



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-062-11

AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Evaluación de la calidad y de la retrorreflexión de la pintura de tránsito utilizada en la demarcación horizontal de la Ruta Nacional N° 32

Preparado por:

Unidad de Auditoría Técnica



San José, Costa Rica
Noviembre, 2011

Información técnica del documento

1. Informe Preliminar <p style="text-align: center;">Informe LM-PI-AT-062-11</p>	2. Copia No. <p style="text-align: center;">18</p>	
3. Título y subtítulo: AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA: Evaluación de la calidad y de la retrorreflexión de la pintura de tránsito utilizada en la demarcación horizontal de la Ruta Nacional N° 32.	4. Fecha del Informe <p style="text-align: center;">Noviembre, 2011</p>	
7. Organización y dirección 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		
8. Notas complementarias		
9. Resumen <p><i>El objetivo general de este informe de auditoría técnica es evaluar la calidad de la pintura de tránsito y microesfera de vidrio utilizada en la demarcación vial que se realizó en la Ruta Nacional N° 32 y medir la retrorreflexión de la pintura colocada. Los trabajos que se evalúan corresponden a la Licitación Abreviada 2010LA-000016-DI, realizada por el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) para la "Demarcación Horizontal con pintura y captaluces de la Ruta Nacional N° 32, sección: La República-Intersección Ruta Nacional N° 36". Este informe se realiza para recomendar a la Administración sobre la importancia de los controles de calidad que deben seguirse para asegurar una adecuada inversión de los recursos. El hecho de que la Administración no entregara a la Auditoría Técnica la información solicitada, limitó la ejecución del este informe.</i></p> <p><i>La Ruta N° 32 constituye una de las principales carreteras del país. Dado el alto porcentaje de vehículos pesados que transitan (alrededor del 30%) y la cantidad de lluvia en la zona, se justifica que la Ruta N° 32 esté demarcada adecuadamente, con los materiales apropiados (que garanticen visibilidad diurna y nocturna).</i></p> <p><i>El monto total de contratación es de 495.198.073,70 (cuatrocientos noventa y cinco millones ciento noventa y ocho mil setenta y tres colones con 70/100). La longitud del proyecto es de aproximadamente 160 km.</i></p> <p><i>Respecto a los resultados del muestreo de pintura, los resultados de retrorreflexión para la pintura amarilla, presentan una variabilidad significativamente mayor que la permitida, lo que podría aumentar la probabilidad de que el producto no cumpla con el nivel de calidad establecido por la especificación. Lo mismo sucede con los resultados del ensayo de viscosidad.</i></p> <p><i>Según los resultados obtenidos, cuatro de las doce muestras de pintura tomadas de la demarcación de la Ruta Nacional N°32 tienen una viscosidad menor que la especificación de 70 a 80 Krebs (KU) para un viscosímetro Stormer (SIECA, 2000). Según se observó, al aplicar esta pintura más diluida, los bordes de las líneas no quedan uniformes, ya que la pintura escurre con mayor facilidad hasta alcanzar su reposo.</i></p> <p><i>De acuerdo con los resultados, uno de los once tramos evaluados no cumplen con los niveles mínimos de retrorreflexión de 70 mcd/lux.m2 para el color amarillo (valores establecidos para el equipo de medición EasyLux).</i></p> <p><i>Se evidencia una falta de planificación en los trabajos de mantenimiento de la carretera, pues se programaron labores de mantenimiento de la calzada posterior a la demarcación vial horizontal.</i></p>		
10. Palabras clave: Demarcación vial, retrorreflexión, seguridad vial, pinturas	11. Nivel de seguridad: <p style="text-align: center;">Público</p>	12. Núm. de páginas <p style="text-align: center;">86</p>



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 POTESTADES.....	5
1.2 OBJETIVO DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS.....	5
1.3 OBJETIVOS DEL INFORME.....	6
1.4 ALCANCE DEL INFORME.....	7
1.5 ANTECEDENTES.....	8
1.6 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	11
1.7 REQUERIMIENTOS CONTRACTUALES.....	13
1.8 METODOLOGÍA.....	15
1.9 MARCO TEÓRICO.....	19
2. HALLAZGOS Y OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	24
2.1 ANÁLISIS REFERENTE A LA INFORMACIÓN ENTREGADA POR LA ADMINISTRACIÓN.....	25
2.2 ANÁLISIS REFERENTE A LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO REALIZADAS A LA PINTURA DE TRÁNSITO.....	28
2.3 ANÁLISIS REFERENTE A LA RETORREFLEXIÓN DE LA PINTURA COLOCADA.....	30
2.4 OBSERVACIÓN SOBRE LOS TRABAJOS POSTERIORES REALIZADOS.....	34
3. CONCLUSIONES.....	36
4. RECOMENDACIONES.....	38
5. REFERENCIAS.....	40
6. ANEXOS.....	43



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Evaluación de la calidad y de la retrorreflexión de la pintura de tránsito utilizada en la demarcación horizontal de la Ruta Nacional N° 32 Licitación Abreviada 2010LA-000016-DI

Dirección encargada del proyecto: Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI

Monto original del contrato	495.198.073,70	Consortio contratado -J&L Señalización y Arquitectura S.A. -M&P Obras Civiles S.A. -Horizontes de Vías y Señales Centroamericana S.A. -Publivías S.A.
Inicio de la obra	Enero 2011	
Plazo original de ejecución	60 días naturales	
Longitud del proyecto	160 km	

Licitación Abreviada 2010LA-000016-DI: “Demarcación Horizontal con pintura y captaluces de la Ruta Nacional N° 32, sección: La República-Intersección Ruta Nacional N° 36”.

Coordinador de Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA:

- Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, PhD.

Coordinadora de Auditoría Técnica: Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc.Eng.

Audidores: Ing. Diana Jiménez Romero, MSc., MBA.
Ing. Erick Acosta Hernández

Asesor legal externo: Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:

La auditoría técnica externa se realiza con base en los resultados emitidos por el Laboratorio de Infraestructura Vial del LanammeUCR, referentes al análisis físico-químico realizado a la pintura de tránsito y microesfera de vidrio utilizados en la demarcación vial de la Ruta Nacional N° 32. Además, se utiliza el retrorreflectómetro EasyLux, para medir la retrorreflexión de la pintura colocada, según las especificaciones EN 1436, ASTM D4063, ASTM E1710, ASTM 2302, ASTM 2177.

Referencias:

- Fechas de visitas:
 - ✓ 17 y 18 de enero de 2011
 - ✓ 19, 20 y 21 de enero de 2011
 - ✓ 2 y 4 de febrero de 2011
 - ✓ 16 de mayo de 2011
- Resultados de laboratorio entregados a CONAVI mediante oficio LM-IC-D-340-2011, de fecha 28 de marzo de 2011 y oficio LM-AT-92-2011, de fecha 6 de junio de 2011.



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Evaluación de la calidad y de la retrorreflexión de la pintura de tránsito utilizada en la demarcación horizontal de la Ruta Nacional N° 32

1. INTRODUCCIÓN

1.1 POTESTADES

Las auditorías técnicas externas a proyectos en ejecución del sector vial se realizan de conformidad con las disposiciones del artículo 6 de la Ley 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley 8603, como parte del Programa de Fiscalización de la Calidad del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

El proceso de auditoría igualmente 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.”

1.2 OBJETIVO DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

El propósito de las auditorías técnicas que realiza el LanammeUCR en cumplimiento de las tareas asignadas en la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria”, Ley N° 8114, es el de emitir informes que permitan a las autoridades del país, indicadas en dicha ley, conocer la situación técnica, administrativa y financiera de los proyectos viales durante todas o cada



una de las etapas de ejecución: planificación, diseño y especificaciones; cartel y proceso licitatorio; ejecución y finiquito. Asimismo, la finalidad de estas auditorías consiste en que la Administración, de manera oportuna, tome decisiones correctivas y ejerza una adecuada comprobación, monitoreo y control de los contratos de obra, mediante un análisis comprensivo desde la fase de planificación hasta el finiquito del contrato.

Uno de los campos de trabajo lo componen las auditorías técnicas de seguridad vial, que ayudan a asegurar que los aspectos de seguridad vial estén considerados en todas las etapas de un proyecto vial.

Para el caso de carreteras en servicio, se realizan evaluaciones de seguridad vial, que corresponden a un examen formal de un proyecto vial, mediante el cual se identifican problemas de seguridad vial que pudieron no ser tan evidentes en las etapas de factibilidad, diseño o construcción. De este modo, se brinda a la Administración insumos para la mejora continua de la seguridad vial en las carreteras.

En las evaluaciones de seguridad vial que ejecuta el LanammeUCR, se comparan las prácticas constructivas que se realizan en Costa Rica con respecto a las mejores prácticas internacionales en el tema de seguridad vial y a la normativa existente, con el propósito de emitir recomendaciones para mejorar la seguridad vial en Costa Rica.

1.3 OBJETIVOS DEL INFORME

El objetivo general de este informe de auditoría técnica es evaluar la calidad de la pintura y microesfera de vidrio utilizada en la demarcación vial que se realizó en la Ruta Nacional N° 32 y medir la retrorreflexión de la pintura colocada.

Los objetivos específicos son:

- Realizar ensayos de Viscosidad Stormer de la pintura acrílica utilizada para la demarcación vial de la Ruta Nacional N° 32.
- Realizar ensayos de la densidad a 25 °C y contenido de pigmentos de la pintura acrílica utilizada para la demarcación vial de la Ruta Nacional N° 32.



- Realizar ensayos de la resistencia química al agua y al H_2SO_4 3N de la microesfera de vidrio utilizada en la demarcación vial de la Ruta Nacional N° 32.
- Medir la granulometría de algunas muestras de la microesfera de vidrio utilizada en la demarcación vial de la Ruta Nacional N° 32.
- Medir el espesor de la pintura colocada en la Ruta Nacional N° 32.
- Realizar mediciones de la retrorreflexión de la demarcación vial de la Ruta Nacional N° 32.

1.4 ALCANCE DEL INFORME

Los trabajos que se evalúan corresponden a la Licitación Abreviada 2010LA-000016-DI, realizada por el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) para la “Demarcación Horizontal con pintura y captaluces de la Ruta Nacional N° 32, sección: La República-Intersección Ruta Nacional N° 36”.

La auditoría técnica externa se realiza con base en los resultados emitidos por el Laboratorio de Infraestructura Vial del LanammeUCR, referentes al análisis físico-químico realizado a la pintura de tránsito y microesfera de vidrio utilizados en la demarcación vial de la Ruta Nacional N° 32. Además, se utiliza el retrorreflectómetro EasyLux, para medir la retrorreflexión de la pintura colocada, según las especificaciones EN 1436, ASTM D4063, ASTM E1710, ASTM 2302, ASTM 2177.

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 el presente informe no es un dictamen final de la calidad de los materiales utilizados en la demarcación vial, 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.



1.5 ANTECEDENTES

Para la realización del presente informe de Auditoría Técnica se cuenta con la información del Cartel y el Contrato de la Licitación Abreviada 2010LA-000016-DI “Demarcación Horizontal con pintura y captaluces de la Ruta Nacional N° 32, sección: La República-Intersección Ruta Nacional N° 36”.

