitación el uso de demarcación horizontal provisional cuando la vía entre en operación y que por razones que afectan el avance de ejecución programado del proyecto, generen el retraso de la demarcación definitiva.

### **A la Dirección Ejecutiva y el Consejo Administrativo de CONAVI:**

**12.7** En vista de los hallazgos identificados en relación con la base estabilizada y los aspectos de Seguridad Vial de este proyecto, mantener la observancia de lo establecido en el Artículo N°151 del Reglamento a la Ley de Contratación Administrativa (RLCA) que establece: *“...La Administración solo podrá recibir definitivamente la obra, después de contar con los estudios técnicos que acrediten el cumplimiento de los términos de la contratación, sin perjuicio de las responsabilidades correspondientes a las partes en general y en particular las que se originen en vicios ocultos de la obra. Dicho estudio formará parte del expediente, lo mismo que el acta a que se refiere el presente artículo.... La recepción definitiva de la obra no exime de responsabilidad al contratista por incumplimientos o vicios ocultos de la obra”*



**Ing. Víctor Cervantes Calvo.**  
Auditor Técnico, LanammeUCR

**Equipo Auditor**

**Ing. Francisco Fonseca Chaves.**  
Auditor Técnico, LanammeUCR

**Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo.**  
Auditora Técnica, LanammeUCR

**Aprobado por:**

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

**Aprobado por:**

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

**Visto bueno de legalidad**

**Lic. Miguel Chacón Alvarado.**  
Asesor Legal LanammeUCR

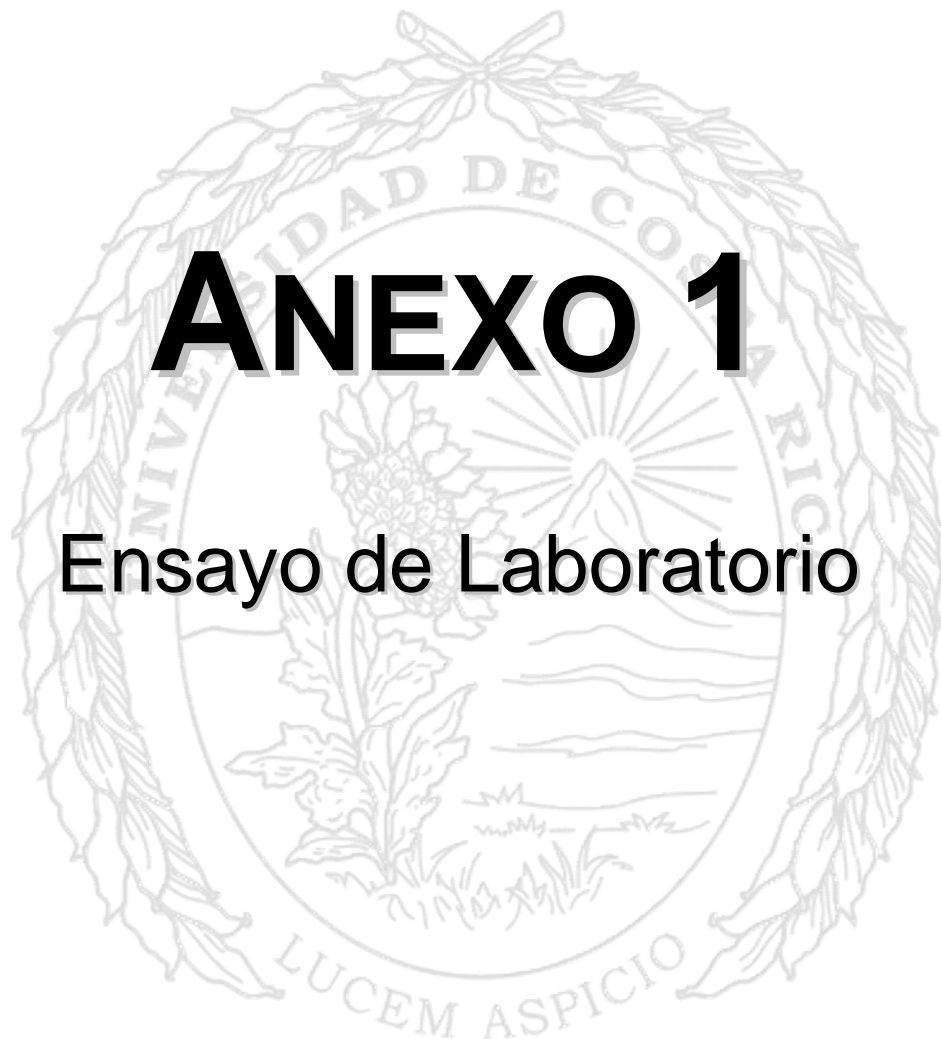


Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos



PROGRAMA DE  
INFRAESTRUCTURA DEL  
TRANSPORTE

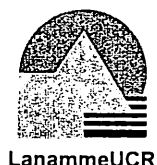
Informe Final  
LM-PI-AT-046-12



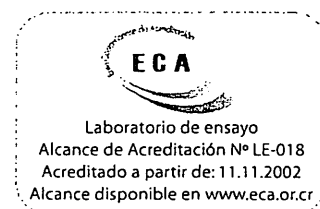
# ANEXO 1

## Ensayo de Laboratorio





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0173-12

## Informe de Ensayo

RC-80 v.04 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST-0127 -12

### 1. Información del cliente:

**Nombre:** Auditoría Técnica.  
**Proyecto:** No aplica.  
**Domicilio:** San Pedro, Montes de Oca.

### 2. Método de ensayo:

IT-CA-01 (ASTM C 702) (\*)  
Procedimiento para reducir muestras de agregado a tamaños de ensayo.  
IT-CA-02 (ASTM C 136) (\*)  
Procedimiento para el análisis por mallas de agregado fino y grueso.  
IT-CA-03 (ASTM C 117) (\*)  
Método para determinar el material más fino que 0,075 mm por lavado en malla de 0,075 mm.  
IT-CA-52 (ASTM D 75) (\*)  
Procedimiento para el muestreo de los agregados.  
IT-GC-02 (ASTM D 2216) (\*)  
Procedimiento para determinar el contenido de humedad de suelos y rocas.  
IT-GC-05 (ASTM D 4318) (\*)  
Procedimiento para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo.  
ASTM D 1633 (\*\*)  
Procedimiento para determinar el esfuerzo de compresión confinada de cilindros de suelos estabilizados.  
ASTM D 558 (\*\*) Método de ensayo estándar para relación densidad – humedad (peso unitario) mezclas de suelo – cemento.

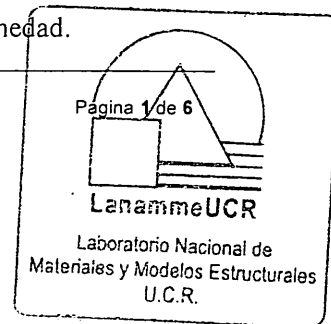
(\*) Ensayo acreditado. Ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

(\*\*) Ensayo no acreditado.

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

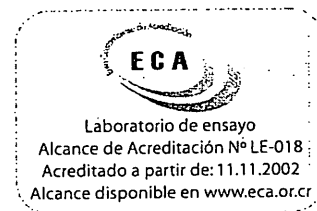
<u>No. de identificación:</u>	<u>Descripción:</u>
0348-12	1 Saco con lastre, identificado como #1 y #2.
0349-12	2 Bolsas con lastre para ensayo de humedad.

500 metros al norte de Supermercado Muñoz y Nanne, Finca #2, Universidad de Costa Rica  
Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Tel (506) 2511-5423, Fax (506) 2511-4440  
e-mail: [direccion.lanamme@ucr.ac.cr](mailto:direccion.lanamme@ucr.ac.cr)





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



**No. de informe: I-0173-12**

0457-12 3 Pastillas de base estabilizada, identificadas como: #1, #2 y #3.

0458-12 3 Pastillas de base estabilizada, identificadas como: #4, #5 y #6.

**Aportadas por:** Sr. Marcos Sandoval

**Fecha de recepción :** 2012/02/08

**Fecha de realización del ensayo:** 2012/02/08 – 2012/02/28

**4. Información del muestreo:**

**Fecha de muestreo:** 2012/02/07

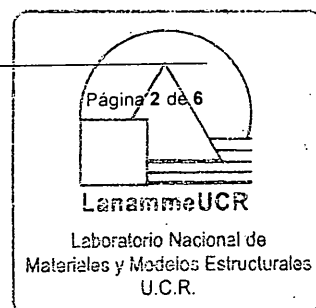
**Ubicación:**

0348-12	Frente a la gasolinera Delta, carril izquierdo sentido sur – norte, est. : 9+860.
0349-12	Invu Las Cañas, carril derecho sentido sur – norte, contiguo a Cemaco, est.: 9+920.
0457-12	Calle Central del Invu las Cañas, frente a Bomba Delta t Est:9+860
0458-12	Calle Principal INVU Las Callas, Contiguo a Cemaco.

**Procedimiento de muestreo:**

Se muestrea material en sitio para elaborar especímenes de base estabilizada, similar a la norma ASTM D-558, solo que en condiciones de campo. Adicionalmente se extrae material para muestras de humedad.

**Condiciones ambientales:** No aplica pues en el laboratorio los especímenes se acondicionan.



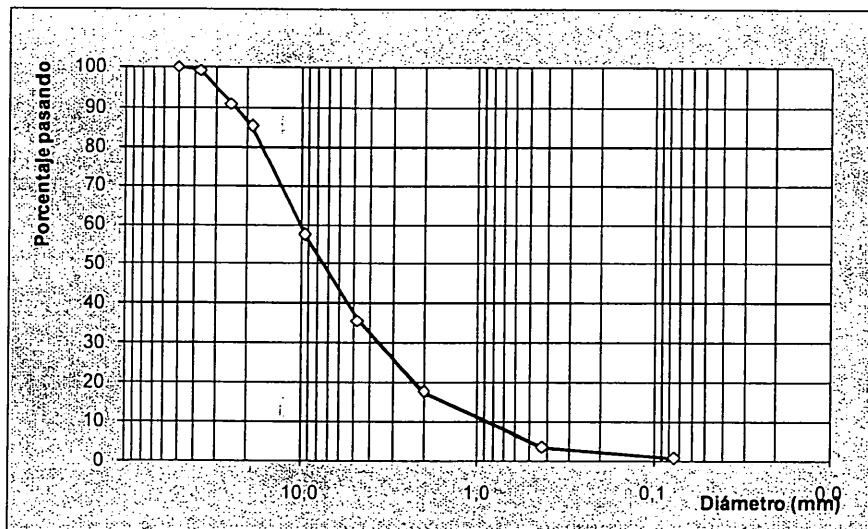
**No. de informe: I-0173-12**

**5. Resultados:**

**Tabla 1. Resultados del análisis granulométrico: muestra 0348-12 (1)**

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	%RET. AC.	%PAS.
2"	50,0	0,00	0,00	0,00	100
1 1/2"	37,5	185	1,01	1,01	99
1"	25,0	1500	8,23	9,25	91
3/4"	19,0	1023	5,61	14,9	85
3/8"	9,50	5068	27,8	42,7	57
Nº 4	4,75	3981	21,8	64,5	35
Nº 10	2,00	3269	17,9	82,5	18
Nº 40	0,425	2590	14,2	96,7	3,3
Nº 200	0,075	513	2,82	99,5	0,51
MODULO DE FINURA					1,77

**Gráfico 1: Curva granulométrica: muestra 0348-12 (1)**

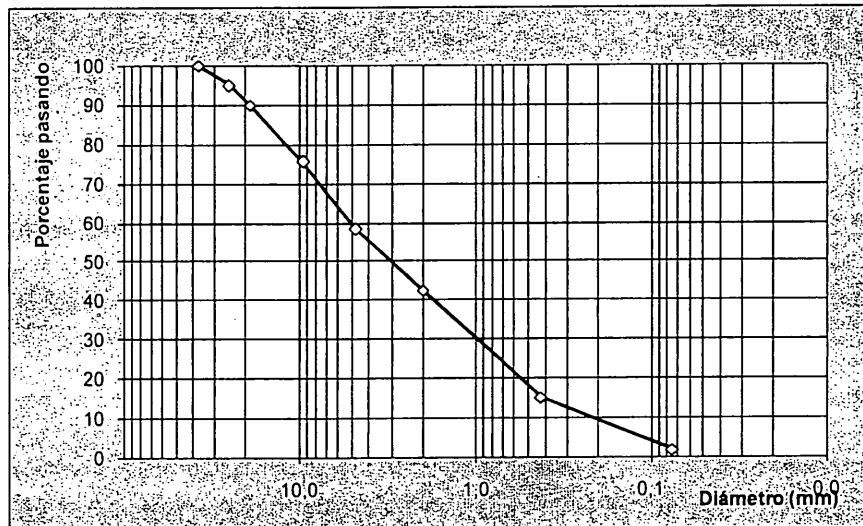


No. de informe: I-0173-12

**Tabla 2. Resultados del análisis granulométrico: muestra 0348-12 (2)**

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	%RET. AC.	%PAS.
1 1/2"	37,5	0,00	0,00	0,00	100
1"	25,0	678	5,24	5,24	95
3/4"	19,0	629	4,87	10,1	90
3/8"	9,50	1879	14,5	24,6	75
N° 4	4,75	2245	17,4	42,0	58
N° 10	2,00	2013	15,6	57,6	42
N° 40	0,425	3543	27,4	85,0	15
N°200	0,075	1720	13,3	98,3	1,7
MODULO DE FINURA					1,37

**Gráfico 2: Curva granulométrica: muestra 0348-12 (2)**



No. de informe: I-0173-12

**Tabla 3 Resultados de Límites Atterberg**

MUESTRA	LIMITE LÍQUIDO	LIMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICIDAD
0348-12 (1)	NP	NP	NP
0348-12 (2)	NP	NP	NP

**Nota:**

- NP: Significa no desarrolla plasticidad.