Con respecto al tema de demarcación vial horizontal, el LanammeUCR ha entregado al MOPT y al CONAVI los informes de Auditoría Técnica Externa descritos a continuación:

- LM-PI-PV-AT-06F-07: Evaluación de las labores de demarcación vial horizontal: especificaciones, cartel de licitación y labores realizadas sobre la Ruta Nacional N° 32, emitido en el año 2007. En este informe se analizan varios aspectos referentes al control de calidad y los recursos asignados a estos proyectos. También se detallan algunas debilidades de los carteles de licitación y de los procesos de colocación que son aplicables a los demás proyectos.
- LM-PI-PV-AT-08F-07: Evaluación de las labores de demarcación vial horizontal. Proyecto de rehabilitación de la carretera Costanera Sur, Ruta Nacional N° 23, sección Interamericana – Caldera, emitido en el año 2007. En este informe se evidencian la falta de especificaciones técnicas en el cartel de licitación del proyecto auditado y la inexistencia de procedimientos de verificación de la calidad de los trabajos realizados por parte de la Administración.
- LM-AT-15-07: Laboratorio de Pinturas de la Subdirección de Geotecnia y Materiales del Ministerio de Obras Públicas y Transportes: Ejecutor de ensayos a las pinturas utilizadas en el señalamiento horizontal de rutas nacionales, emitido en el año 2007, donde se analiza la capacidad del laboratorio para brindar los servicios de verificación.
- LM-AT-46-07: Evaluación de las labores de demarcación vial horizontal y Revisión de procesos de bacheo y colocación de mezcla asfáltica en caliente, Carretera interamericana Sur, Ruta Nacional N° 2, emitido en el año 2007. Corresponde a un



reporte donde se hacen recomendaciones sobre la inspección de las labores de demarcación vial.

- **LM-AT-79-07:** Evaluación de las labores de demarcación horizontal en la Ruta Nacional N° 2 carretera Interamericana Sur, sección La Lima-San Isidro de Pérez Zeledón y la Ruta Nacional N° 3, sección Manolos-San Mateo, emitido en el año 2007. En esta auditoría se comprueba la ausencia de políticas y procedimientos para realizar las actividades de verificación de la preparación de la superficie sobre la cual se va a demarcar y para la comprobación de la preparación de los materiales que se van a aplicar conforme a las especificaciones definidas en los documentos contractuales. También se evidencia que no se han definido procedimientos sistemáticos para corroborar que la pintura colocada cumple con la normativa de referencia.
- **LM-AT-29-08:** Reporte de Asesoría Técnica Actividades de demarcación vial horizontal en la Ruta Nacional N° 32: sección La República – Río Sucio, emitido en el año 2008. En este informe se recomienda analizar diferentes tipos de pinturas para diferentes condiciones de clima, de carretera y de tránsito. Se recomienda a la Administración que realice un análisis de los informes y reportes que ya se han presentado por parte del LanammeUCR, con el fin de aplicar acciones correctivas y preventivas, para que no se continúen presentando las mismas fallas en cada proyecto nuevo.
- **LM-AT-44-08:** Seguimiento al proceso de auditoría Informe LM-AT-15-07. El objetivo general de esta auditoría es realizar una evaluación de las acciones correctivas y preventivas planteadas por la Sub-Dirección de Geotecnia y Materiales del MOPT con relación a los hallazgos y observaciones expuestos en el informe LM-AT-15-07.
- **LM-AT-118-08:** Evaluación del desempeño de la demarcación vial horizontal con pintura acrílica base agua en las Rutas Nacionales N° 204 (Zapote) y N° 251 (Tres Ríos), emitido en el año 2008. En este informe se recomienda evaluar las condiciones climáticas en relación al proceso de demarcación vial horizontal, con el fin de analizar si estas influyen en su calidad, durabilidad y adherencia. También se recomienda implementar un proceso de monitoreo visual de los proyectos de demarcación vial horizontal. Se recomienda además, la elaboración de un manual de procedimientos para indicar las pautas de colocación de diferentes tipos de pinturas de tráfico, para



diferentes superficies de pavimentos, y diferentes condiciones climáticas y flujo vehicular, adaptado a las condiciones propias de Costa Rica.

En los informes indicados se evalúa la calidad de los materiales, tipos de pintura, condiciones de aplicación, calidad en la ejecución de los trabajos, especificaciones del cartel de licitación, entre otros.

Es importante indicar que para que la Administración tomara acciones con respecto al proyecto en estudio, oportunamente se remitió a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI (mediante el oficio LM-IC-D-340-2011 de fecha 28 de marzo de 2011), los resultados emitidos por el Laboratorio de Infraestructura Vial del LanammeUCR, referentes al análisis físico-químico realizado a la pintura de tránsito y microesfera de vidrio utilizados en la demarcación de la Ruta Nacional N° 32. Adicionalmente, mediante el oficio LM-AT-92-2011, de fecha 6 de junio de 2011, se remitió a esa misma Gerencia de Conservación, las coordenadas de los sitios donde fueron tomadas las muestras de pintura a las que se les realizaron las pruebas de laboratorio.

Como parte de los procedimientos de Auditoría Técnica y en lo referente a la remisión del informe preliminar, se hizo entrega del informe LM-PI-AT-062B-11 mediante oficio LM-AT-164-11 de fecha 15 de noviembre de 2011; además, el día 24 de noviembre del 2011 se brindó audiencia a la parte auditada y se hizo la presentación del informe. En esta audiencia participaron por parte del CONAVI: Ing. Marco Rojas Jenkins, Gerente de Conservación de Vías y Puentes, Ing. William Abarca Cubero, Director de la Región Central, Lic. Reynaldo Vargas Soto, Auditor Interno e Ing. Alexander Guerra, de la Auditoría Interna; por parte del LanammeUCR, Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica, Ing. Diana Jiménez Romero, MSc, MBA, Ing. Erick Acosta Hernández, (ambos del equipo auditor encargado del desarrollo del informe), Ing. Javier Zamora Rojas, MScE, Ing. Víctor Cervantes Calvo e Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc., los tres auditores de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR.

Estando los participantes de la audiencia de acuerdo en el contenido del informe preliminar LM-PI-AT-062B-11, se procedió a la elaboración del presente informe final LM-PI-AT-62-11.

1.6 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La Ruta N° 32 inicia en San José y termina en Limón, en la intersección de la Ruta N° 32 con la Ruta N° 36. En la Figura 1 se muestra el detalle del trazado del proyecto. La longitud del proyecto es de aproximadamente 160 km.

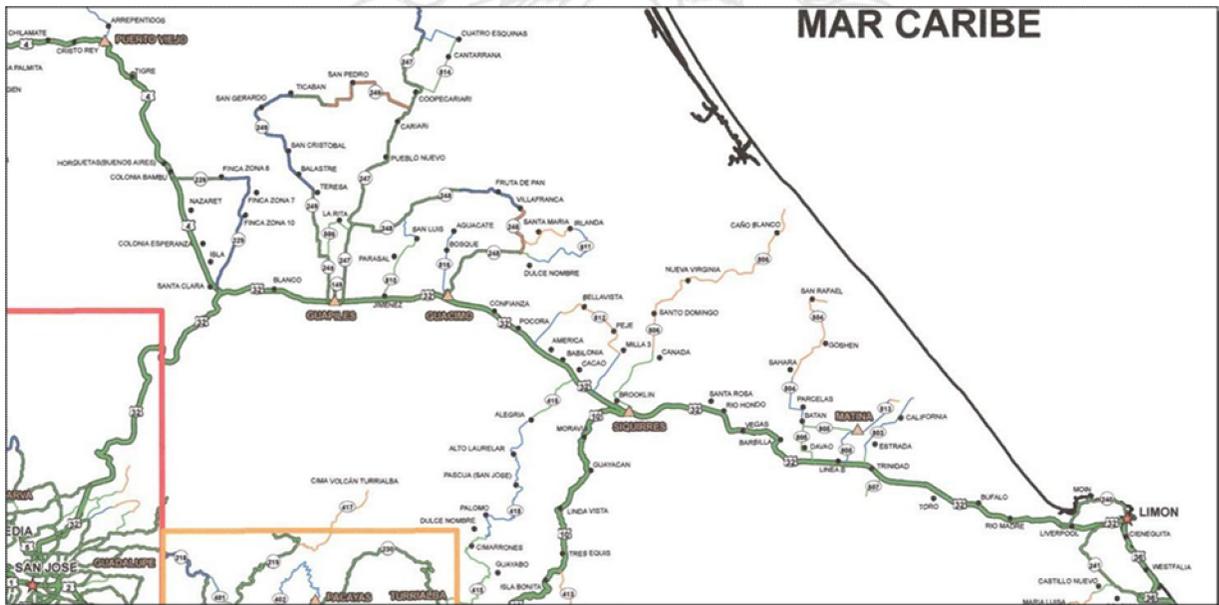


Figura 1. Ruta Nacional N° 32.

El proyecto en estudio corresponde a la demarcación horizontal con pintura y captaluces de la Ruta Nacional N° 32, sección: La República-Intersección Ruta Nacional N° 36. El objeto del contrato se encuentra dentro de las funciones asignadas al CONAVI por ley 7798, pero también obedece a la resolución N° 2010-010104 del 11 de junio de 2010, dictada por la Sala Constitucional dentro del recurso de amparo interpuesto por el señor Alexander Arce Fernández. Dicha resolución dispuso:

“...a Francisco Jiménez Reyes, en su calidad de Ministro de Obras Públicas y Transportes y de Presidente del Consejo de Administración del Consejo Nacional de Vialidad, o a quien ocupe ese cargo, que dicte las órdenes e instrucciones legales correspondientes, para que a más tardar, el 31 de diciembre de 2010, queden completamente terminados los trabajos de señalización vial en la Ruta Nacional N°32 (San José-Limón), que garanticen la seguridad de los usuarios que por ella transitan...”

La Ruta N° 32 constituye una de las principales carreteras del país. La velocidad de operación del proyecto varía entre 60km/h y 80km/h y el Tránsito Promedio Diario (TPD) es el que se indica en la Tabla 1 para los distintos tramos.

Tabla 1. Tránsito Promedio Diario (Año 2006), Ruta Nacional N° 32.

Sección de Control	Estación	Longitud (km)	TPD	Descripción
19011	173	1,29	24.795	San José (B° Tournón) (Ruta 108)-Límite Goicoechea/Tibás (Quebrada Rivera)
40500	174	8,665	24.350	Límite San José/Heredia (Río Virilla)-Límite Santo Domingo/San Isidro (calle Yerbabuena)
10950	14	5,05	7.687	Límite Heredia/San José (Río para Blanco)-Límite Moravia/Vázquez Coronado (Río Zurquí)
70150	328	13,26	9.319	La Y Griega (Ruta 4)-Guápiles (Ruta 247) (Calle Emilia)
70490	753	4,45	9.809	Guápiles (Ruta 247) (Calle Emilia)-Límite Cantón Pococí/Guácimo (Río Jiménez)
70141	703	10,65	6.585	Guácimo (Ruta 248) - Límite Cantón Guácimo/Siquirres (Río Destierro)
70090	13	12,93	6.083	Siquirres (Ruta 10)-Límite Cantón Siquirres/Matina (Río Madre de Dios)
70080	247	9,60	7.194	Límite Cantón Matina/Limón (Río Toro)-Liverpool (escuela)
70070	248	12,045	9.020	Liverpool (escuela)-Limón (muelle alemán)

Fuente: Dirección de Planificación Sectorial, Unidad Logística.

Nota: se incluyen los datos de TPD para el año 2006, debido a que corresponde al período para el que existe mayor información.



Se justifica que la Ruta N° 32 esté demarcada adecuadamente, con los materiales apropiados (que garanticen visibilidad diurna y nocturna), dado el alto porcentaje de vehículos pesados que transitan (alrededor del 30%) y la cantidad de lluvia en la zona.

1.7 REQUERIMIENTOS CONTRACTUALES

En el cartel de la Licitación Abreviada 2010LA-000016-DI, para la “Demarcación Horizontal con pintura y captaluces de la Ruta Nacional N° 32, sección: La República-Intersección Ruta Nacional N° 36”, se establece que los trabajos se deben realizar con pintura convencional TTP 115 E Tipo III, base solvente.

El contrato fue adjudicado al Consorcio conformado por las empresas J&L Señalización y Arquitectura S.A., M&P Obras Civiles S.A., Horizontes de Vías y Señales Centroamericana S.A. y Publivías S.A. El monto total de contratación es de 495.198.073,70 (cuatrocientos noventa y cinco millones ciento noventa y ocho mil setenta y tres colones con 70/100).

En el cartel y contrato de la licitación 2010LA-000016-DI, se establece que los trabajos se deben realizar conforme las especificaciones técnicas contenidas en los mismos documentos contractuales, así como las que se enlistan a continuación:

- Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (CR-77) o versión vigente.
- Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA).
- Manual de Especificaciones Técnicas para Señalamiento horizontal y vertical en las carreteras (IT-91).
- Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCR).
- Manual de Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (MC-83) o versión vigente.
- Memorandum de Normas y Procedimientos MNP-Comunicado 12-1-70 de fecha treinta de junio de mil nocientos noventa y cuatro.
- Normas para la Colocación de Dispositivos de Seguridad para Protección de Obras.



- Planos o esquemas (de existir).

Según se establece en los documentos contractuales de la Licitación 2010LA-000016-DI, los materiales utilizados en la demarcación deben cumplir con especificaciones establecidas en la normativa nacional establecida en el IT-91 (COSEVI, 1992); CR-2010 (MOPT, 2010) y Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2000).

Respecto a la calidad de la pintura, en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2000), se establece que una viscosidad de 70 a 80 Krebs (KU) en un viscosímetro Stormer es satisfactoria para cualquier tipo de aplicación. Si la pintura es más viscosa se dificulta su aplicación a un espesor uniforme, lo que da como resultado un cubrimiento disperejo que puede provocar desgaste mayor en las zonas donde las señales quedan con menor espesor. Por el contrario, si la viscosidad de la pintura es baja (muy líquida) los bordes de la demarcación son indefinidos por excesiva nivelación de la pintura aplicada.

La cantidad de esferas de vidrio a aplicar sobre pintura húmeda debe ser de 0,72 kilos por cada litro de pintura. Para la microesfera de vidrio tipo "Drop-On", la cual se aplica mediante sembrado o rociado con equipo especial, sobre la pintura aplicada y húmeda, la proporción debe ser de 300 a 450 gramos por metro cuadrado de pintura (SIECA, 2000). En el IT-91: Manual de Especificaciones Técnicas para Señalamiento Horizontal y Vertical en la Carreteras (COSEVI, 1992), así como en SIECA (2000), se establece que las microesferas de vidrio deben tener un índice refractario entre 1,50 y 1,60.

Es importante indicar que en ninguno de los documentos referidos en el Cartel y Contrato de la Licitación 2010LA-000016-DI, se especifican los valores mínimos de retrorreflexión que debe cumplir la pintura ya colocada.



1.8 METODOLOGÍA

En las visitas realizadas a la Ruta Nacional N° 32, los días 17 y 18 de enero 2011, se identificaron los tramos que estaban siendo preparados para la demarcación vial, por parte del Consorcio contratado por el CONAVI.

El equipo auditor realizó visitas al proyecto mientras se estaban haciendo las labores de demarcación vial horizontal, con el fin de tomar muestras de la pintura diluida y de la microesfera de vidrio que se iba a colocar en sitio. Entre el 19 y 21 de enero 2011, así como el 2 y 4 de febrero 2011, se recolectaron muestras de pintura blanca y amarilla para cada una de las siete empresas que estaban trabajando para el Consorcio (ver fotos en Anexo A).

La definición de la muestra se hizo con base en la cantidad de empresas que estuvieron involucradas en la demarcación. Se tomó dos galones de cada color de pintura por cada empresa (excepto para dos empresas, que se tomó muestra sólo de un color). Esto por cuanto se tomaban muestras del color de la pintura que se estuviera colocando y dependía de cuáles empresas estaban trabajando al momento de la gira.

En la Tabla 2 se muestran las coordenadas de los muestreos de pintura y en la Tabla 3 se indica el número correspondiente de la muestra de la microesfera de vidrio. En la Figura 2 se muestra su ubicación en un mapa, de los sitios de muestreo.

Tabla 2. Coordenadas de los sitios donde fueron tomadas las muestras de pintura, Ruta Nacional N° 32.

Muestra	Punto GPS	Latitud	Longitud	Color Pintura	Empresa
0089-11	357	+10,1884751	-83,6347143	Blanca	Publivías
0090-11	300	+10,2060426	-83,7112639	Blanca	Servicios de Señalamiento Vial
0091-11	299	+10,2028830	-83,8103061	Blanca	Publiseñales
0092-11	356	+10,2108941	-83,8987263	Blanca	Horizontes de Vías y Señales
0093-11	354	+10,2041354	-83,7608933	Amarilla	M y P
0094-11	352	+10,1186676	-83,5484679	Amarilla	Bela Consultores
0095-11	300	+10,2060426	-83,7112639	Amarilla	Servicios de Señalamiento Vial
0096-11	298	+10,1979829	-83,9051410	Amarilla	Horizontes de Vías y Señales
0179-11	007	+10,712435	-83,411457	Amarilla	Publivías
0180-11	385	+10,046065	-83,309107	Blanca	M y P
0181-11	401	+10,0927342	-83,4891294	Blanca	J y L
0182-11	401	+10,0927342	-83,4891294	Amarilla	J y L

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Tabla 3. Número de muestra de pintura y microesfera, Ruta Nacional N° 32.

Muestra Pintura	Muestra Microesfera	Fecha
0089-11	0102-11	21 enero 2011
0090-11	098-11	19 enero 2011
0091-11	0100-11	19 enero 2011
0092-11	No se tomó muestra	21 enero 2011
0093-11	0101-11	20 enero 2011
0094-11	0099-11	20 enero 2011
0095-11	No se tomó muestra	19 enero 2011
0096-11	0097-11	19 enero 2011
0179-11	No se tomó muestra	2 febrero 2011
0180-11	No se tomó muestra	3 febrero 2011
0181-11	No se tomó muestra	2 febrero 2011
0182-11	No se tomó muestra	2 febrero 2011

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

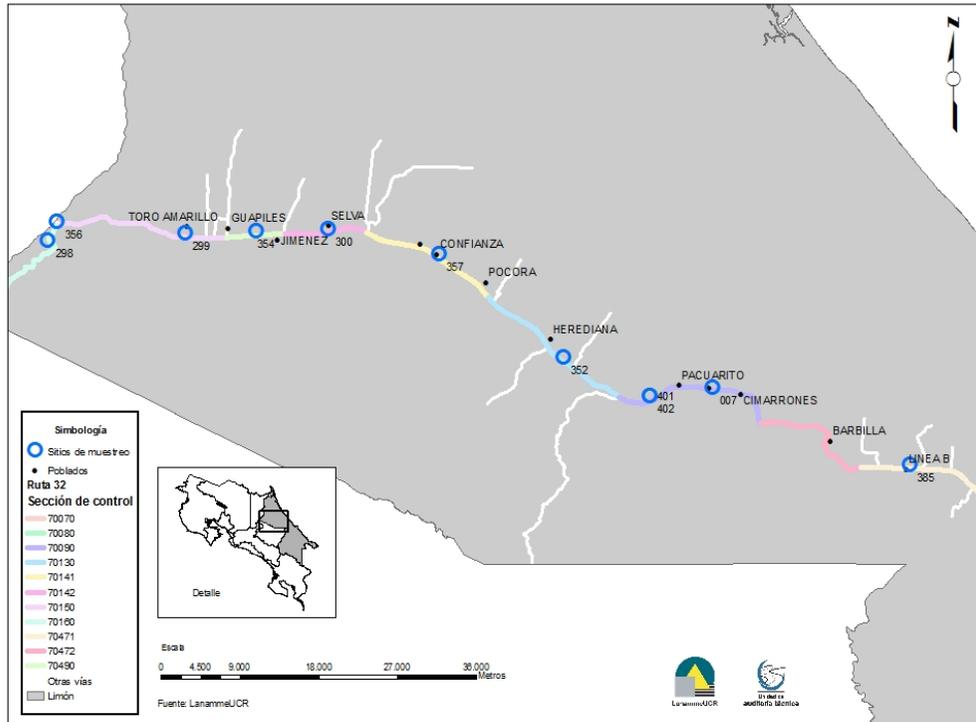


Figura 2. Ubicación de los puntos donde se tomaron las muestras de pintura, Ruta Nacional N° 32.

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

A las muestras de pintura acrílica utilizada para la demarcación de la Ruta N° 32 se le realizaron ensayos de Viscosidad Stormer (ASTM D562), densidad a 25 °C (ASTM D1475) y contenido de pigmentos (ASTM D4451). La prueba realizada a la microesfera corresponde a la resistencia química al agua y al H₂SO₄3N. También se midió la granulometría de la microesfera (ASTM D1214).

Para documentar el proceso de toma de muestras de pintura y microesfera, se anotaron observaciones en listas de chequeo y se entregó a las empresas que conforman el Consorcio, una copia de la hoja de bitácora donde se anotó la cantidad de material que se tomó en la muestra. Los registros de las listas de chequeo se incluyen en el Anexo C.

Se tomaron algunas muestras del espesor de la película de pintura colocada en la Ruta N° 32 y se realizaron mediciones de la retrorreflexión de la pintura, en los mismos sitios donde

se tomó la muestra de pintura. Las mediciones se hicieron con el retrorreflectómetro portátil *EASYLUX*.

Las mediciones de retrorreflexión se realizaron el día 16 de mayo, en los mismos sitios donde se tomaron las muestras de pintura. En la Figura 3 se muestra la ubicación de dichos sitios. En el Anexo B se muestran fotografías de los sitios donde se realizaron las mediciones.