**Tabla 4. Resistencia a la compresión de bases estabilizadas: muestra 0457-12**

FECHA DE MOLDEO: 2012/02/07

FECHA FALLA: 2012/02/14

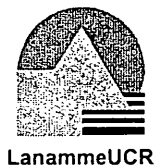
ESPÉCIMEN No.	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA TRANSVERSAL (cm <sup>2</sup> )	L/D	CARGA MÁXIMA (kN)	ESFUERZO MÁXIMO (kPa)	ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	EDAD DE FALLA (días)
1	101	117	80,7	1,15	69,6	8619	87,9	7
2	102	117	81,0	1,15	63,5	7838	79,9	7
3	102	117	81,0	1,15	65,0	8025	81,8	7

**Tabla 5. Resistencia a la compresión de bases estabilizadas: muestra 0458-12**

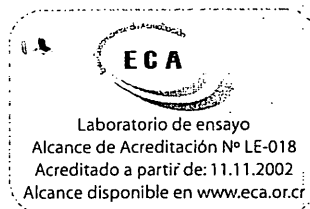
FECHA DE MOLDEO: 2012/02/07

FECHA FALLA: 2012/02/14

ESPÉCIMEN No.	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA TRANSVERSAL (cm <sup>2</sup> )	L/D	CARGA MÁXIMA (kN)	ESFUERZO MÁXIMO (kPa)	ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	EDAD DE FALLA (días)
1	102	117	81,0	1,15	84,1	10377	106	7
2	102	117	81,0	1,15	81,4	10044	102	7
3	102	117	81,0	1,15	87,0	10736	109	7



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0173-12

Tabla 6. Contenido de humedad de especímenes

ESPECIMEN No.	MUESTRA No.	HUMEDAD NATURAL (%)
0349-12 (1)	0457-12	7,65
0349-12 (2)	0458-12	14,8


**Aclaraciones:**

- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para la(s) muestra(s) indicada(s) en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

Revisó:

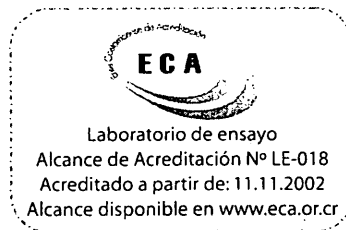
*Ana Monge Sandí*  
Ing. Ana Monge Sandí, M.Sc.  
Coordinadora de Laboratorios  
de Infraestructura Civil

Aprobó:

*Alejandro Navas Carro*  
Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.  
Director LanammeUCR  
  
Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales  
U.C.R.



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0251-12

## Informe de Ensayo

RC-80 v.04 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST-0243 -12

### 1. Información del cliente:

**Nombre:** Auditoría Técnica. (Ing. Ana Elena Hidalgo)

**Proyecto:** Carretera Heredia-Alajuela.

**Domicilio:** San Pedro, Montes de Oca.

### 2. Método de ensayo:

IT-CA-01 (ASTM C 702) (\*)

Procedimiento para reducir muestras de agregado a tamaños de ensayo.

IT-CA-02 (ASTM C 136) (\*)

Procedimiento para el análisis por mallas de agregado fino y grueso.

IT-CA-03 (ASTM C 117) (\*)

Método para determinar el material más fino que 0,075 mm por lavado en malla de 0,075 mm.

IT-CA-52 (ASTM D 75) (\*)

Procedimiento para el muestreo de los agregados.

IT-GC-02 (ASTM D 2216) (\*)

Procedimiento para determinar el contenido de humedad de suelos y rocas.

IT-GC-05 (ASTM D 4318) (\*)

Procedimiento para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo.

ASTM D 1633 (\*\*)

Procedimiento para determinar el esfuerzo de compresión confinada de cilindros de suelos estabilizados.

(\*) Ensayo acreditado. Ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

(\*\*) Ensayo no acreditado.

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

#### No. de identificación:

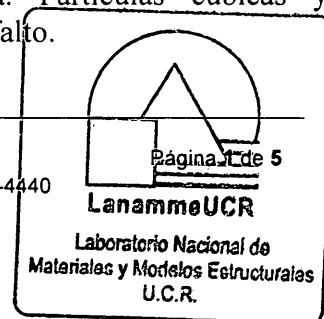
0519-12

#### Descripción:

3 Pastillas de base estabilizada.

0520-12

1 Bolsa de base estabilizada. Partículas cubicas y redondeadas con presencia de asfalto.



**No. de informe: I-0251-12**

0521-12 1 Bolsa de base estabilizada. Partículas cubicas y  
alargadas con presencia de asfalto.  
0522-12 1 Bolsa de base estabilizada.  
0523-12 1 Bolsa de base estabilizada.

**Aportadas por:** Sr. Reyne Villagra (LanammeUCR)

**Fecha de recepción :** 2012/03/01

**Fecha de realización del ensayo:** 2012/02/28 – 2012/03/19

**4. Información del muestreo:**

**Fecha de muestreo:** 2012/02/28

**Ubicación:** Frente a Repuestos Conejo, Estación 9 + 910, sentido San José a Alajuela, Lado Derecho.

**Procedimiento de muestreo:**

Se muestrea material en sitio para elaborar especímenes de base estabilizada, similar a la norma ASTM D-558, solo que en condiciones de campo. Adicionalmente se extrae material para muestras de humedad.

**Condiciones ambientales:** No aplica pues en el laboratorio los especímenes se acondicionan.

**5. Resultados:**

**Tabla 1. Resistencia a la compresión de bases estabilizadas: muestra 0519-12**

FECHA DE MOLDEO: 2012/02/28

FECHA FALLA: 2012/03/06

ESPÉCIMEN No.	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA TRANSVERSAL (cm <sup>2</sup> )	L/D	CARGA MÁXIMA (kN)	ESFUERZO MÁXIMO (kPa)	ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	EDAD DE FALLA (días)
1	102	117	81,0	1,16	54,4	6720	68,5	7
2	102	118	80,9	1,16	52,3	6459	65,9	7
3	102	117	80,9	1,15	48,5	5997	61,1	7



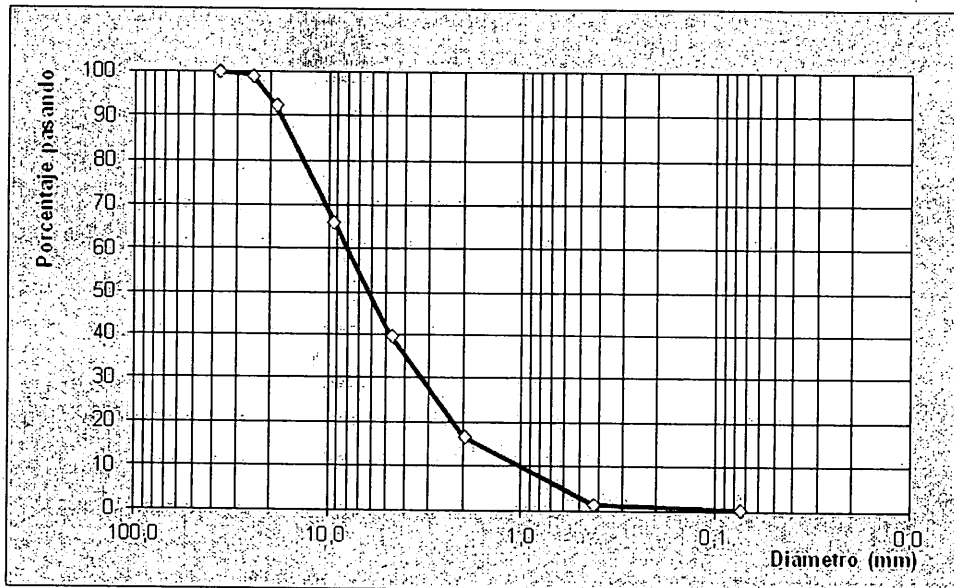
**No. de informe: I-0251-12**

**Tabla 2. Resultados del análisis granulométrico: muestra 0520-12**

MASA INICIAL: 3820 g                      MASA FINAL: 3813 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	%RET. AC.	%PAS.
1 1/2"	37,5	0,00	0,00	0,00	100
1"	25,0	36,2	0,95	0,95	99
3/4"	19,0	254	6,65	7,59	92
3/8"	9,50	1001	26,2	33,8	66
N° 4	4,75	1013	26,5	60,3	40
N° 10	2,00	875	22,9	83,2	16,8
N° 40	0,425	591	15,5	98,7	1,3
N° 200	0,075	43,5	1,14	99,8	0,16

**Gráfico 1: Curva granulométrica: muestra 0520-12**

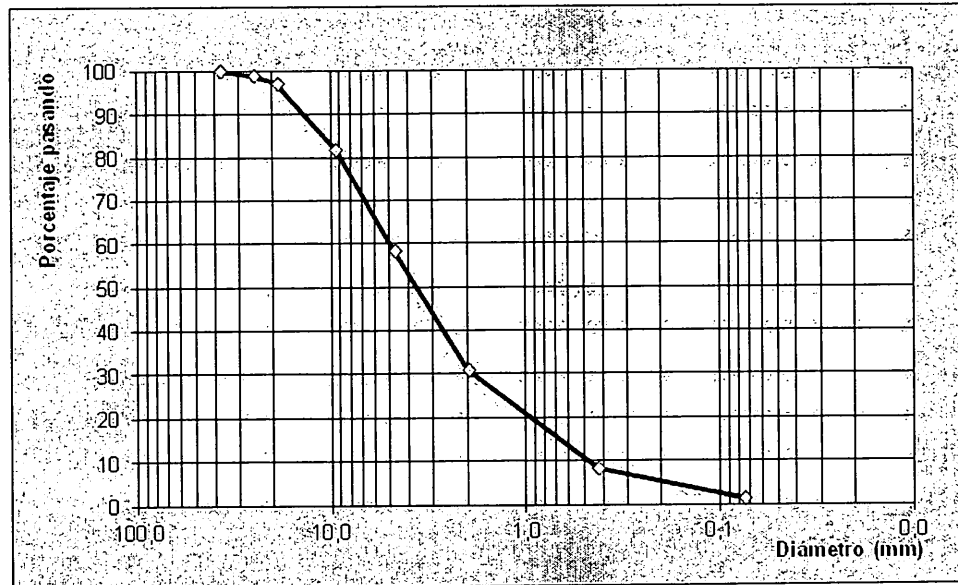


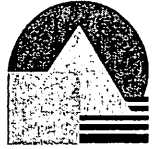
No. de informe: I-0251-12

**Tabla 3. Resultados del análisis granulométrico: muestra 0521-12**

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	%RET. AC.	%PAS.
1 1/2"	37,5	0,00	0,00	0,00	100
1"	25,0	47,1	1,19	1,19	99
3/4"	19,0	64,9	1,64	2,84	97
3/8"	9,50	614	15,5	18,4	82
N° 4	4,75	926	23,4	41,8	58
N° 10	2,00	1079	27,3	69,1	31
N° 40	0,425	893	22,6	91,7	8,3
N° 200	0,075	278	7,03	98,8	1,2
LAVADO MALLA N° 200:					1,0

**Gráfico 2: Curva granulométrica: muestra 0521-12**





LanammeUCR

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



Laboratorio de ensayo  
Alcance de Acreditación Nº LE-018  
Acreditado a partir de: 11.11.2002  
Alcance disponible en www.eca.or.cr

No. de informe: I-0251-12

**Tabla 5. Contenido de humedad de especímenes: muestra 0522-12**

ESPECIMEN No.	MUESTRA No.	HUMEDAD NATURAL (%)
0519-12	522-12	8,7

**Tabla 6. Resultados de Límites Atterberg: muestra 0523-12**

MUESTRA	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICIDAD
0523-12	NP	NP	NP

**Nota:**

NP: Significa no desarrolla plasticidad.

**Aclaraciones:**

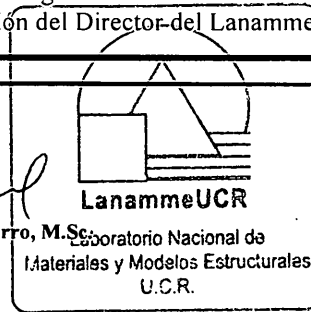
- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para la(s) muestra(s) indicada(s) en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

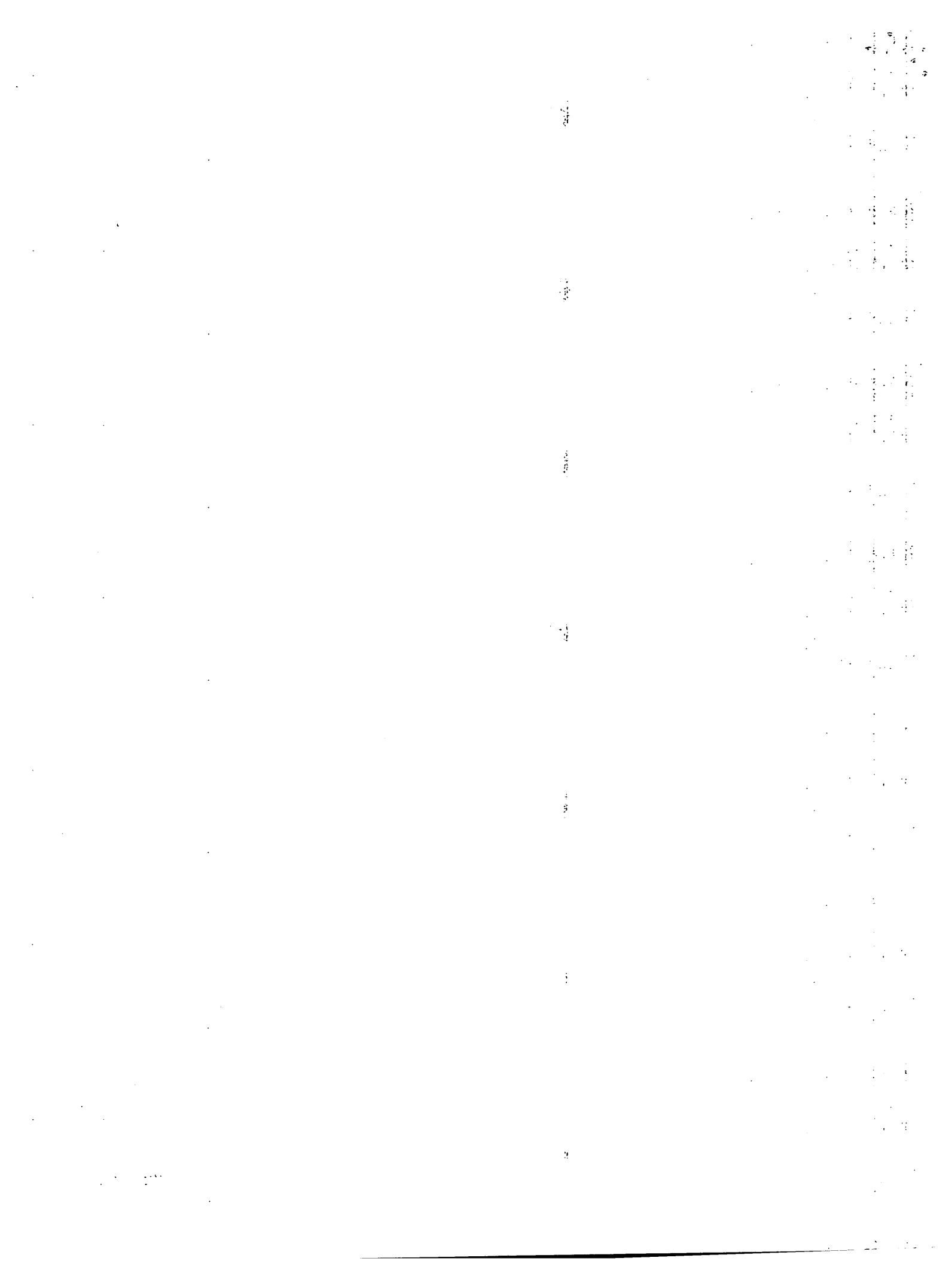
Revisó:

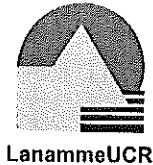
*Ana Monge Sandí*  
Ing. Ana Monge Sandí, M.Sc.  
Coordinadora de Laboratorios  
de Infraestructura Civil

Aprobó:

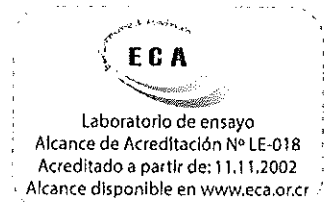
*Alejandro Navas Carro*  
Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.  
Director LanammeUCR







Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0395-12

## *Informe de Ensayo*

RC-80 v.04 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR, Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST- 0422 -12

### *1. Información del cliente:*

**Nombre:** Auditoría Técnica. (Ing. Ana Elena Hidalgo)

**Proyecto:** Invu Las Cañas - Alajuela.

**Domicilio:** San Pedro, Montes de Oca.

### *2. Método de ensayo:*

IT-CA-01 (ASTM C 702) (\*)

Procedimiento para reducir muestras de agregado a tamaños de ensayo.

IT-CA-02 (ASTM C 136) (\*)

Procedimiento para el análisis por mallas de agregado fino y grueso.

IT-CA-52 (ASTM D 75) (\*)

Procedimiento para el muestreo de los agregados.

IT-GC-02 (ASTM D 2216) (\*)

Procedimiento para determinar el contenido de humedad de suelos y rocas.

ASTM D 1633 (\*\*)

Procedimiento para determinar el esfuerzo de compresión inconfiada de cilindros de suelos estabilizados.

(\*) Ensayo acreditado. Ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

(\*\*) Ensayo no acreditado.

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

#### No. de identificación:

#### Descripción:

0817-12

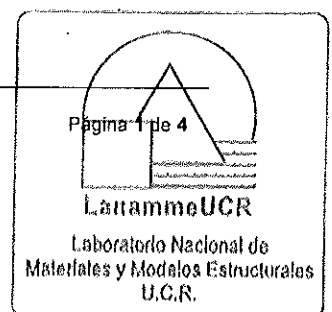
3 Núcleos de base estabilizada.

0818-12

1 Saco con base estabilizada. Agregado color gris con tamaño máximo de partículas de 25 mm.

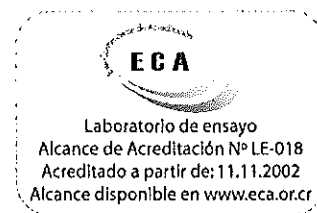
0819-12

1 Saco con base estabilizada.





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



**No. de informe: I-0395-12**

**Aportadas por:** Sr. Marco Vargas (LanammeUCR)

**Fecha de recepción :** 2012/04/13

**Fecha de realización del ensayo:** 2012/04/13 – 2012/05/02

**4. Información del muestreo:**

**Fecha de muestreo:** 2012/04/13

**Ubicación:** Ruta N°3, Invu Las Cañas, Aalajuela..

**Procedimiento de muestreo:**

Se muestrea material in situ para elaborar especímenes de base estabilizada, similar a la norma ASTM D-558, solo que en condiciones de campo. Adicionalmente se extrae material para muestras de humedad.

**Condiciones ambientales:** No aplica pues en el laboratorio los especímenes se acondicionan.

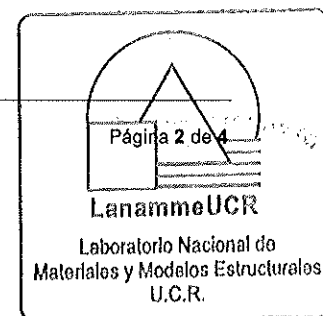
**5. Resultados:**

**Tabla 1. Resistencia a la compresión de bases estabilizadas: muestra 0817-12**

FECHA DE MOLDEO: 2012/04/13

FECHA FALLA: 2012/04/23

ESPECÍMEN No.	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA TRANSVERSAL (cm <sup>2</sup> )	L/D	CARGA MÁXIMA (kN)	ESFUERZO MÁXIMO (kPa)	ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	EDAD DE FALLA (días)
1	101	117	80,9	1,15	38,2	4720	48,1	10
2	102	117	81,2	1,15	38,1	4696	47,9	10
3	101	117	80,7	1,15	34,4	4240	43,2	10



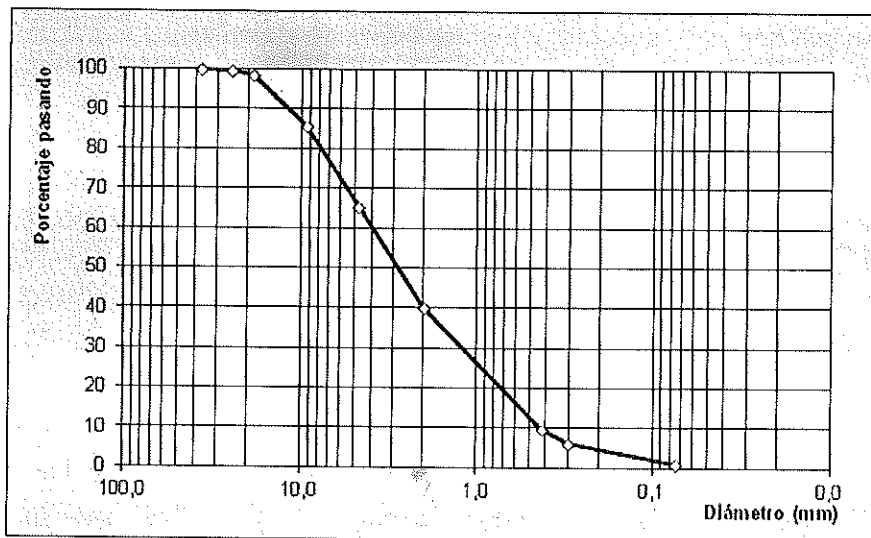
**No. de informe: I-0395-12**

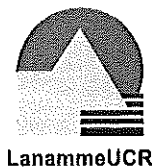
**Tabla 2. Resultados del análisis granulométrico: muestra 0818-12**

MASA INICIAL: 5462 g                      MASA FINAL: 5461 g

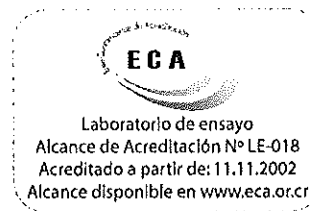
MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	%RET. AC.	%PAS.
1 1/2"	37,5	0,00	0,00	0,00	100
1"	25,0	29,4	0,54	0,54	99
3/4"	19,0	60,2	1,10	1,64	98
3/8"	9,50	688	12,6	14,2	86
N° 4	4,75	1123	20,6	34,8	65
N° 10	2,00	1366	25,0	59,8	40
N° 40	0,425	1663	30,4	90,3	9,7
N° 50	0,300	195	3,57	93,8	6,2
N°200	0,075	277	5,07	98,9	1,1

**Gráfico 1: Curva granulométrica: muestra 0818-12**





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0395-12

Tabla 5. Contenido de humedad de especímenes: muestra 819-12

MUESTRA No.	HUMEDAD NATURAL (%)
0819-12	6,69

**Aclaraciones:**

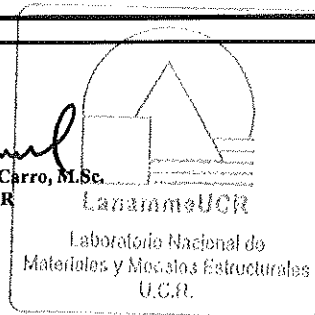
- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para la(s) muestra(s) indicada(s) en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

Revisó:

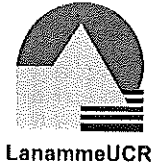
*Ana Monge Sandí*  
Ing. Ana Monge Sandí, M.Sc.  
Coordinadora de Laboratorios  
de Infraestructura Civil

Aprobó:

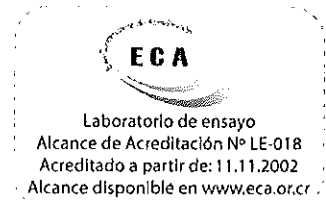
*Alejandro Navas Carro*  
Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.  
Director LanammeUCR







Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



Laboratorio de ensayo  
Alcance de Acreditación Nº LE-018  
Acreditado a partir de: 11.11.2002  
Alcance disponible en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

No. de informe: I-0396-12

## Informe de Ensayo

RC-80 v.04 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST- 0423 -12

### 1. Información del cliente:

**Nombre:** Auditoría Técnica. (Ing. Ana Elena Hidalgo)

**Proyecto:** Heredia - Alajuela.

**Domicilio:** San Pedro, Montes de Oca.

### 2. Método de ensayo:

IT-CA-01 (ASTM C 702) (\*)

Procedimiento para reducir muestras de agregado a tamaños de ensayo.