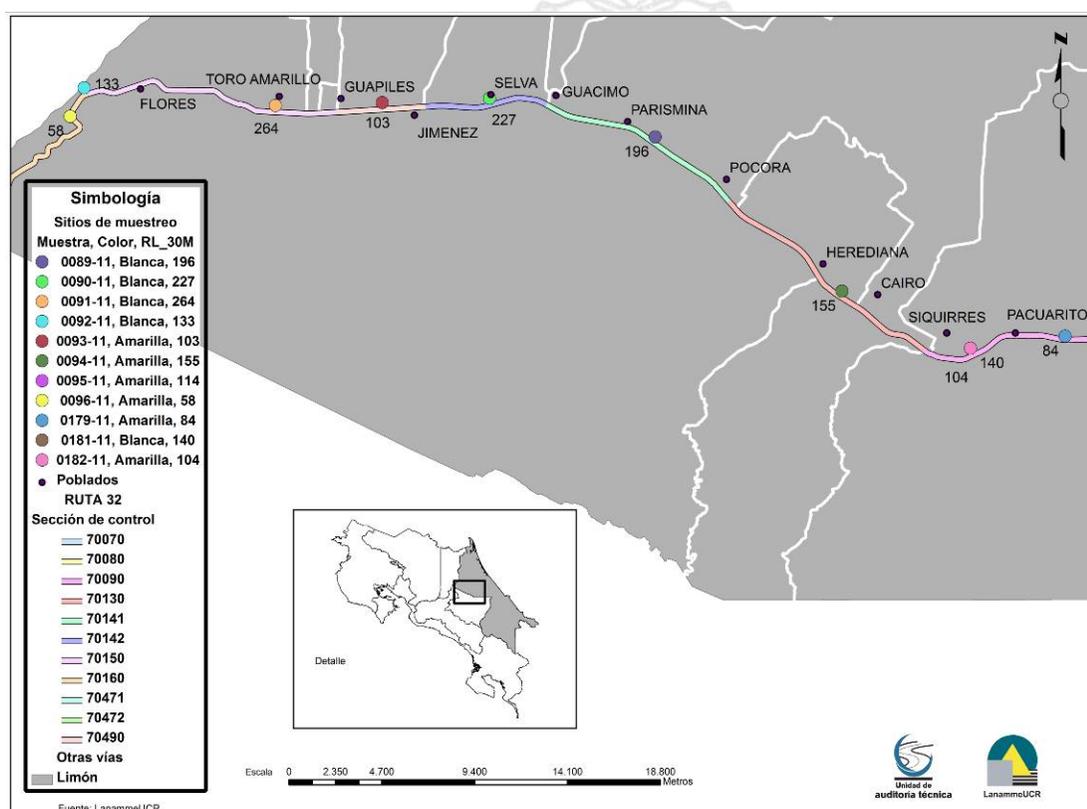


Figura 3. Ubicación de los puntos donde se midió la retrorreflexión, Ruta Nacional N° 32.

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Para cada sitio de muestreo se hicieron 10 mediciones, una cada 15 metros, sobre la línea de borde o la línea de centro, según correspondiera al color de la pintura de la muestra que se tomó. Los valores obtenidos en cada sitio se incluyen en el Anexo E.



Se tomaron registros fotográficos del proceso de toma de muestras de la pintura acrílica y las microesferas. Además, se tomaron fotografías de la demarcación, tres meses después de su colocación, momento en que se llevaron a cabo las mediciones de retrorreflexión.

Los resultados de las pruebas de laboratorio y de las mediciones de retrorreflexión se compararon con valores establecidos en normas internacionales, de manera que se pueda determinar si están dentro de los rangos establecidos de calidad y si la demarcación cumple su función adecuadamente.

1.9 MARCO TEÓRICO

La demarcación vial horizontal es una parte de la infraestructura de la carretera que cumple una función primordial en la seguridad de los usuarios. Como cualquier otra obra, requiere de estudios preliminares antes de ser colocada, con el objetivo de que se ajuste a las características de la carretera y de que cumpla plenamente su función (LanammeUCR, 2007).

Los principales factores que inciden sobre una adecuada labor de demarcación vial, se muestran en la Figura 4.



Figura 4. Factores principales que inciden en el desempeño de la demarcación vial (LanammeUCR, 2008).

En informes anteriores emitidos por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, por ejemplo en el reporte LM-AT-29-08 (LanammeUCR, 2008), se mencionan y detallan aspectos sobre la calidad de la pintura y los factores principales que inciden en el desempeño de la demarcación vial, siendo los más importantes: el tipo y calidad de la pintura, el estado del pavimento, las condiciones ambientales, la preparación y limpieza de la superficie o calzada, la maquinaria y los equipos utilizados, la inspección y control de calidad en el proceso de demarcación, y el tipo de tránsito (intensidad y porcentaje de vehículos pesados).

Antes de realizar la demarcación horizontal, es recomendable cumplir con tres pasos básicos: verificar la calidad de los materiales, corroborar el trazado de la demarcación y aclarar todos los aspectos posibles que podrían influir en la calidad de la obra (LanammeUCR, 2007). Es importante tener a disposición el trazado de toda la demarcación. Es recomendable que el trazado sea revisado minuciosamente, y de ser posible



complementar la información disponible con planos o dibujos detallados, donde se especifiquen la ubicación de los elementos de la demarcación, medidas, y cualquier otra descripción que permita visualizar las características de la señalización que se va a realizar.

Para verificar la calidad de los materiales es necesaria una evaluación estadística de los resultados obtenidos de los ensayos aplicados a las muestras. Para ello se recomienda aplicar el procedimiento establecido en 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).

Una vez que se lleven a cabo las labores de demarcación vial, debe realizarse una inspección para aceptar el trabajo. En dicha inspección se debe verificar la visibilidad diurna y nocturna. Según la Sociedad Americana para Análisis y Materiales (ASTM) el éxito de las pinturas para demarcación de pavimentos depende en un 40% de la visibilidad, en un 30% de la durabilidad y en un 30% de la apariencia.

Para el caso de la visibilidad diurna, los valores a verificar son el color y el contraste. El color se acepta de acuerdo con cuatro pares de cromacidad en términos del Sistema Colorimétrico estándar CIE 1931 y el factor de luminancia (valor asociado a la mayor o menor claridad o luminosidad de un color), según se establece en la norma ASTM D-4956. La relación de contraste mínimo es de 1,7 (MTT, 2001).

En lo que se refiere a la visibilidad nocturna, la función de las microesferas es muy importante, puesto que son las que se encargan de que la demarcación horizontal sea visible durante la noche, mediante el fenómeno de retrorreflexión. En el caso particular de la Ruta N° 32, las condiciones de lluvia y neblina son muy frecuentes, por lo que es aún más crítico que la demarcación vial proporcione adecuados niveles de retrorreflexión, para que contribuya a la seguridad vial de los usuarios.

Para verificar la retrorreflexión existen distintas especificaciones, dependiendo del tiempo que haya pasado desde que se realizó la demarcación vial. En la Tabla 4 se muestran algunos

valores encontrados en la literatura, correspondientes a la retrorreflexión que sería recomendable que tengan las marcas viales al concluir los trabajos de demarcación y al cabo de 6 meses.

Si se cumplen los valores mínimos de retrorreflexión, se garantiza la visibilidad nocturna de la demarcación vial horizontal. Esto aplica para marcas de pintura, termoplástica, cintas preformadas, entre otros.

Tabla 4. Especificaciones de retrorreflexión de demarcación vial.

	Blanca (mcd/lx·m ²)	Amarilla (mcd/lx·m ²)	Fuente
Inicial	300	250	FDOT, 2010
A los 6 meses	150	150	
Inicial	300	150	(AEN/CTN 135, 2007)
A los 6 meses	200	150	

Para medir la retrorreflexión existen distintos equipos que simulan las condiciones a las que un conductor visualiza la demarcación vial en la noche. Tal como se muestra en la Figura 5, existe un ángulo en el que las marcas viales son iluminadas por el vehículo y un ángulo de observación, que corresponde a la visual del usuario.

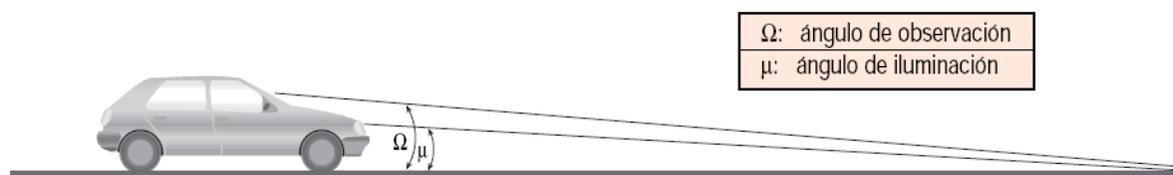


Figura 5. Ángulos de iluminación y observación (MTT, 2001).

Con base en los ángulos de iluminación y observación, se establecen valores mínimos de retrorreflexión que debe cumplir la demarcación vial horizontal, para ser visible en la noche. En la Tabla 5 se muestran los valores de retrorreflexión mínimos, establecidos en el Manual de Señalización de Tránsito de Chile (MTT, 2001).

Tabla 5. Especificaciones de retrorreflexión, según el ángulo de iluminación y observación.

Niveles mínimos de Retrorreflexión (mcd/lux·m ²)				
Ángulos		Colores		Fuente
Iluminación	Observación	Blanco	Amarillo	
3,5°	4,5°	120	95	MTT, 2001
1,24°	2,29°	90	70	

Fuente: Manual de Señalización de Tránsito: Demarcaciones (MTT, 2001).

Para el caso específico del equipo *EasyLux* (dispositivo que se utilizó para realizar las mediciones de retrorreflexión en la demarcación de la Ruta Nacional N° 32), el ángulo de iluminación corresponde a 1,24° (ASTM E1710), que corresponde a una geometría de 30 m (ver Figura 6).

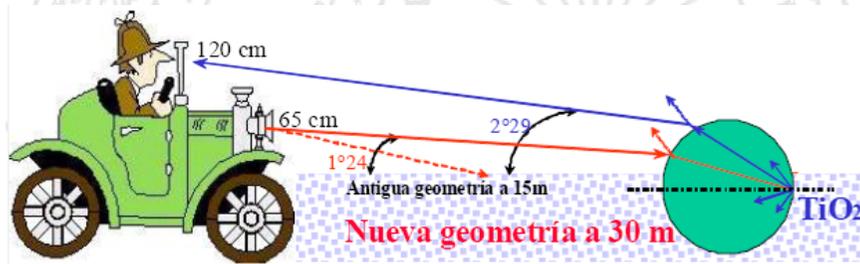


Figura 6. Geometría a 30 m, equivalente a las mediciones que realiza el *EasyLux* (CISEV, 2010).

De acuerdo con la geometría de medición del *EasyLux*, los valores de retrorreflexión de las demarcaciones viales horizontales en la Ruta N° 32 no deberían ser menores de 90 mcd/lux·m² para el color blanco y de 70 mcd/lux·m² para el amarillo (MTT, 2001). De este modo, se garantiza la visibilidad nocturna de la demarcación vial horizontal.