IT-CA-02 (ASTM C 136) (\*)

Procedimiento para el análisis por mallas de agregado fino y grueso.

IT-CA-52 (ASTM D 75) (\*)

Procedimiento para el muestreo de los agregados.

IT-GC-02 (ASTM D 2216) (\*)

Procedimiento para determinar el contenido de humedad de suelos y rocas.

ASTM D 1633 (\*\*)

Procedimiento para determinar el esfuerzo de compresión inconfiada de cilindros de suelos estabilizados.

(\*) Ensayo acreditado. Ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

(\*\*) Ensayo no acreditado.

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

#### No. de identificación:

#### Descripción:

0842-12

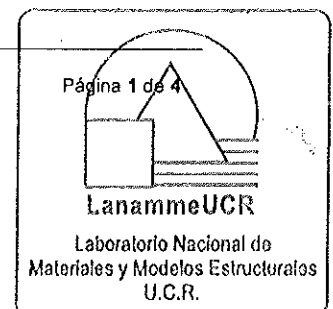
3 Núcleos de base estabilizada.

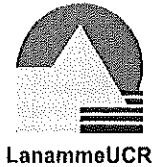
0844-12

1 bolsa con material de base estabilizada.

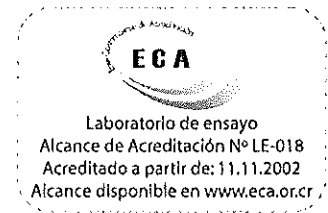
0845-12

1 Saco con base estabilizada. Agregado gris con tamaño máximo de 25 mm.





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



**No. de informe: I-0396-12**

**Aportadas por:** Sr. Marco Vargas (LanammeUCR)

**Fecha de recepción :** 2012/04/17

**Fecha de realización del ensayo:** 2012/04/17 – 2012/05/02

**4. Información del muestreo:**

**Fecha de muestreo:** 2012/04/17

**Ubicación:** Proyecto Heredia-Alajuela Est:9+560, Carrill derecho.

**Procedimiento de muestreo:**

Se muestrea material in situ para elaborar especímenes de base estabilizada, similar a la norma ASTM D-558, solo que en condiciones de campo. Adicionalmente se extrae material para muestras de humedad.

**Condiciones ambientales:** No aplica pues en el laboratorio los especímenes se acondicionan.

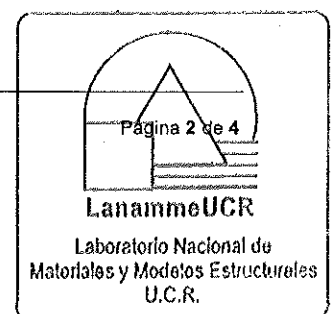
**5. Resultados:**

**Tabla 1. Resistencia a la compresión de bases estabilizadas: muestra 0842-12**

FECHA DE MOLDEO: 2012/04/17

FECHA FALLA: 2012/04/24

ESPECÍMEN No.	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA TRANSVERSAL (cm <sup>2</sup> )	L/D	CARGA MÁXIMA (kN)	ESFUERZO MÁXIMO (kPa)	ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	EDAD DE FALLA (días)
1	101	117	80,6	1,16	66,6	8256	84,2	7
2	102	117	81,0	1,15	65,1	8032	81,9	7
3	101	117	80,8	1,16	63,6	7846	80,0	7



No. de informe: I-0396-12

**Tabla 2. Contenido de humedad de especímenes: muestra 844-12**

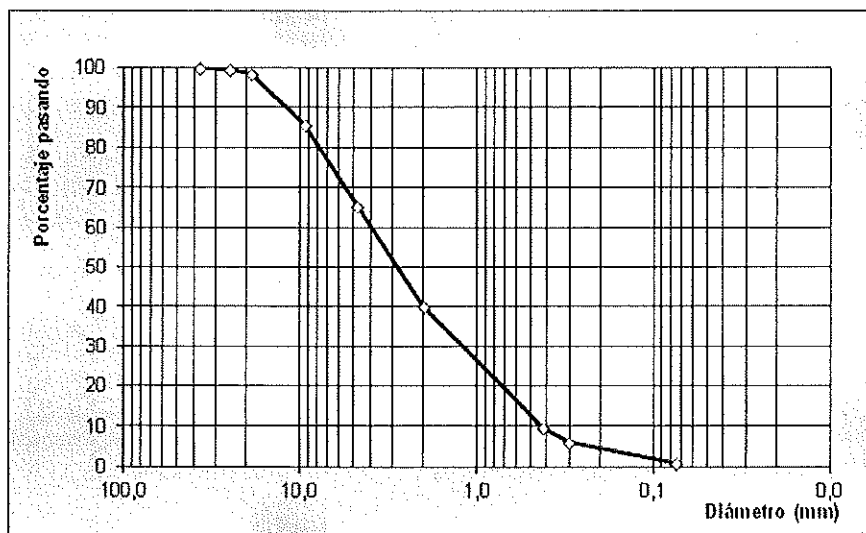
MUESTRA No.	HUMEDAD NATURAL (%)
0844-12	9,88

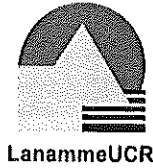
**Tabla 3. Resultados del análisis granulométrico: muestra 0845-12**

MASA INICIAL: 5211 g      MASA FINAL: 5208 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	%RET. AC.	%PAS.
1 1/2"	37,5	0,00	0,00	0,00	100
1"	25,0	120	2,30	2,30	98
3/4"	19,0	218	4,19	6,49	94
3/8"	9,50	953	18,3	24,8	75
N° 4	4,75	1128	21,7	46,4	54
N° 10	2,00	1267	24,3	70,7	29
N° 40	0,425	1240	23,8	94,5	5,5
N° 50	0,300	117	2,24	96,8	3,2
N° 200	0,075	133	2,56	99,3	0,7

**Gráfico 1: Curva granulométrica: muestra 0845-12**





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica




Laboratorio de ensayo  
Alcance de Acreditación N° LE-018  
Acreditado a partir de: 11.11.2002  
Alcance disponible en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

No. de informe: I-0396-12


**Aclaraciones:**

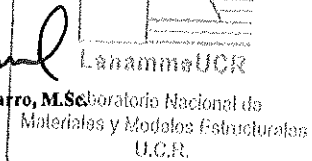
- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para la(s) muestra(s) indicada(s) en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

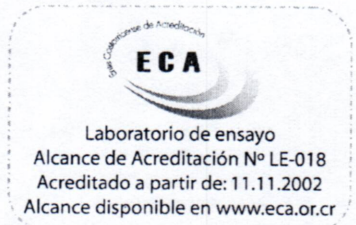
Revisó:

  
Ing. Ana Monge Sandí, M.Sc.  
Coordinadora de Laboratorios  
de Infraestructura Civil

Aprobó:

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





No. de informe: I-0462-12

# Informe de Ensayo

RC-80 v.04 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST-0478 -12

## 1. Información del cliente:

**Nombre:** Auditoría Técnica.  
**Proyecto:** Ruta 3: Heredia - Alajuela.  
**Domicilio:** San Pedro, Montes de Oca.

## 2. Método de ensayo:

IT-CA-01 (ASTM C 702) (\*)  
Procedimiento para reducir muestras de agregado a tamaños de ensayo.  
IT-CA-02 (ASTM C 136) (\*)  
Procedimiento para el análisis por mallas de agregado fino y grueso.  
IT-CA-52 (ASTM D 75) (\*)  
Procedimiento para el muestreo de los agregados.  
IT-GC-02 (ASTM D 2216) (\*)  
Procedimiento para determinar el contenido de humedad de suelos y rocas.  
ASTM D 1633 (\*\*)  
Procedimiento para determinar el esfuerzo de compresión confinada de cilindros de suelos estabilizados.

(\*) Ensayo acreditado. Ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)  
(\*\*) Ensayo no acreditado.

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

No. de identificación:	Descripción:
1023-12	3 Pastillas de base estabilizada.
1024-12	1 saco con material de base estabilizada. Material color gris con tamaño máximo de 50,8 mm.
1025-12	1 bolsa con material de base estabilizada.



**No. de informe: I-0462-12**

**Aportadas por:** Sr. Greivin Ceciliano (LanammeUCR)

**Fecha de recepción :** 2012/05/04

**Fecha de realización del ensayo:** 2012/05/04 – 2012/05/14

**4. Información del muestreo:**

**Fecha de muestreo:** 2012/05/04

**Ubicación:** Ruta 3, Est 9+000, Sentido Alajuela-Heredia.

**Procedimiento de muestreo:**

Se muestrea material in situ para elaborar especímenes de base estabilizada, similar a la norma ASTM D-558, solo que en condiciones de campo. Adicionalmente se extrae material para muestras de humedad.

**Condiciones ambientales:** No aplica pues en el laboratorio los especímenes se acondicionan.

**5. Resultados:**

**Tabla 1. Resistencia a la compresión de bases estabilizadas: muestra 1023-12**

FECHA DE MOLDEO: 2012/05/04  
FECHA FALLA: 2012/05/11

ESPÉCIMEN No.	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA TRANSVERSAL (cm <sup>2</sup> )	L/D	CARGA MÁXIMA (kN)	ESFUERZO MÁXIMO (kPa)	ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	EDAD DE FALLA (días)
1	101	117	80,9	1,16	85,9	10620	108	7
2	102	117	80,9	1,15	103	12783	130	7
3	101	117	80,8	1,15	102	12650	129	7

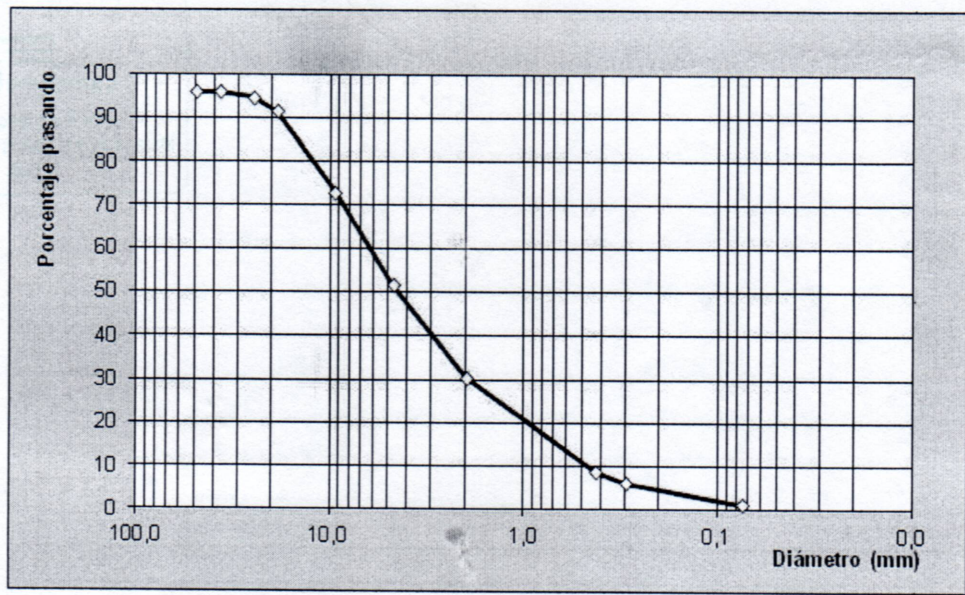
**No. de informe: I-0462-12**

**Tabla 2. Resultados del análisis granulométrico: muestra 1024-12**

MASA INICIAL: 6473 g      MASA FINAL: 6473 g

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	%RET. AC.	%PAS.
2 1/2"	62,5	0,00	0,00	0,00	100
2"	50,0	261	4,03	4,03	96
1 1/2"	37,5	0,00	0,00	4,03	96
1"	25,0	87	1,3	5,38	95
3/4"	19,0	197	3,0	8,42	92
3/8"	9,50	1202	18,6	27,0	73
Nº 4	4,75	1398	21,6	48,6	51
Nº 10	2,00	1355	20,9	69,5	30
Nº 40	0,425	1417	21,9	91,4	8,6
Nº 50	0,300	169	2,6	94,0	6,0
Nº 200	0,075	295	4,6	98,6	1,4

**Gráfico 1: Curva granulométrica: muestra 1024-12**





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



Laboratorio de ensayo  
Alcance de Acreditación Nº LE-018  
Acreditado a partir de: 11.11.2002  
Alcance disponible en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

**No. de informe: I-0462-12**

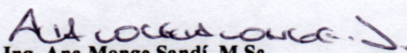
**Tabla 3. Contenido de humedad de especímenes: muestra 1025-12**

MUESTRA No.	HUMEDAD NATURAL (%)
1025-12	9,82

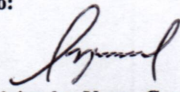
**Aclaraciones:**

- El presente informe anula y sustituye al informe I-0431-12.
- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para la(s) muestra(s) indicada(s) en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

Revisó:

  
Ing. Ana Monge Sandí, M.Sc.  
Coordinadora de Laboratorios  
de Infraestructura Civil

Aprobó:

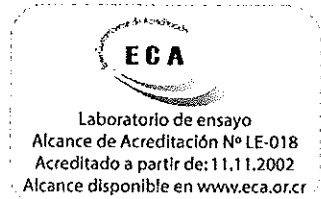
  
Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.  
Director LanammeUCR







Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0495-12

## Informe de Ensayo

RC-80 v.04 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST- 0538 -12

### 1. Información del cliente:

**Nombre:** Auditoría Técnica. (Ing. Ana Elena Hidalgo)

**Proyecto:** Ruta N°3 Heredia - Alajuela.

**Domicilio:** San Pedro, Montes de Oca.

### 2. Método de ensayo:

IT-CA-01 (ASTM C 702) (\*)

Procedimiento para reducir muestras de agregado a tamaños de ensayo.

IT-CA-02 (ASTM C 136) (\*)

Procedimiento para el análisis por mallas de agregado fino y grueso.

IT-CA-52 (ASTM D 75) (\*)

Procedimiento para el muestreo de los agregados.

IT-GC-02 (ASTM D 2216) (\*)

Procedimiento para determinar el contenido de humedad de suelos y rocas.

ASTM D 1633 (\*\*)

Procedimiento para determinar el esfuerzo de compresión confinada de cilindros de suelos estabilizados.

(\*) Ensayo acreditado. Ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

(\*\*) Ensayo no acreditado.

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

#### No. de identificación:

#### Descripción:

1102-12

3 Núcleos de base estabilizada.

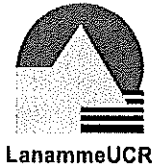
1103-12

1 Bolsa con material de base estabilizada.

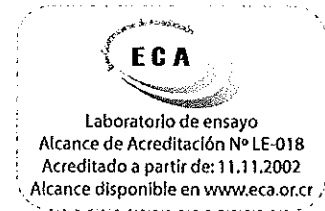
1104-12

1 Saco con base estabilizada. Material angular color gris con tamaño máximo de 25 mm.





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0495-12

**Aportadas por:** Sr. Dennis Madrigal (LanammeUCR)  
**Fecha de recepción :** 2012/05/18  
**Fecha de realización del ensayo:** 2012/05/18 – 2012/05/27  
**4. Información del muestreo:**  
**Fecha de muestreo:** 2012/05/18  
**Ubicación:** Ruta 3, Heredia- Alajuela, Est. 8 + 750, carril izquierdo.

**Procedimiento de muestreo:**

Se muestrea material in situ para elaborar especímenes de base estabilizada, similar a la norma ASTM D-558, solo que en condiciones de campo. Adicionalmente se extrae material para muestras de humedad.

**Condiciones ambientales:** No aplica pues en el laboratorio los especímenes se acondicionan.

**5. Resultados:**

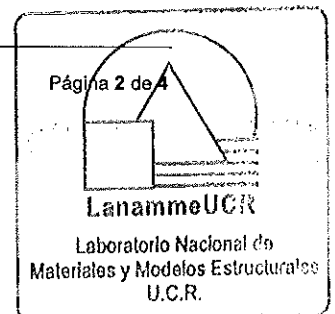
**Tabla 1. Resistencia a la compresión de bases estabilizadas: muestra 1102-12**

FECHA DE MOLDEO: 2012/05/18  
FECHA FALLA: 2012/05/25

ESPECÍMEN No.	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA TRANSVERSAL (cm <sup>2</sup> )	L/D	CARGA MÁXIMA (kN)	ESFUERZO MÁXIMO (kPa)	ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	EDAD DE FALLA (días)
1	102	117	81.1	1.15	31.3	3854	39.3	7
2	101	117	80.5	1.16	26.0	3226	32.9	7
3	101	117	80.8	1.15	28.0	3480	35.5	7

**Tabla 2. Contenido de humedad de especímenes: muestra 1103-12**

MUESTRA No.	HUMEDAD NATURAL (%)
1104-12	8,05



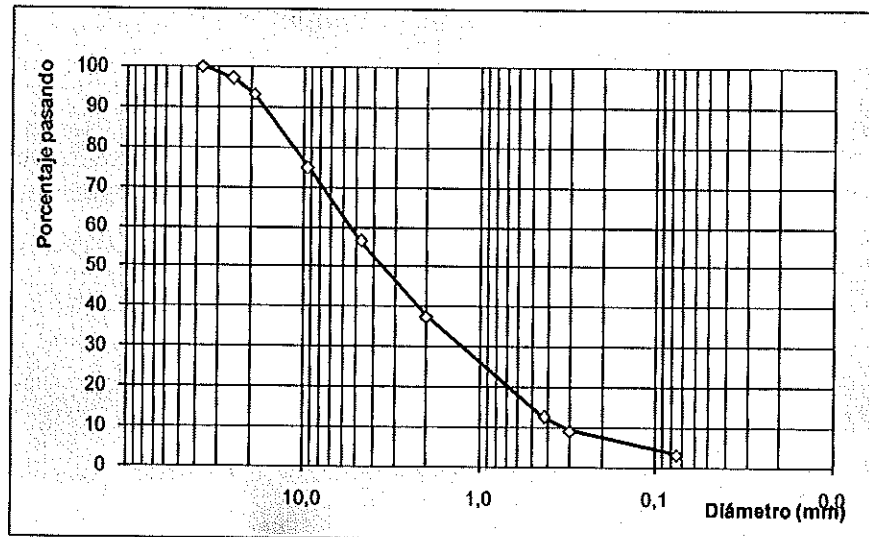
No. de informe: I-0495-12

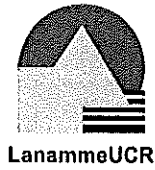
**Tabla 3. Resultados del análisis granulométrico: muestra 1104-12**

MASA INICIAL: 14093 g      MASA FINAL: 14094 g

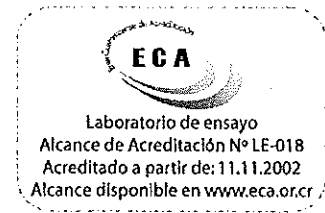
MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	%RET. AC.	%PAS.
1 1/2"	37,5	0,00	0,00	0,00	100
1"	25,0	432	3,07	3,07	97
3/4"	19,0	536	3,80	6,87	93
3/8"	9,50	2595	18,4	25,3	75
N° 4	4,75	2608	18,5	43,8	56
N° 10	2,00	2658	18,9	62,6	37
N° 40	0,425	3523	25,0	87,6	12
N° 50	0,300	459	3,25	90,9	9,1
N°200	0,075	838	5,94	96,8	3,2

**Gráfico 1: Curva granulométrica: muestra 1104-12**





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica

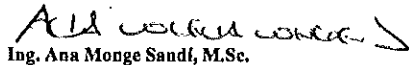


No. de informe: I-0495-12

**Aclaraciones:**

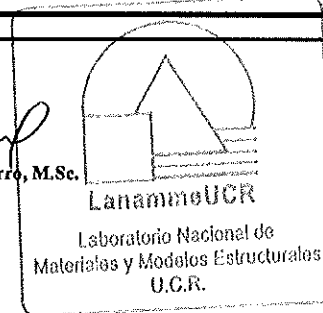
- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para la(s) muestra(s) indicada(s) en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

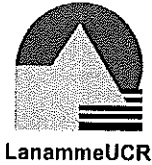
Revisó:

  
Ing. Ana Monge Sandí, M.Sc.  
Coordinadora de Laboratorios  
de Infraestructura Civil

Aprobó:

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





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



Laboratorio de ensayo  
Alcance de Acreditación N° LE-018  
Acreditado a partir de: 11.11.2002  
Alcance disponible en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

No. de informe: I-0547-12

## Informe de Ensayo

RC-80 v.04 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST-0576 -12

### 1. Información del cliente:

**Nombre:** Auditoría Técnica.  
**Proyecto:** Ruta N°3 Heredia - Alajuela.  
**Domicilio:** San Pedro, Montes de Oca.

### 2. Método de ensayo:

IT-CA-01 (ASTM C 702) (\*)  
Procedimiento para reducir muestras de agregado a tamaños de ensayo.  
IT-CA-02 (ASTM C 136) (\*)  
Procedimiento para el análisis por mallas de agregado fino y grueso.  
IT-CA-52 (ASTM D 75) (\*)  
Procedimiento para el muestreo de los agregados.  
IT-GC-02 (ASTM D 2216) (\*)  
Procedimiento para determinar el contenido de humedad de suelos y rocas.  
IT-GC-05 (ASTM D 4318) (\*)  
Procedimiento para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo.  
ASTM D 1633 (\*\*)  
Procedimiento para determinar el esfuerzo de compresión inconfina de cilindros de suelos estabilizados.

(\*) Ensayo acreditado. Ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)  
(\*\*) Ensayo no acreditado.

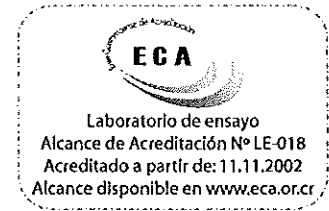
### 3. Información de la(s) muestra(s) o espécimen(es) de ensayo:

<u>No. de identificación:</u>	<u>Descripción:</u>
1222-12	3 Pastillas de base estabilizada.
1223-12	1 Bolsa con material de base estabilizada.
1224-12	1 Saco con base estabilizada. Material color gris claro con presencia de cemento.





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0547-12

**Aportadas por:** Sr. Dennis Madrigal (LanammeUCR)

**Fecha de recepción :** 2012/05/31

**Fecha de realización del ensayo:** 2012/05/31 – 2012/06/15

**4. Información del muestreo:**

**Fecha de muestreo:** 2012/05/31

**Ubicación:** Ruta 3, Heredia- Alajuela, Est. 7 + 140

**Procedimiento de muestreo:**

Se muestrea material en sitio para elaborar especímenes de base estabilizada, similar a la norma ASTM D-558, solo que en condiciones de campo. Adicionalmente se extrae material para muestras de humedad.

**Condiciones ambientales:** No aplica pues en el laboratorio los especímenes se acondicionan.

**5. Resultados:**

**Tabla 1. Resistencia a la compresión de bases estabilizadas: muestra 1222-12**

FECHA DE MOLDEO: 2012/05/31

FECHA FALLA: 2012/06/07

ESPECÍMEN No.	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA TRANSVERSAL (cm <sup>2</sup> )	L/D	CARGA MÁXIMA (kN)	ESFUERZO MÁXIMO (kPa)	ESFUERZO MÁXIMO (kgf/cm <sup>2</sup> )	EDAD DE FALLA (días)
1	102	117	81.1	1.15	33.1	4078	41.6	7
2	101	118	80.9	1.16	34.0	4206	42.9	7
3	102	117	81.1	1.15	31.4	3876	39.5	7

**Tabla 2. Contenido de humedad de especímenes: muestra 1223-12**

MUESTRA No.	HUMEDAD NATURAL (%)
1223-12	11,80



Página 2 de 4

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales  
U.C.R.