2. HALLAZGOS Y OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

En esta sección se detalla sobre los hallazgos y observaciones que se detectaron durante el proceso de ejecución de la Auditoría Técnica. Las giras de campo fueron llevadas a cabo en enero y febrero 2011, para el procedimiento de recolección de muestras de pintura. Luego, el día 16 de mayo 2011 se realizaron mediciones de la retrorreflexión de la demarcación horizontal en los sitios donde se tomó la muestra de pintura.

Los resultados del análisis físico-químico realizado a las muestras de pintura de tránsito y microesfera de vidrio (emitidos por el Laboratorio de Infraestructura Vial del LanammeUCR), fueron remitidos a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI (mediante el oficio LM-IC-D-340-2011 de fecha 28 de marzo de 2011). Adicionalmente, mediante el oficio LM-AT-92-2011, de fecha 6 de junio de 2011, se remitió a esa misma Gerencia de Conservación, las coordenadas de los sitios donde fueron tomadas las muestras de pintura a las que se les realizaron las pruebas de laboratorio.

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 los materiales utilizados en la demarcación vial, 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.

Es competencia de la Administración en la figura del Ingeniero de Proyecto responsable, determinar la aceptación o rechazo de los trabajos de demarcación, según las especificaciones; para lo cual es recomendable la incorporación de laboratorios de verificación de la calidad.



Todos los hallazgos y observaciones declarados por el equipo auditor en este informe de auditoría se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldados en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de las muestras extraídas 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.

Las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones deben ser atendidas planteando acciones correctivas y preventivas. Es competencia de la Administración realizar los estudios respectivos, que incluyan análisis costo/beneficio para encontrar la solución técnica más apropiada en favor de todos los usuarios de la vía.

2.1 ANÁLISIS REFERENTE A LA INFORMACIÓN ENTREGADA POR LA ADMINISTRACIÓN

De acuerdo con los procedimientos internos de Auditoría Técnica que realiza el LanammeUCR, el 26 de abril 2011, se le envió el oficio LM-AT-63-2011 al Ing. Marco Rojas Jenkins, Gerente de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI, solicitando información específica del proyecto “Demarcación horizontal con pintura y captaluces de la Ruta Nacional N° 32, sección: La República-Intersección Ruta Nacional N° 36. Licitación abreviada 2010LA-000016-DI”. La información ya había sido solicitada mediante oficio LM-AT-10-2011, de fecha 20 de enero de 2011 y se refiere a:

- Especificaciones especiales del proyecto.
- Contrato firmado por las partes.



- Oferta del contratista, garantías y pólizas del contratista para este contrato.
- Acta de reunión de preconstrucción.
- Planos y especificaciones del proyecto.
- Programa de trabajo aprobado y actualizaciones.
- Controles de calidad de los materiales.
- Verificación de calidad de los materiales.
- Estimaciones de pago de obra.
- Ordenes de inicio, modificación y de servicio emitidas hasta la fecha.

Adicionalmente, mediante oficio LM-AT-11-2011 con fecha 20 de enero de 2011 y oficio LM-AT-65-2011 con fecha 26 de abril 2011, se solicitó al Ing. Mauricio Sojo, Ingeniero de Proyecto, la siguiente información:

- Planos o esquemas de la carretera donde indiquen los estacionamientos de inicio y final de los diferentes tipos de línea, flechas y rótulos correspondientes a la demarcación horizontal de esta ruta.
- El valor de la especificación de espesor de pintura a colocar en la Ruta Nacional N° 32.
- Los rangos de especificación de retroreflexión de pinturas.
- Copia de los informes de ensayo de las pinturas de demarcación horizontal utilizados en el proyecto.
- Copia de los informes de ensayo de las microesferas de vidrio.

Luego, mediante oficio LM-AT-85-2011, de fecha 27 de mayo 2011, se le solicitó al Ing. Carlos Acosta Monge, Director Ejecutivo del Consejo Nacional de Vialidad, interponer sus buenos oficios para que nos fuera remitida la información indicada.

De acuerdo con lo anterior, el LanammeUCR solicitó a la Administración en reiteradas oportunidades información referente al proyecto en cuestión, ello mediante los oficios citados y respecto de los cuales a la fecha de emisión de este Informe de Auditoría Técnica no se ha



obtenido respuesta. El LanammeUCR sólo posee copia del Cartel y Contrato de la licitación 2010LA-000016-DI.

Hallazgo N°1: La Administración no entregó la información solicitada por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR.

El fundamento normativo que respalda lo descrito anteriormente se detalla a continuación:

El inciso b) del artículo 6 de la Ley 8114 (Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria), dispone que le corresponde al LanammeUCR llevar a cabo Auditorías Técnicas para velar por la Eficiencia de la inversión de fondos públicos en materia vial. Debido a ello, resulta indispensable para alcanzar los objetivos de la Auditoría Técnica el contar con la cooperación de la Administración y de los contratistas, por lo que es fundamental que brinden toda la información solicitada concerniente al proyecto auditado o relacionada con éste. Aunado a lo anterior, se desprende del artículo 6 de la Ley de Contratación Administrativa y del inciso c) del artículo 2 del Reglamento a dicha Ley (Decreto Ejecutivo N°33411-H), que la Administración tiene la obligación de facilitar el acceso a la información concerniente a los procesos de contratación administrativa, ello en virtud del principio de Publicidad que rige la materia.

De la relación de las normas citadas y debido al marcado interés público que revisten las competencias de fiscalización que le corresponden al LanammeUCR, se desprende que la Administración debe facilitar la información que al respecto le es solicitada, siendo que de lo contrario se obstaculiza y entorpecen las labores de fiscalización que por disposición de ley corresponden a esta Dependencia fiscalizadora, ello también en detrimento del fin perseguido con dicha fiscalización a saber, el velar por la eficiencia de la inversión de fondos públicos en materia vial.

El hecho de no contar con la información completa del proyecto, evidentemente generó una limitación en la ejecución de este informe.

2.2 ANÁLISIS REFERENTE A LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO REALIZADAS A LA PINTURA DE TRÁNSITO

En la Tabla 6 y Tabla 7 se presenta un resumen de los resultados obtenidos por el Laboratorio de Infraestructura Vial del LanammeUCR, referentes al análisis de viscosidad realizado a la pintura de tránsito utilizada en el proyecto. En el Anexo D se incluye una copia del reporte de Laboratorio con los resultados de todos análisis físico-químicos realizados.

Tabla 6. Resultados de laboratorio para pintura, Ruta Nacional N° 32.

N° Muestra Pintura	Especificación	90-11	91-11	95-11	96-11	93-11	94-11
Viscosidad Stormer (KU)	70 a 80	64,9 ± 0,1	72,9 ± 0,1	67,5 ± 0,2	78,7 ± 0,5	80,1 ± 0,1	80,5 ± 0,3

Fuente: Creación propia con base en los resultados del Laboratorio.

Tabla 7. Resultados de laboratorio para pintura, Ruta Nacional N° 32.

N° Muestra Pintura	Especificación	89-11	92-11	179-11	181-11	182-11	180-11
Viscosidad Stormer (KU)	70 a 80	68,0 ± 0,1	77,3 ± 0,2	65,5 ± 0,1	97,0 ± 0,8	152,6 ± 0,7	71,0 ± 0,2

Fuente: Creación propia con base en los resultados del Laboratorio.

Es importante indicar que las muestras de pintura número 181-11 y 182-11 se tomaron de la cubeta, pues según indicó el encargado de la empresa, ya no había pintura en el tanque al momento del muestreo.

Hallazgo N°2: Se evidencia que la viscosidad de la pintura en 4 de las 12 muestras analizadas, está por debajo del rango que se considera satisfactorio.

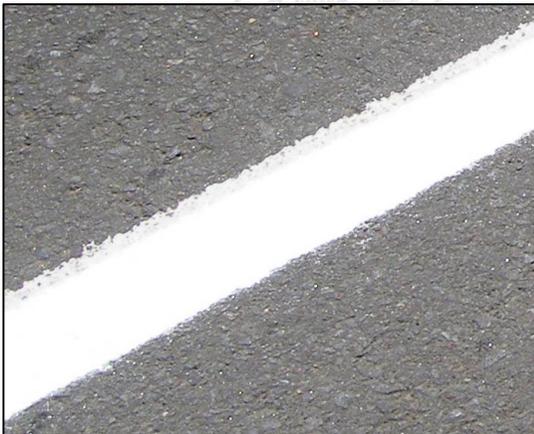
La pintura debe cumplir con lo que establece el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2000), tal como se indicó en la sección 1.7. En dicho manual se especifica que una viscosidad de 70 a 80 Krebs (KU) en un viscosímetro Stormer es satisfactoria para cualquier tipo de aplicación.

Al realizar el análisis de los resultados, se evidencia que de las 12 muestras de pintura, 4 presentan un valor de viscosidad menor. Las muestras con número 90-11, 95-11, 89-11 y 179-11, corresponden a pintura más líquida de lo que se considera satisfactorio para aplicar.

El fundamento normativo que respalda lo descrito anteriormente se detalla a continuación: Anexo D.6 del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2000).

Utilizar una pintura más líquida puede producir que los bordes no queden uniformes, ya que la pintura escurre con mayor facilidad hasta alcanzar su reposo. Esta situación puede generar espesores menores a los requeridos.

En la Fotografía 1 y Fotografía 2 se muestran algunos ejemplos del acabado de la demarcación efectuada con pintura de consistencia más líquida de los que recomienda la especificación (SIECA, 2000).



Fotografía 1 Línea de borde pintada con la pintura de la muestra 90-11. (GPS 300)

Fecha: 19 de enero del 2011.



Fotografía 2 Línea de borde pintada con la pintura de la muestra 89-11. (GPS 357)

Fecha: 21 de enero del 2011.

Las muestras de pintura número 181-11 y 182-11 presentan un valor de viscosidad mayor al de la especificación. En ambos casos la muestra fue tomada de la pintura disuelta en la cubeta, pues ya habían terminado de pintar y según indicó el encargado de la empresa, no tenían pintura en el tanque.

Si se realiza un análisis estadístico de los datos, sin incluir las muestras tomadas de la cubeta (ver Anexo F), se obtiene que los resultados del ensayo de viscosidad presentan una variabilidad significativamente mayor que la permitida según el CR-2010, la cual puede aumentar la probabilidad de que el producto no cumpla con el nivel de calidad establecido por las especificaciones.

2.3 ANÁLISIS REFERENTE A LA RETRORREFLEXIÓN DE LA PINTURA COLOCADA

La microesfera de vidrio es la encargada de que la demarcación horizontal sea visible durante la noche, mediante el fenómeno de retrorreflexión.

En la Tabla 8 se presenta un resumen de los resultados obtenidos por el Laboratorio de Infraestructura Vial del LanammeUCR, referentes al análisis físico-químico realizado a la microesfera de vidrio utilizada en el proyecto. En el Anexo D se incluye una copia del reporte de Laboratorio.