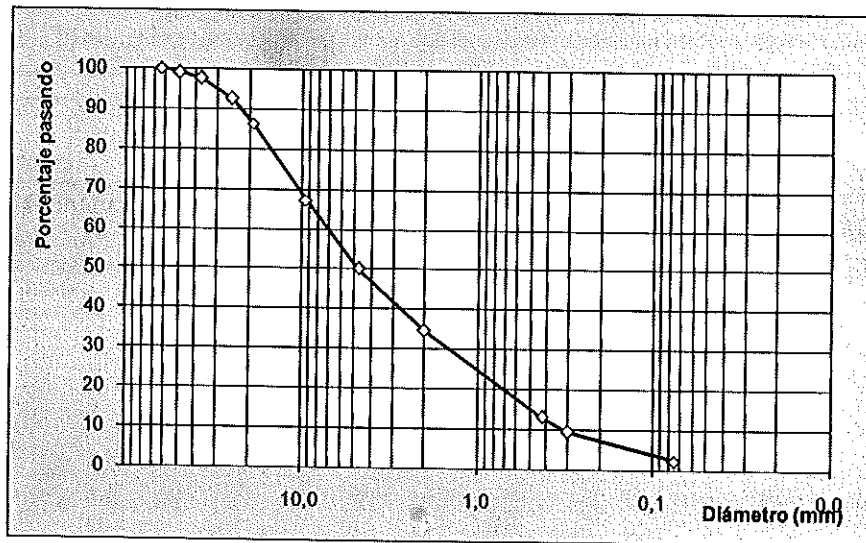
No. de informe: I-0547-12

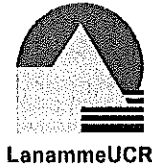
**Tabla 3. Resultados del análisis granulométrico: muestra 1224-12**

MASA INICIAL: 12075 g      MASA FINAL: 12076 g

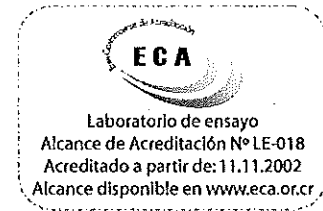
MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RET. (g)	% RET.	%RET. AC.	%PAS.
2 1/2"	62,5	0,00	0,00	0,00	100
2"	50,0	131,0	1,08	1,08	99
1 1/2"	37,5	179,2	1,48	2,57	97
1"	25,0	601	4,98	7,55	92
3/4"	19,0	759	6,28	13,83	86
3/8"	9,50	2314	19,2	33,0	67
N° 4	4,75	2068	17,1	50,1	50
N° 10	2,00	1867	15,5	65,6	34
N° 40	0,425	2609	21,6	87,2	13
N° 50	0,300	433	3,58	90,8	9,2
N°200	0,075	846	7,01	97,8	2,2

**Gráfico 1: Curva granulométrica: muestra 1224-12**





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0547-12

Tabla 4 Resultados de Límites Atterberg: muestra 1224-12

MUESTRA	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICIDAD
1224-12	NP	NP	NP

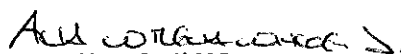
**Nota:**

NP: El espécimen no desarrolla plasticidad.

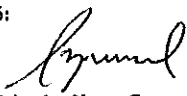
**Aclaraciones:**

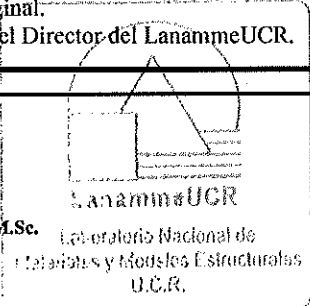
- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para la(s) muestra(s) indicada(s) en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

Revisó:

  
Ing. Ana Monge Sandi, M.Sc.  
Coordinadora de Laboratorios  
de Infraestructura Civil

Aprobó:

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







Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos



PROGRAMA DE  
INFRAESTRUCTURA DEL  
TRANSPORTE

Informe Final  
LM-PI-AT-046-12



# ANEXO 2

## Oficios de comunicación de resultados



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

LanammeUCR

30 de abril del 2012  
LM-IC-D-0402-2012

**MSc. Francisco Jimenez Reyes.**  
**Ministro**  
**Ministerio de Obras Públicas y Transportes**

Estimado ingeniero:

Con fundamento en las disposiciones que determina el inciso g) del artículo 6 de la ley 8114 y su reforma mediante la ley 8603, referente a la materia de asesoría técnica que le compete al LanammeUCR, nos permitimos manifestarle lo siguiente.

Como complemento al proceso de auditoría técnica que el LanammeUCR está realizando al proyecto vial "**Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 3. Sección: San Francisco de Heredia- San Joaquín de Flores-Río Segundo de Alajuela. Licitación Pública No. 2008LN-000017-0DI00**" y con el propósito de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión del CONAVI, nos permitimos informarle sobre los ensayos realizados por el Laboratorio de Infraestructura Civil del LanammeUCR, en el proceso de colocación de base estabilizada en dicho proyecto, derivada de visitas al campo realizadas por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR.

Resultados de análisis granulométrico: El agregado utilizado para base estabilizada colocado en los estacionamientos 9+860, 9+920 y 9+910. (Ver detalle en los informes de laboratorio I-0323-12I-0323-12 e I-0251-12).

En relación con el material de base a estabilizar, de acuerdo el CR-77, el rango de especificación de granulometría para la malla N° 4, N° 40 y N°200 es de un porcentaje pasando de 50-100%, 20-70% y 5-35% respectivamente, observando los resultados obtenidos, se presentan incumplimientos en las mallas mencionadas para el material analizado (ver informes I-0323-12I-0323-12 e I-0251-12). Siendo en algunos casos diferencias considerables, con relación al rango establecido, tal como se observa para el tamaño granulométrico de la malla N°200, en donde el faltante es de aproximadamente 4.5% respecto al límite inferior y de 19.5% en relación al valor medio.



**Tabla N°1.** Resultados del análisis granulométrico de las muestras de Material de Base estabilizada.

Malla No.	Abertura (mm)	Graduación BE (CR-77)	I-0323-12I-0323-12		I-0251-12
			9+860	9+920	9+910
			0348-12	0349-12	0520-12
			% Pas		%Pas
2"	50,00	100	100	100	100
1 1/2"	37,50	-	99	100	100
1"	25,00	-	91	95	99
3/4"	19,00	-	85	90	92
3/8"	9,50	-	57	75	66
No.4	4,75	50-100	35	58	40
No.10	2,00		18	42	16,8
No.40	0,425	20-70	3,3	15	1,3
No.200	0,075	5-35	0,51	1,7	0,16

Resultados de resistencia a la compresión: En relación con la resistencia a la compresión de los cilindros de base estabilizada, de acuerdo con el CR-77, el valor de resistencia mínima permisible a los 7 días es de 30 kg/cm<sup>2</sup> y el valor de resistencia promedio es de 40 kg/cm<sup>2</sup>. De acuerdo con los resultados obtenidos se tiene lo siguiente:

**Tabla N°2.** Resultados de Resistencia (BE-35)

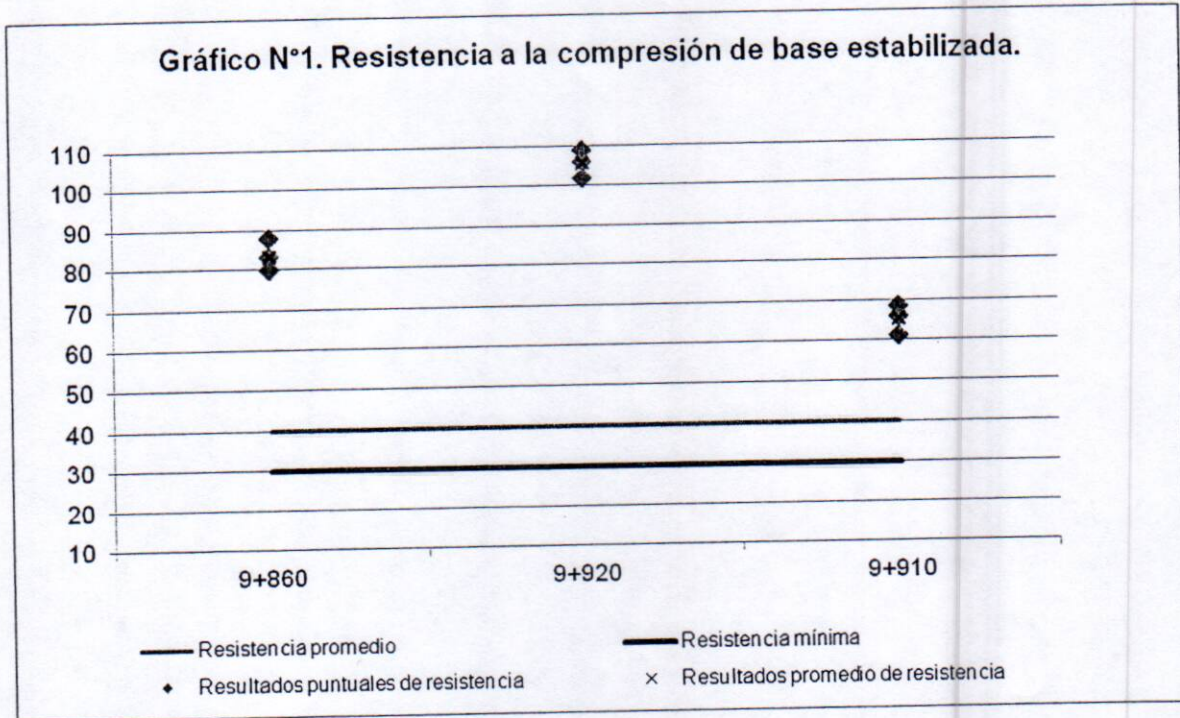
Esfuerzo Máximo (kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia Mínima 7d	Resistencia Promedio 7d	I-0323-12I-0323-12		I-0251-12
				9+860	9+920	9+910
				0348-12	0349-12	0519-12
				% Pas		%Pas
Esfuerzo Máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	1	30 kg/cm <sup>2</sup>	40 kg/cm <sup>2</sup>	87,9	106	68,5
	2			79,9	102	65,9
	3			81,8	109	61,1
Promedio				83,2	105,7	65,2



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

LanammeUCR

Gráficamente, los resultados obtenidos de resistencia a la compresión de la base estabilizada, se presentan a continuación:



En el Gráfico N°1 se puede observar que en todos los datos de las tres muestras tomadas, los resultados obtenidos tienden a valores más altos que el promedio especificado, que si bien es cierto no existe especificación para valor máximo de resistencia a la compresión, esto podría ser un indicio de variabilidad en el proceso de mezclado en sitio de la base estabilizada, situación que corresponde a la Ingeniería de Proyecto verificar con la información de control y verificación de calidad existente.

Por otro lado no es recomendable dar a la capa de base estabilizada un exceso de resistencia, debido a que daría una gran rigidez, volviéndola muy susceptible al agrietamiento, con la consecuencia de que las grandes grietas que se forman se reflejarán en las capas que se colocarán sobre la base.

Además de los puntos señalados anteriormente, es importante encontrar el porcentaje óptimo de cemento que se le debe agregar al material a estabilizar, de manera que se pueda alcanzar la resistencia requerida con el mínimo cemento posible, para así maximizar el uso de los recursos.

En bases estabilizadas el objetivo es tener un diseño de mezcla balanceado, en donde el cemento que se utiliza (que está asociado al valor de resistencia a la compresión a



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

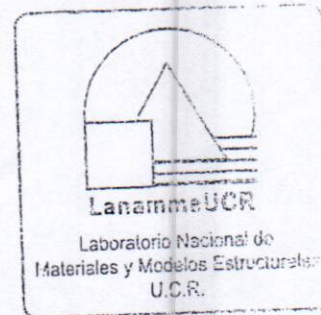
LanammeUCR

alcanzar) sea suficiente para que la base estabilizada resultante sea resistente, durable y relativamente impermeable, pero no tanto como para que genere otros tipos de deterioros en el pavimento, esto de acuerdo con la Guía de Bases Tratadas con Cemento (CTB) de la PCA (Portland Cement Association).

De acuerdo con lo anterior, se hace del conocimiento de la Ingeniería de Proyecto los resultados indicados, con el propósito de que se tomen las medidas correspondientes en virtud de su función.