Tabla 8. Resultados de laboratorio para microesfera, Ruta Nacional N° 32.

N° Muestra Microesfera	Especificación	97-11	100-11	98-11	99-11	101-11	102-11
Peso (g)	300 a 450	442,8	314,6	529,3	859	355,2	433,9
Granulometría							
Malla N° 20	Min 97%	99,7 ± 0,1	98,7 ± 0,1	99,5 ± 0,1	99,6 ± 0,1	99,2 ± 0,4	99,2 ± 0,3
Malla N° 30	80-95%	87 ± 2	83 ± 2	81 ± 1	87 ± 2	87 ± 3	89 ± 1
Malla N° 50	15-35%	7 ± 3	18 ± 1	5 ± 1	11 ± 4	26 ± 2	31 ± 3
Malla N° 100	0-10%	0,5 ± 0,7	0,9 ± 0,1	0,3 ± 0,4	0,9 ± 0,8	0,8 ± 0,1	2,3 ± 0,5
Malla N° 200	0-2%	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0

Fuente: Creación propia con base en los resultados del Laboratorio

Hallazgo N°3: Se evidencia que la cantidad de esferas de vidrio colocada en la demarcación vial, se encuentra dentro de los límites de especificación.

La cantidad de esferas de vidrio a aplicar sobre pintura húmeda debe ser de 0,72 kilos por cada litro de pintura. Para la microesfera de vidrio tipo “Drop-On”, la cual se aplica mediante sembrado o rociado con equipo especial, sobre la pintura aplicada y húmeda, la proporción debe ser de 300 a 450 gramos por metro cuadrado de pintura (SIECA, 2000).

El fundamento normativo que respalda lo descrito anteriormente se detalla a continuación: Anexo D.6 del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2000).

Mantener la cantidad de esfera de vidrio dentro de los requisitos definidos, permite que la demarcación sea visible en la noche, pues la microesfera le da la característica de retrorreflexión a la pintura. No obstante, únicamente la tasa de aplicación de la microesfera no asegura la retroreflexión, sino también otros aspectos como son redondez, el grado de embebido en la pintura, entre otros.

En la Tabla 9 y Tabla 10 se muestra un resumen del valor medio obtenido de retrorreflexión, para las distintas mediciones que se hicieron en los puntos donde se tomaron las muestras de pintura. Los datos completos se incluyen en el Anexo E.

Tabla 9. Resultados de retrorreflexión de la pintura blanca, Ruta Nacional N° 32.

N° Muestra pintura	Especificación	89-11	90-11	91-11	92-11	181-11
Retrorreflexión (mcd/lux – m ²)	Mayor a 90	196 (±15%)	227 (±15%)	264 (±15%)	133 (±10%)	140 (±10%)

Fuente: Creación propia con base en las mediciones del retrorreflectómetro EasyLux

Tabla 10. Resultados de retrorreflexión de la pintura amarilla, Ruta Nacional N° 32.

N° Muestra pintura	Especificación	93-11	94-11	95-11	96-11	179-11	182-11
Retrorreflexión (mcd/lux – m ²)	Mayor a 70	103 (±10%)	155 (±15%)	114 (±10%)	58 (±10%)	84 (±10%)	104 (±10%)

Fuente: Creación propia con base en las mediciones del retrorreflectómetro EasyLux



Observación N°1: Se evidencia que en uno de los once tramos analizados, el promedio de las mediciones de retrorreflexión no cumple con la especificación.

Es importante indicar que en ninguno de los documentos referidos en el Cartel y Contrato de la Licitación 2010LA-000016-DI, se especifican los valores mínimos de retrorreflexión que debe cumplir la pintura ya colocada. Sin embargo, sí se podría considerar que los valores de retrorreflexión, medidos con el *EasyLux*, no deberían ser menores de 90 mcd/lux·m² para el color blanco y de 70 mcd/lux·m² para el amarillo (MTT, 2001), tal como se expuso en la sección 1.9. El tramo correspondiente a la muestra de pintura 96-11 no cumple con la especificación de retrorreflexión mínima.

Si no se cumplen los valores mínimos de retrorreflexión, no se garantiza la visibilidad nocturna de la demarcación vial horizontal, lo cual afecta significativamente el nivel de seguridad vial para los usuarios de la vía.

Se obtuvieron 109 datos de retrorreflexión de la pintura amarilla y 48 datos para la pintura blanca. Al realizar un análisis estadístico de los datos recolectados, sin incluir las mediciones de retrorreflexión atípicas (ver Anexo F), se obtiene que para la pintura amarilla, dos de los tramos (muestras de pintura 179-11 y 96-11) presentan una variabilidad mayor que la permitida según el CR-2010, lo mismo que para un tramo de pintura blanca (muestra de pintura 92-11). Una variabilidad mayor a la permitida puede aumentar la probabilidad de que el producto no cumpla con el nivel de calidad establecido por las especificaciones.

Para el caso de la pintura amarilla, el CR-2010 especifica que para un nivel de calidad del 100%, se requiere que el 95,0% de los datos estén dentro de los límites de especificación (PDL), en la Tabla 11 se muestra un resumen del análisis estadístico.

Tabla 11. Valoración estadística de los resultados de retrorreflexión por tramo, pintura amarilla

Tramo	N° Muestra de pintura	Tamaño de muestra	Factor de Calidad (*)	PDL	PFL	Especificación
1	179-11	14	17%	66%	34%	No cumple
2	182-11	17	16%	97%	3%	Si cumple
3	094-11	18	15%	100%	0%	Si cumple
4	095-11	20	14%	97%	3%	Si cumple
5	093-11	20	14%	92%	8%	Si cumple
6	096-11	20	14%	28%	72%	No cumple

(*)Según Tabla 107-2 del CR-2010

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Al analizar globalmente los resultados de retrorreflexión de la pintura amarilla, se determina que se sobrepasa el valor permitido de variabilidad, lo que puede aumentar la probabilidad de que el producto no cumpla con el nivel de calidad establecido por las especificaciones como resultado de la variabilidad inherente del proceso (ver Anexo F).

En el caso de la pintura blanca, de acuerdo con el CR-2010, se permite que el 7,9% de los resultados se encuentren fuera de los límites de especificación (PFL), por lo que se requiere que el 92,1% estén PDL. En la Tabla 12 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 12. Valoración estadística de los resultados de retrorreflexión por tramo, pintura blanca

Tramo	N° Muestra de pintura	Tamaño de muestra	Factor de Calidad (*)	PDL	PFL	Especificación
7	181-11	10	20%	97%	3%	Si cumple
8	089-11	9	21%	100%	0%	Si cumple
9	090-11	10	20%	100%	0%	Si cumple
10	091-11	9	21%	100%	0%	Si cumple
11	092-11	10	20%	79%	21%	No cumple

(*)Según Tabla 107-2 del CR-2010

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.



2.4 OBSERVACIÓN SOBRE LOS TRABAJOS POSTERIORES REALIZADOS.

Observación N°2: Se evidencia una falta de planificación en los trabajos de mantenimiento de la carretera.

El pasado 17 de agosto de 2011 se observó, durante una visita del equipo auditor del área de Conservación Vial, de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, que se estaban realizando labores de colocación de mezcla asfáltica a todo lo ancho de la calzada, específicamente en la sección de control 70150, desde la intersección de la Ruta 32 con Ruta 4 (intersección de Río Frío), hasta frente a la venta de autos Great Wall, impresos APA, Agro-Guápiles (coordenadas GPS E521960 y N1128136). Al ejecutar estos trabajos, la demarcación vial estaba quedando cubierta por la sobre-capa de asfalto y, por lo tanto, ya no es visible.

En la Fotografía 3 se muestra un tramo en el cual ya se había colocado una sobre-capa. En la Fotografía 4 y Fotografía 5 donde se estaba preparando la superficie para colocar la sobre-capa.

Si bien es cierto, el proyecto de demarcación de la Ruta Nacional N° 32 obedece a la resolución N° 2010-010104 de la Sala Constitucional (dictada el 11 de junio de 2010), la cual debía acatarse en un plazo de 6 meses (antes del 31 de diciembre de 2010). Se evidencia una falta de planificación en los trabajos de mantenimiento de la carretera, dado que las labores de demarcación deberían programarse una vez que se haga el mantenimiento de la calzada, de modo que sea más eficiente el manejo de los recursos.



Fotografía 3 Tramo donde se colocó una sobre-capa,
Ruta N° 32.

Fotografía 4 Tramo donde se iba a colocar la sobre-
capa.



Fotografía 5 Preparando la superficie del pavimento para
colocar la sobre-capa.



3. CONCLUSIONES

En este informe de auditoría técnica se evaluó la calidad de la pintura y microesfera de vidrio utilizada en la demarcación vial que se realizó en la Ruta Nacional N° 32 y se midió la retrorreflexión de la pintura colocada. Sin embargo, la Auditoría Técnica no pretende realizar un control de calidad, dado que es esto no forma parte de sus competencias. Este informe se realiza para recomendar a la Administración sobre la importancia de los controles de calidad que deben seguirse para asegurar una inversión de más de 495 millones de colones.

El hecho de que la Administración no entregara a la Auditoría Técnica la información solicitada, limitó la ejecución del este informe. Así por ejemplo, no se pudo verificar si se realizó el control de calidad del proyecto. Es importante recordar que por tratarse las Auditorías Técnicas, de una competencia legal (Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria”, Ley N° 8114 art. 6 inc. B), la Administración debe prestar la cooperación y brindar la información necesaria para lograr los objetivos de la Auditoría Técnica y por lo tanto el velar por la eficiencia en la inversión de los fondos públicos.

Respecto a los resultados del muestreo de pintura, los resultados de retrorreflexión para la pintura amarilla, presentan una variabilidad significativamente mayor que la permitida, lo que podría aumentar la probabilidad de que el producto no cumpla con el nivel de calidad establecido por la especificación. Lo mismo sucede con los resultados del ensayo de viscosidad.