Sin otro particular, se despide,

**Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.**  
**Director Lanamme UCR**



cc:

Ing. Maria Lorena López Rosales, Viceministra MOPT  
Lic. Allan Ugalde Rojas, Gerente de Área de Fiscalización de Servicios de Infraestructura de la CGR  
Ing. Carlos Acosta Monge, Director Ejecutivo, CONAVI  
Ing. Carlos Pereira Esteban, Gerente, Gerencia Construcción de Vías y Puentes  
Ing. Benjamín Sandino González, Unidad Verificación de Calidad, CONAVI  
Ing. Alvaro Ulloa Murillo, Director de Proyecto, CONAVI  
Ing. Orlando Vargas Karlsson, Ingeniero de Proyecto, CONAVI  
Lic. Reinaldo Vargas Soto, Auditor interno, CONAVI  
Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, PhD, Coordinador General PITRA, LanammeUCR  
Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc, Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica, PITRA-LanammeUCR.  
Consejo de Administración de CONAVI  
archivo UAT, E/AH



LanammeUCR

Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

Yessenia Quesada O.  
Gerencia de Construcción  
de Vías y Puentes  
Fecha: 7/6/12. Hora: 9:10.

escaneado  
KFG 11/6/12  
Blanca  
9:10 AM @ofit  
7/6/12

CONTROLORIA GENERAL  
DE LA REPUBLICA  
RECIBIDO  
Felipe Mairena M.  
Contraloría General de la República

2012 JUN -7 A 10:16

06 de junio de 2012  
LM-IC-D-0628-2012

Ministerio De Obras Publicas Y Transportes  
DESPACHO DEL MINISTRO  
07 JUN. 2012  
RECIBIDO POR  
Karima 10:23.

MSc. Luis Llach Cordero  
Ministro a.i.  
Ministerio de Obras Públicas y Transportes

Ing. José Luis Salas Quesada  
Director Ejecutivo  
CONAVI

Ing. Orlando Vargas Klarsson  
Ingeniero de Proyecto  
CONAVI

DIREC. EJECUTIVA

7 JUN 12 AM 9:08

Noily Azofeifa Ch.

CONAVI SECRE ACTAS

Raquel B.

7 JUN 2012 AM 8:06

Estimados Señores:

De conformidad con lo dispuesto en el inciso b) del artículo 6 de la ley 8114 y su reforma mediante la ley 8603, referente a la materia de auditoría técnica que le compete al LanammeUCR, nos permitimos manifestarle que como complemento al proceso de auditoría técnica que el LanammeUCR está realizando al proyecto vial "Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 3. Sección: San Francisco de Heredia- San Joaquín de Flores- Río Segundo de Alajuela. Licitación Pública No. 2008LN-000017-0DI00" y con el propósito de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión del CONAVI, le informamos sobre los ensayos realizados por el Laboratorio de Infraestructura Civil del LanammeUCR, en el material utilizado en el proceso de colocación de base estabilizada en dicho proyecto, derivada de visitas al campo realizadas por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR.

Es importante reiterar que la toma de muestras del proyecto por parte de la Auditoría Técnica dentro del proceso de fiscalización, no tiene como finalidad cumplir la función de control ni de verificación de calidad y tampoco le corresponde a esta Auditoría Técnica,

En relación con el material de base a estabilizar, de acuerdo al CR-77, el rango de especificación de granulometría para las mallas N° 4, N° 40 y N°200 corresponde a un porcentaje pasando de 50-100%, 20-70% y 5-35% respectivamente.

Observando los resultados obtenidos, se presentan incumplimientos en las mallas N° 40 y N° 200 para el material analizado (ver informes I-0395-12, I-0396-12 e I-0462-12). Siendo en algunos casos diferencias considerables, con relación al rango establecido, por ejemplo tal como se observa para el tamaño granulométrico de la malla N°40, en la muestra 0844-12, en donde el faltante es de aproximadamente 14.5% con respecto al límite inferior y de hasta 39.5% en relación con el valor medio permitido del rango de especificación. En la tabla se puede observar una carencia importante en el material granular fino que podría tener implicaciones en el desempeño futuro de la base estabilizada.

**Tabla N°2.** Resultados del análisis granulométrico de las muestras de Material de Base estabilizada.

Malla No.	Abertura (mm)	Graduación BE (CR-77)	I-0395-12	I-0396-12	I-0462-12
			9+660	9+560	9+000
			0817-12	0844-12	1024-12
			% Pas	% Pas	% Pas
2"	50,00	100	-	-	100
1 1/2"	37,50	-	100	100	96
1"	25,00	-	99	98	95
3/4"	19,00	-	98	94	92
3/8"	9,50	-	89	75	73
No.4	4,75	50-100	65	54	51
No.10	2,00		40	29	30
No.40	0,425	20-70	9,7	5,5	8,6
No 50,	0,300	-	6,2	3,2	6,0
No.200	0,075	5-35	1,1	0,7	1,4

Fuente: informes I I-0395-12, I-0396-12 e I-0462-12, LanammeUCR



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

LanammeUCR

En el Gráfico N°1 se puede observar que en todos los datos de las tres muestras tomadas, los resultados obtenidos tienden a valores más altos que el promedio especificado, todo ello a pesar de que el diseño de base estabilizada fue ajustado ó replanteado a un porcentaje menor de cemento. Cabe considerar que si bien es cierto no existe especificación explícitamente definida para valor máximo de resistencia a la compresión, indirectamente si se establece al indicar un valor promedio de la misma, con el desarrollo de técnicas estadísticas es posible determinar un valor máximo de resistencia de aproximadamente  $50 \text{ kg/cm}^2$  que permita cumplir con el valor promedio establecido en la especificación del CR-77<sup>1</sup> y el Cartel de Licitación. Esto también podría ser un indicio de variabilidad significativa en el proceso de mezclado en sitio de la base estabilizada, situación que corresponde a la Ingeniería de Proyecto verificar con la información de control y verificación de calidad existente.

El comportamiento señalado es similar al que se observó en los valores de resistencia a la compresión a los 7 días de los resultados informados a la Administración en el oficio LM-IC-D-0402-12 con fecha 30 de abril del 2012.

Cabe recalcar que no es recomendable dar a la capa de base estabilizada un exceso de resistencia, debido a que daría una gran rigidez, volviéndola muy susceptible al agrietamiento, con la consecuencia de que las grandes grietas que se forman se reflejarán en las capas que se colocarán sobre la base.

Además de los puntos señalados anteriormente, es importante encontrar el porcentaje óptimo de cemento que se le debe agregar al material a estabilizar, de manera que se pueda alcanzar la resistencia requerida con el mínimo cemento posible, para así maximizar el uso de los recursos.

En bases estabilizadas el objetivo es tener un diseño de mezcla balanceado, en donde el cemento que se utiliza (que está asociado al valor de resistencia a la compresión a alcanzar) sea suficiente para que la base estabilizada resultante sea resistente, durable y

---

<sup>1</sup>Oficio LM-PI-044-12 del Lanamme UCR, emitido el 07 de mayo del 2012 al Director Ejecutivo de CONAVI





Laboratorio Nacional de Materiales y  
Modelos Estructurales

03 de septiembre de 2012  
LM-IC-D-1032-2012

Lic. Rodrigo Rivera Fournier  
Ministro a.i.  
Ministerio de Obras Públicas y Transportes

Ing. José Luis Salas Quesada  
Director Ejecutivo  
CONAVI

Ing. Álvaro Ulloa Murillo  
Gerente de Proyecto  
CONAVI

Ing. Orlando Vargas Klarsson  
Ingeniero de Proyecto  
CONAVI

Estimados Señores:

De conformidad con lo dispuesto en el inciso b) del artículo 6 de la Ley 8114 y su reforma mediante la Ley 8603, referente a la materia de auditoría técnica que le compete al LanammeUCR, nos permitimos manifestarle que como complemento al proceso de auditoría técnica que el LanammeUCR está realizando al proyecto vial "**Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 3. Sección: San Francisco de Heredia- San Joaquín de Flores- Río Segundo de Alajuela. Licitación Pública No. 2008LN-000017-0DI00**" y con el propósito de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión del CONAVI, le informamos sobre los ensayos realizados por el Laboratorio de Infraestructura Civil del LanammeUCR, en el material utilizado en el proceso de colocación de base estabilizada en dicho proyecto, muestreado durante visitas al campo realizadas por personal del LanammeUCR, en compañía de auditores de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR.

Es importante reiterar que la toma de muestras del proyecto por parte de la Auditoría Técnica dentro del proceso de fiscalización, no tiene como finalidad cumplir la función de control ni de verificación de calidad y tampoco le corresponde a esta Auditoría Técnica,

realizar evaluaciones exhaustivas a nivel de proyecto las cuales son de competencia propia de la Administración, por lo que la presente información no pretende ser un dictamen final de la calidad del proyecto sobre la Ruta Nacional No 3, sección: Heredia-Alajuela, sino un insumo para que la Administración realice una revisión y análisis de los resultados obtenidos por el LanammeUCR, en contraste con los controles propios de verificación de la calidad implementados por la Administración, así como del control de calidad por parte del contratista, controles elementales que deben existir en todo proyecto de obra vial.

Es competencia de la Administración en la figura del Ingeniero de Proyecto responsable, determinar la aceptación o rechazo del material, así como su respectivo pago, según lo establece el Cartel de Licitación en el Anexo A "Especificaciones especiales para el pago en función de la calidad"

Las muestras ensayadas pertenecen al agregado utilizado para base estabilizada así como especímenes moldeados de base estabilizada, colocado en los estacionamientos 8+750 y 7+140, localizados en la comunidad de Río Segundo de Alajuela. (Ver detalle en los informes de laboratorio I-0495-12 e I-0547-12). Los resultados obtenidos no constituyen un dictamen de la calidad de la totalidad del agregado de base estabilizada utilizado en el proyecto y se hace de conocimiento para que se tomen las acciones correctivas del caso.

### 1. Resultados de análisis granulométrico

Se ensayó y se analizó el agregado utilizado para base estabilizada colocado en los estacionamientos 8+750 y 7+140. La información detallada se puede observar en el Anexo I "Informes de Laboratorio"

**Tabla N°1.** Datos de los Informes de Laboratorio

No de Informe	Fecha de muestreo	Fecha de ejecución del ensayo
I-0495-12	18/05/2012	18/05/2012 al 27/05/2012
I-0547-12	31/05/2012	31/05/2012 al 15/06/2012

En relación con el material de base a estabilizar, de acuerdo al CR-77, el rango de especificación de granulometría para las mallas N° 4, N° 40 y N°200 corresponde a un porcentaje pasando de 50-100%, 20-70% y 5-35% respectivamente.

Analizando los resultados obtenidos, se evidencian incumplimientos en las mallas N° 40 y N° 200 para el material ensayado (ver Tabla 2). Siendo en algunos casos diferencias considerables, con relación al rango establecido, por ejemplo tal como se observa para el tamaño granulométrico de la malla N°40, en la muestra 1104-12, en donde el faltante es de aproximadamente 8.0% con respecto al límite inferior y de hasta 33 % en relación con el valor medio permitido del rango de especificación. En la siguiente tabla se puede observar una carencia importante en el material granular fino que podría tener implicaciones en el desempeño futuro de la base estabilizada. Estas implicaciones se ven reflejadas en curvas granulométricas con menores cantidades de material fino (curvas más gruesas) que demandarán una mayor cantidad de cemento para lograr desarrollar la resistencia requerida, debido a que el cemento tendería a suplir el faltante de material fino (existe un riesgo potencial de aumentar la demanda de cemento que conlleva mayor riesgo de agrietamientos prematuros).