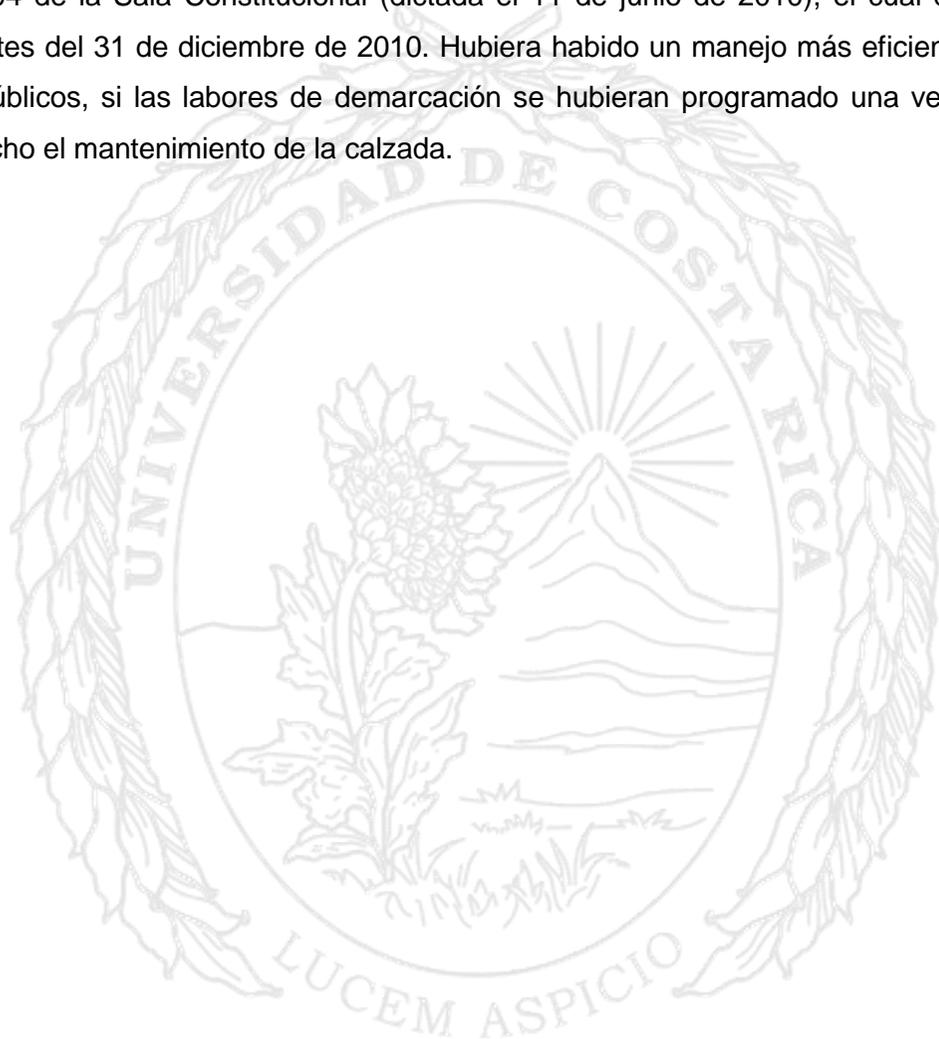
Cuatro de las doce muestras de pintura tomadas de la demarcación de la Ruta Nacional N°32 tienen una viscosidad menor que la especificación de 70 a 80 Krebs (KU) para un viscosímetro Stormer (SIECA, 2000). Según se observó, al aplicar esta pintura más diluida, los bordes de las líneas no quedan uniformes, ya que la pintura escurre con mayor facilidad hasta alcanzar su reposo.

De acuerdo con los resultados, uno de los once tramos evaluados no cumplen con los niveles mínimos de retrorreflexión de 90 mcd/lux·m² para el color blanco y de 70 mcd/lux·m²



para el amarillo (valores establecidos para el equipo de medición Easylux). A pesar de que la cantidad de esfera de vidrio colocada se encuentra dentro de los límites de especificación.

Se evidencia una falta de planificación en los trabajos de mantenimiento de la carretera, pues se programaron labores de mantenimiento de la calzada posterior a la demarcación vial horizontal. El proyecto de demarcación de la Ruta Nacional N° 32 obedece a la resolución N° 2010-010104 de la Sala Constitucional (dictada el 11 de junio de 2010), el cual debía ser acatado antes del 31 de diciembre de 2010. Hubiera habido un manejo más eficiente de los recursos públicos, si las labores de demarcación se hubieran programado una vez que se hubiera hecho el mantenimiento de la calzada.





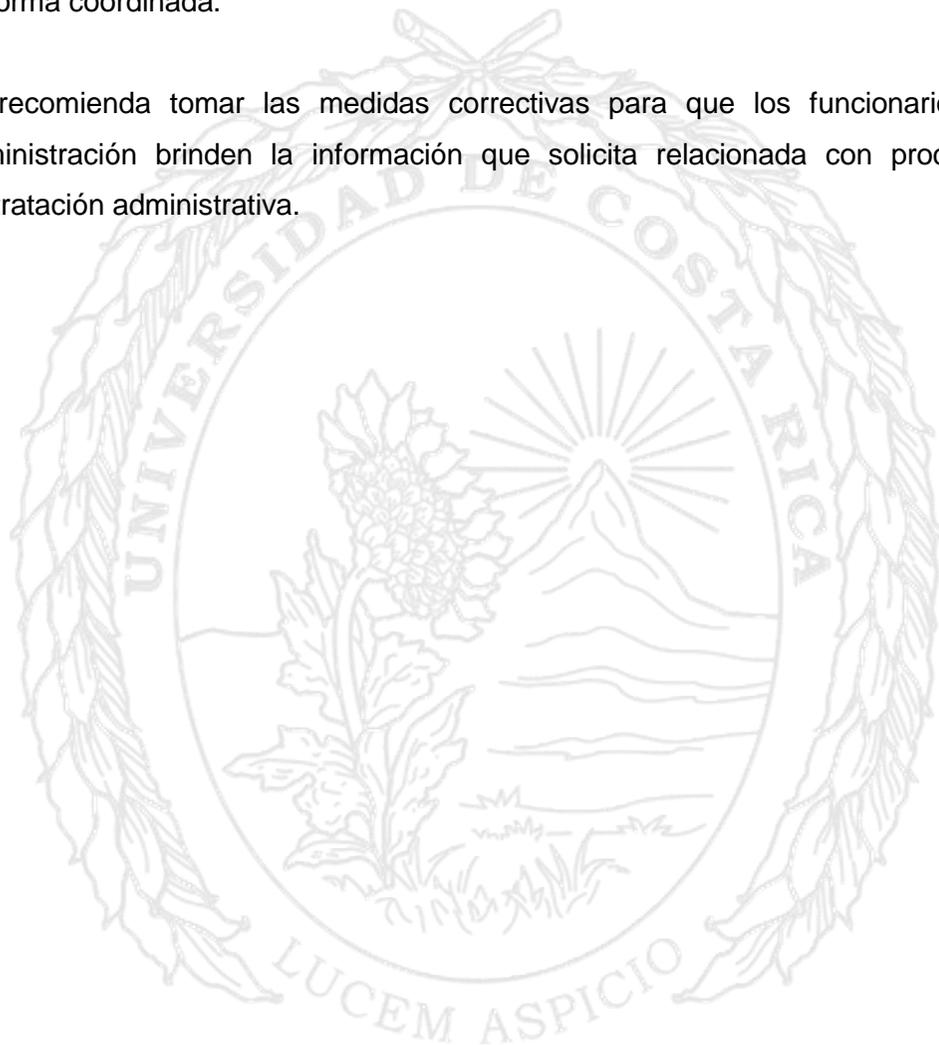
4. RECOMENDACIONES A LA GERENCIA DE CONSERVACIÓN DE VÍAS Y PUENTES DEL CONAVI

1. La verificación de la calidad de la pintura debe ser realizada por la Administración no solo en el momento en que el contratista adquiere la pintura; también debe llevarse a cabo antes de ser aplicada, ya que el tiempo de almacenamiento modifica sus propiedades. De igual forma, si se le adiciona algún solvente, la pintura debe someterse a ensayos de laboratorio bajo estas nuevas condiciones. Esta recomendación se hizo en los informes LM-PI-PV-AT-06F-07, LM-PI-PV-AT-08F-07 y LM-AT-79-07, emitidos todos en el año 2007.
2. Es recomendable que en los contratos de demarcación se incorpore el modelo de aceptación y pago en función de la calidad, que permita garantizar sosteniblemente la calidad de las obras que se ejecuten. Además, es necesario que exista una adecuada supervisión y verificación de los materiales antes y durante la ejecución de los trabajos.
3. Es necesario que la Administración, como parte del procedimiento que ejecuta para la recepción y aceptación de proyectos de demarcación vial, realice una inspección en la cual se verifique el color, el factor de luminancia y el contraste (visibilidad diurna) y la retroreflexión (visibilidad nocturna). Los niveles de retrorreflexión a lo largo del tiempo deben garantizar que la demarcación cumpla su función de servir de guía a los usuarios. Esta inspección también requiere establecer un procedimiento de control de calidad y que la Administración disponga de los equipos necesarios para hacer la verificación.
4. Para determinar la conformidad y aceptabilidad del trabajo, es importante que se realicen muestreos de los materiales y de la retrorreflectividad, de acuerdo con un plan previamente establecido basado en normativa internacional o nacional vigente, de modo que se lleve a cabo un análisis estadístico de los resultados y se pueda



determinar objetivamente la probabilidad de que el producto cumpla o no con el nivel de calidad establecido por las especificaciones.

5. Es recomendable que se programen los trabajos de demarcación vial como parte del mantenimiento que se le debe dar a la vía y coordinarlo con respecto a las actividades de mejoramiento de la calzada, dado que en este caso esto no se realizó de forma coordinada.
6. Se recomienda tomar las medidas correctivas para que los funcionarios de la Administración brinden la información que solicita relacionada con procesos de contratación administrativa.





5. REFERENCIAS

- [1] AEN/CTN 135 – Equipamiento para la Señalización Vial, 2007. Materiales para señalización vial horizontal. Comportamiento de las marcas viales aplicadas sobre la calzada (EN 1436:2007).
- [2] Consejo de Seguridad Vial (COSEVI), 1992. Manual de especificaciones técnicas para señalamiento horizontal y vertical de las carreteras (IT-91). Costa Rica.
- [3] Congreso Iberoamericano de Seguridad Vial (CISEV), 2010. Edelmuth, A. Materiales para demarcación horizontal en nuestra región.
- [4] Florida Department of Transportation (FDOT), 2010. Standard Specifications for Road and Bridge Construction.
- [5] LanammeUCR, 2007. Informe de Auditoría Técnica Externa LM-PI-PV-AT-06F-07. Evaluación de las labores de demarcación vial horizontal: especificaciones, cartel de licitación y labores realizadas sobre la Ruta Nacional N° 32.
- [6] LanammeUCR, 2007. Informe de Auditoría Técnica Externa LM-PI-PV-AT-08F-07. Evaluación de las labores de demarcación vial horizontal. Proyecto de rehabilitación de la carretera Costanera Sur, Ruta Nacional N° 23, sección Interamericana – Caldera.
- [7] LanammeUCR, 2007. Informe de Auditoría Técnica Externa LM-AT-15-07. Laboratorio de Pinturas de la Subdirección de Geotecnia y Materiales del Ministerio de Obras Públicas y Transportes: Ejecutor de ensayos a las pinturas utilizadas en el señalamiento horizontal de rutas nacionales.
- [8] LanammeUCR, 2007. Informe de Auditoría Técnica Externa LM-AT-46-07. Evaluación de las labores de demarcación vial horizontal y Revisión de procesos de bacheo y colocación de mezcla asfáltica en caliente, Carretera interamericana Sur, Ruta Nacional N° 2.
- [9] LanammeUCR, 2007. Informe de Auditoría Técnica Externa LM-AT-79-07. Evaluación de las labores de demarcación horizontal en la Ruta Nacional N° 2 carretera Interamericana Sur, sección La Lima-San Isidro de Pérez Zeledón y la Ruta Nacional N° 3, sección Manolos-San Mateo.