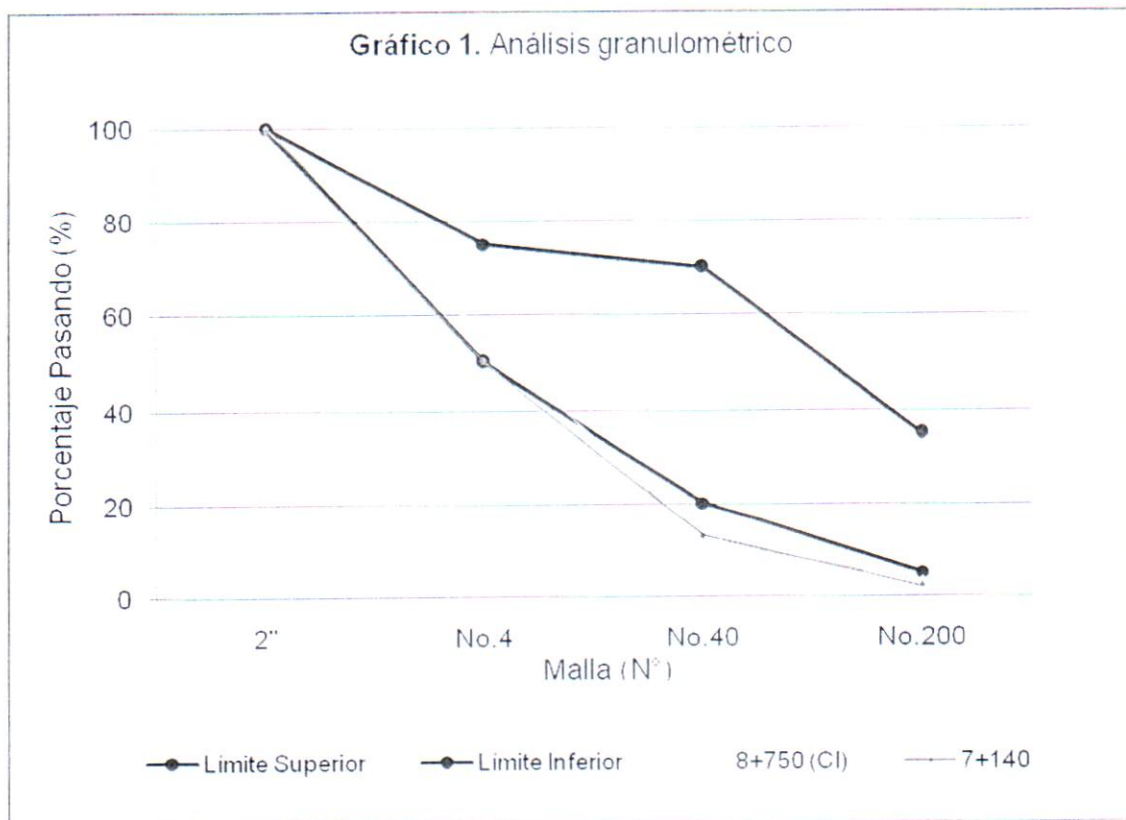
**Tabla N° 2.** Análisis granulométrico de las muestras ensayadas para Material de Base estabilizada.

Malla No.	Abertura (mm)	Graduación BE	I-0495-12	I-0547-12
			8+750 CI	7+140
			1104-12	1222-12
% Pas				
2"	50,00	100	100	99
1 1/2"	37,50	-	100	97
1"	25,00	-	97	92
3/4"	19,00	-	93	86
3/8"	9,50	-	75	67
No.4	4,75	50-100	56	50
No.10	2,00		37	34
No.40	0,425	20-70	12	13
No.200	0,075	05-35	3,2	2,2

Fuente: informes I I-0495-12 e I-0547-12 LanammeUCR

En cuanto al análisis granulométrico, se puede observar en el Gráfico 1 de forma visual el comportamiento de las muestras analizadas siendo evidente que las dos muestras

presentan incumplimientos en la malla N° 40 y N° 200. En el Grafico 2, se observa como ambas muestras presentan valores menores que los límites establecidos en el CR-77 en los límites granulométricos.



## 2. Resultados de resistencia a la compresión

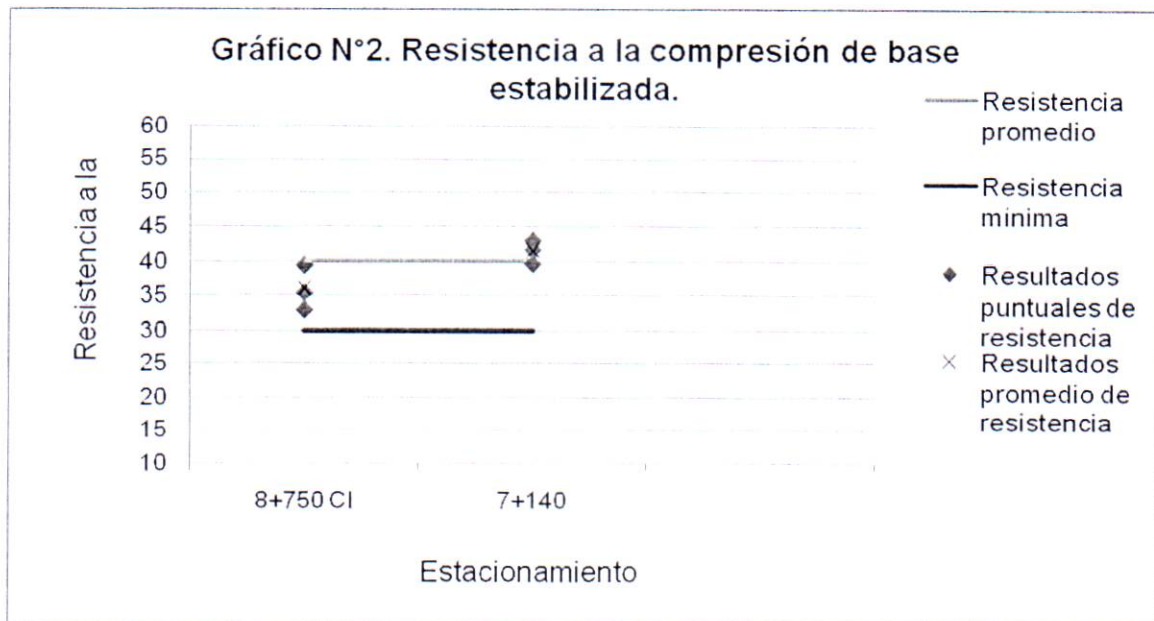
En relación con la resistencia a la compresión de los cilindros de base estabilizada tipo BE-35, de acuerdo con lo requerido en el CR-77, el valor de resistencia mínima permisible a los 7 días es de 30 kg/cm<sup>2</sup> y el valor de resistencia promedio es de 40 kg/cm<sup>2</sup>. De acuerdo con los resultados obtenidos se tiene lo siguiente:

Tabla N°3. Resultados de Resistencia (BE-35)

Esfuerzo Máximo (kg/cm <sup>2</sup> )		Resistencia Mínima a 7d	Resistencia Promedio a 7d	I-0495-12	I-0547-12
				8+750 CI	7+140
Esfuerzo Máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	1	30 kg/cm <sup>2</sup>	40 kg/cm <sup>2</sup>	1102-12	1222-12
	2			39,3	41,6
	3			32,9	42,9
<b>Esfuerzo Máximo Promedio</b>				<b>35,9</b>	<b>41,3</b>
<b>Desviación estándar</b>				<b>3,2</b>	<b>1,7</b>

Fuente: informes I I-0495-12 e I-0547-12 LanammeUCR

Gráficamente, los resultados obtenidos de resistencia a la compresión de la base estabilizada, se presentan a continuación:



Fuente: informes I I-0495-12 e I-0547-12 LanammeUCR

En el Gráfico N°2 se puede observar que los resultados obtenidos de las dos muestras ensayadas tienden a estar cercanos al valor promedio especificado. Cabe considerar que si bien es cierto no existe especificación explícitamente definida para un valor máximo de resistencia a la compresión para bases estabilizadas con cemento, indirectamente se establece mediante el valor mínimo y promedio de la misma, con el desarrollo de

técnicas estadísticas es posible inferir un valor máximo de resistencia de aproximadamente 50 kg/cm<sup>2</sup> que permita cumplir con el valor mínimo y promedio establecido en la especificación del CR-77<sup>1</sup> y el Cartel de Licitación.

El comportamiento de las muestras analizadas en este oficio en donde los valores de resistencia obtenidos se acercan a los valores especificados, difiere por completo del que se observó en los valores de resistencia a la compresión a los 7 días de los resultados informados a la Administración en el oficio LM-IC-D-0402-12 con fecha 30 de abril del 2012 y LM-IC-D-0628-2012 del 06 de junio del 2012, lapso en donde los valores de resistencia a la compresión excedían el valor promedio de resistencia.

En bases estabilizadas el objetivo es tener un diseño de mezcla balanceado, en donde el cemento que se utiliza (que está asociado al valor de resistencia a la compresión a alcanzar) sea suficiente para que la base estabilizada resultante sea resistente, durable y relativamente impermeable, pero no tanto como para que genere otros tipos de deterioros en el pavimento, esto de acuerdo con la Guía de Bases Tratadas con Cemento (CTB) de la PCA (Portland Cement Association).

Por tanto, se hace del conocimiento de los resultados indicados, con el propósito de que se tomen las medidas correspondientes en virtud de su función.

### **3. Comentarios al oficio GCTI-0736**

Con respecto al oficio GCTI-0736 de fecha 21 de junio del 2012, en donde se manifiesta algunos criterios por parte de la ingeniería de proyecto, Ing. Orlando Vargas Karlsson e Ing. Álvaro Ulloa Murillo, nos permitimos manifestarle lo siguiente:

- Es criterio de esta auditoría técnica que independientemente de la forma o reglón de pago que se utilice para escarificar, recuperar o estabilizar en el cartel de licitación se establece claramente que el paquete estructural que compone el pavimento y por lo tanto objeto de contrato es un base estabilizada BE-35 en la sección del estacionamiento 8+400 hasta el final del proyecto (estacionamientos que coinciden con el tramo discutido en este oficio). Por lo tanto, la capa correspondiente a la base estabilizada debe colocarse cumpliendo plenamente con todos los requisitos establecidos en el CR-77, sección 308 "Bases estabilizadas con cemento Portland", tanto en resistencia a la compresión como en

---

<sup>1</sup> Oficio LM-PI-044-12 del Lanamme UCR, emitido el 07 de mayo del 2012 al Director Ejecutivo de CONAVI

granulometría y requisitos de plasticidad, entre otros. Esto con el fin de garantizar que la calidad de material de la capa de base estabilizada BE-35 que se está colocando en el proyecto cumpla con los requisitos de aceptación establecido en el cartel de licitación y se asegure un adecuado desempeño del proyecto a futuro.

- Con respecto a los valores obtenidos de la falla de núcleos de BE-35, cabe recalcar que los requisitos del CR-77 aplican para resistencia de pastillas de base estabilizada BE-35 moldeadas y falladas a los 7 días mediante la norma "Método estándar de ensayo para las relaciones humedad - densidad de las mezclas suelo-cemento (AASHTO T134 / ASTM D 558), por lo que si se considera la extracción de núcleos después de 7 días de curado (como es el caso en el que han transcurrido aproximadamente 72 días desde la colocación<sup>2</sup>), ésta no es válida para aceptación y pago de la misma.

La especificación del CR-77 es clara en que la resistencia a la compresión para una base estabilizada BE-35 se mide con pastillas moldeadas y falladas a los 7 días mediante la norma anteriormente indicada, no con núcleos extraídos y fallados. Hay que tener presente que la obtención de núcleos se realiza mediante aserrado con broca metálica, lo cual podría afectar la estructura interna del núcleo obtenido a través de dicho método. Por lo que la comparación de los valores de resistencia obtenidas a partir de la falla de núcleos no debería ser comparada con el valor establecido en el CR-77.

- Tal y como se mencionó en el oficio LM-IC-D-0402-2012 fecha 30 de abril del 2012, no es recomendable dar a la capa de base estabilizada un exceso de resistencia, debido a que daría una gran rigidez, volviéndola muy susceptible al agrietamiento, con la consecuencia de que las grietas que se forman se reflejarán en las capas que se colocarán sobre la base. Además de que genera un costo adicional en el proyecto por el exceso de cemento que se está empleando y posteriormente remunerando.

---

<sup>2</sup> Fecha de construcción 28 de febrero de 2012. Fecha de extracción y ensayo de núcleos 10 de mayo de 2012, según documentos adjunto al oficio GCTI-12-736.

- Además de los puntos señalados anteriormente, es importante encontrar el porcentaje óptimo de cemento que se le debe agregar al material a estabilizar, de manera que se pueda alcanzar la resistencia requerida con el mínimo cemento posible, para así maximizar el uso de los recursos (económicos) y procurar el desempeño satisfactorio de los materiales empleados e incorporados al proyecto.

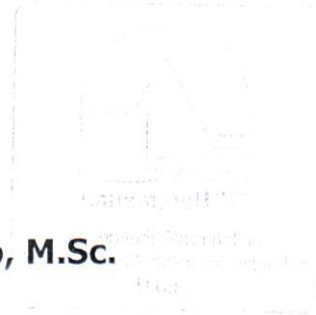
Sin otro particular, se despide,



**Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.**

**Director**

**Lanamme UCR**



CC:

Lic. Allan Ugalde Rojas, Gerente de Área de Fiscalización de Servicios de Infraestructura de la CGR

Ing. Carlos Pereira Esteban, Gerente, Gerencia Construcción de Vías y Puentes

Ing. Benjamín Sandino González, Unidad Verificación de Calidad, CONAVI

Ing. Alvaro Ulloa Murillo, Director de Proyecto, CONAVI

Lic. Reynaldo Vargas Soto, Auditor interno, CONAVI

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, PhD, Coordinador PITRA, LanammeUCR

Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc, Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica, LanammeUCR.

Consejo de Administración de CONAVI

archivo UAT, E/AH