- [10] LanammeUCR, 2008. Informe de Auditoría Técnica Externa LM-AT-29-08. Reporte de Asesoría Técnica Actividades de demarcación vial horizontal en la Ruta Nacional N° 32: sección La República – Río Sucio.
- [11] LanammeUCR, 2008. Informe de Auditoría Técnica Externa LM-AT-44-08. Seguimiento al proceso de auditoría Informe LM-AT-15-07.
- [12] LanammeUCR, 2008. Informe de Auditoría Técnica Externa LM-AT-118-08. Evaluación del desempeño de la demarcación vial horizontal con pintura acrílica base agua en las Rutas Nacionales N° 204 (Zapote) y N° 251 (Tres Ríos).
- [13] Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), 2010. Manual de Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010).
- [14] Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), 2001. Manual de Señalización de Tránsito: Demarcaciones. Chile.
- [15] Secretaría de Integración Económica de Centroamérica (SIECA), 2000. Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito.

Equipo Auditor

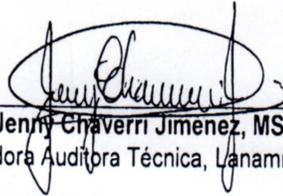


Ing. Diana Jiménez Romero, MSc., MBA.
Auditora Técnica, LanammeUCR



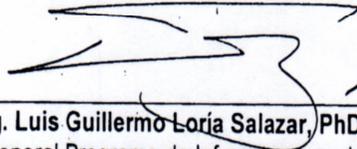
Ing. Erick Acosta Hernández
Auditor Técnico, LanammeUCR

Aprobado por:



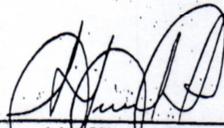
Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc. Eng.
Coordinadora Auditora Técnica, LanammeUCR

Aprobado por:



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

Visto bueno de legalidad



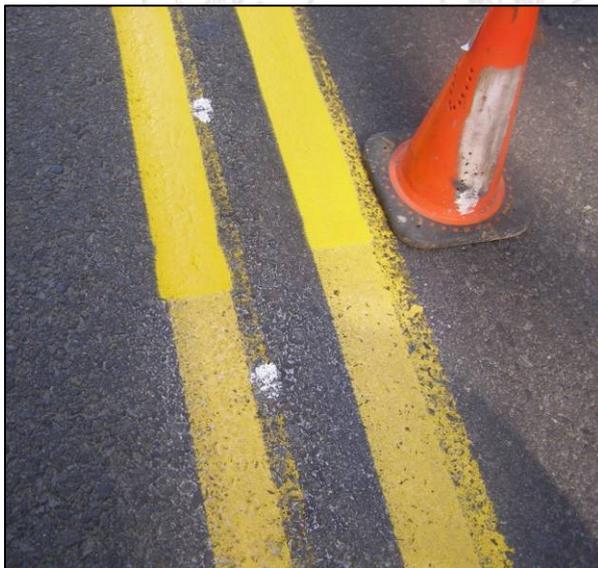
Lic. Miguel Chacón Alvarado.
Asesor Legal LanammeUCR

6. ANEXOS

A. Fotografías del muestreo de pintura

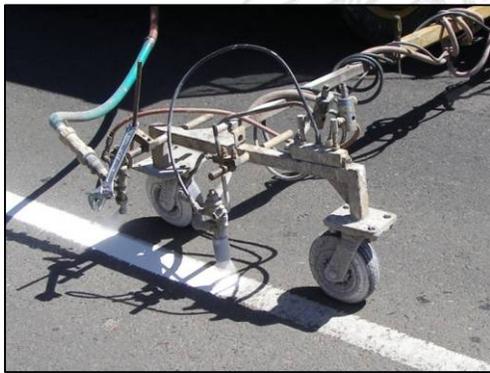


Muestra 96-11
Empresa: Horizontes de Vías y Señales
Fecha: 19 enero 2011
(GPS 298)





Muestra 91-11
Empresa: Publi Señales
Fecha: 19 enero 2011
(GPS 299)



Muestra 90-11 y 95-11
Empresa: Servicios de Señalamiento Vial
Fecha: 19 enero 2011
(GPS 300)





Muestra 94-11
Empresa: Bela Consultores
Fecha: 20 enero 2011
(GPS 352)



Muestra 93-11
Empresa: MyP
Fecha: 20 enero 2011
(GPS 354)





Muestra 92-11
Empresa: Horizontes de Vías y Señales
Fecha: 21 enero 2011
(GPS 356)





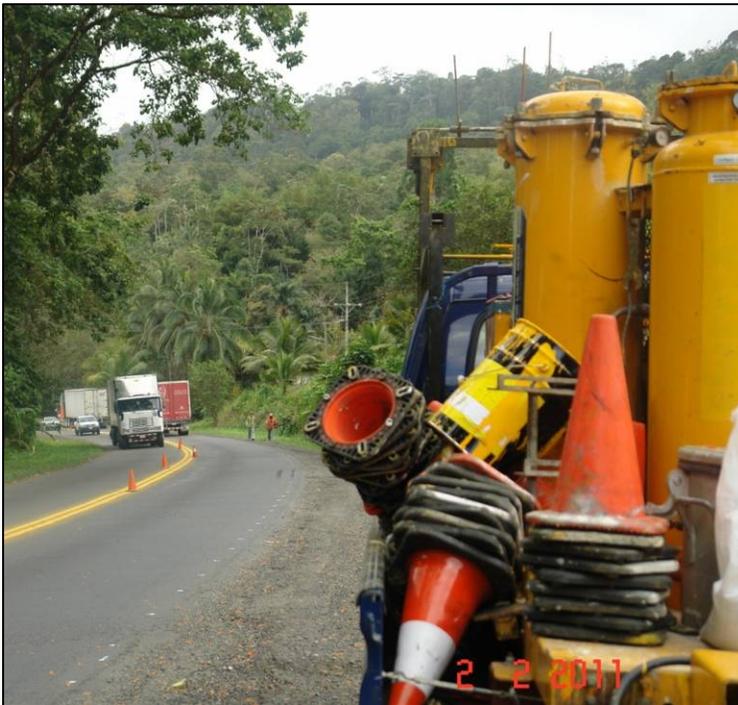
Muestra 89-11
Empresa: Publivías
Fecha: 21 enero 2011
(GPS 357)





Muestra 181-11 y 182-11
Empresa: JyL Señalización
Fecha: 2 febrero 2011
(GPS 401)





Muestra 179-11
Empresa: Publivías
Fecha: 2 febrero 2011
(GPS 007)

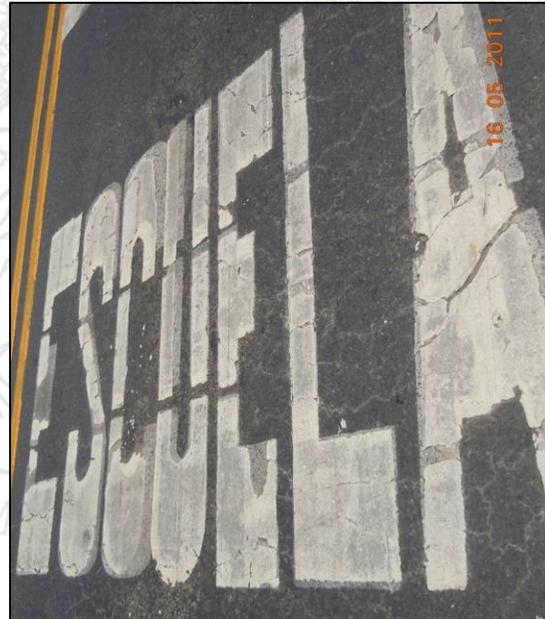


B. Fotografías del muestreo de retrorreflexión



Muestra pintura 179-11
Color Amarillo
Empresa: Publivías

Retrorreflexión
Fecha: 16 mayo 2011





Muestra 181-11 y 182-11
Color: Blanco y Amarillo
Empresa: JyL Señalización

Retroreflexión
Fecha: 16 mayo 2011



Muestra 94-11
Color: Amarillo
Empresa: Bela Consultores

Retroreflexión
Fecha: 16 mayo 2011





Muestra 89-11
Color: Blanco
Empresa: Publivías

Retroreflexión
Fecha: 16 mayo 2011





Muestra 90-11 y 95-11
Color: Blanco y Amarillo
Empresa: Servicios de Señalamiento Vial

Retroreflexión
Fecha: 16 mayo 2011



Muestra 93-11
Color: Amarilla
Empresa: MyP

Retroreflexión
Fecha: 16 mayo 2011



Muestra 91-11
Color: Blanca
Empresa: Publiseñales

Retroreflexión
Fecha: 16 mayo 2011

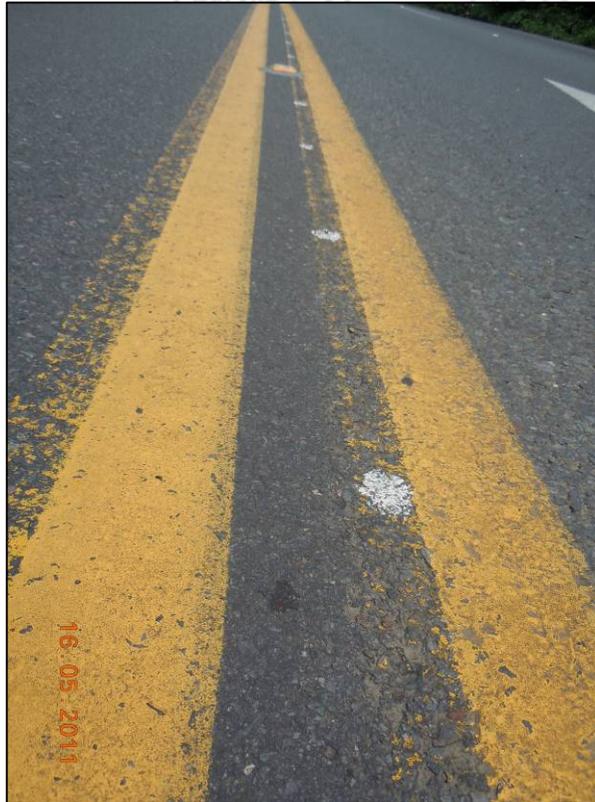




Muestra 92-11
Color: Blanco
Empresa: Horizontes de Vías y Señales

Retroreflexión
Fecha: 16 mayo 2011





Muestra 96-11
Color: Amarillo
Empresa: Horizontes de Vías y Señales

Retroreflexión
Fecha: 16 mayo 2011



C. Lista de chequeo utilizada al recolectar las muestras de pintura y microesfera.

 LanammeUCR	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LANAMME UCR Unidad de Auditoría Técnica	CODIGO LAT-E-08
	LISTA DE CHEQUEO COLOCACION DE SENALAMIENTO HORIZONTAL BASE ACRILICA / SOLVENTE	VERSION 01
		Página 1 de 2

Empresa demarcadora: _____

Organismo de Inspección: Zona _____

Ruta: _____ Fecha: _____ Hora: _____

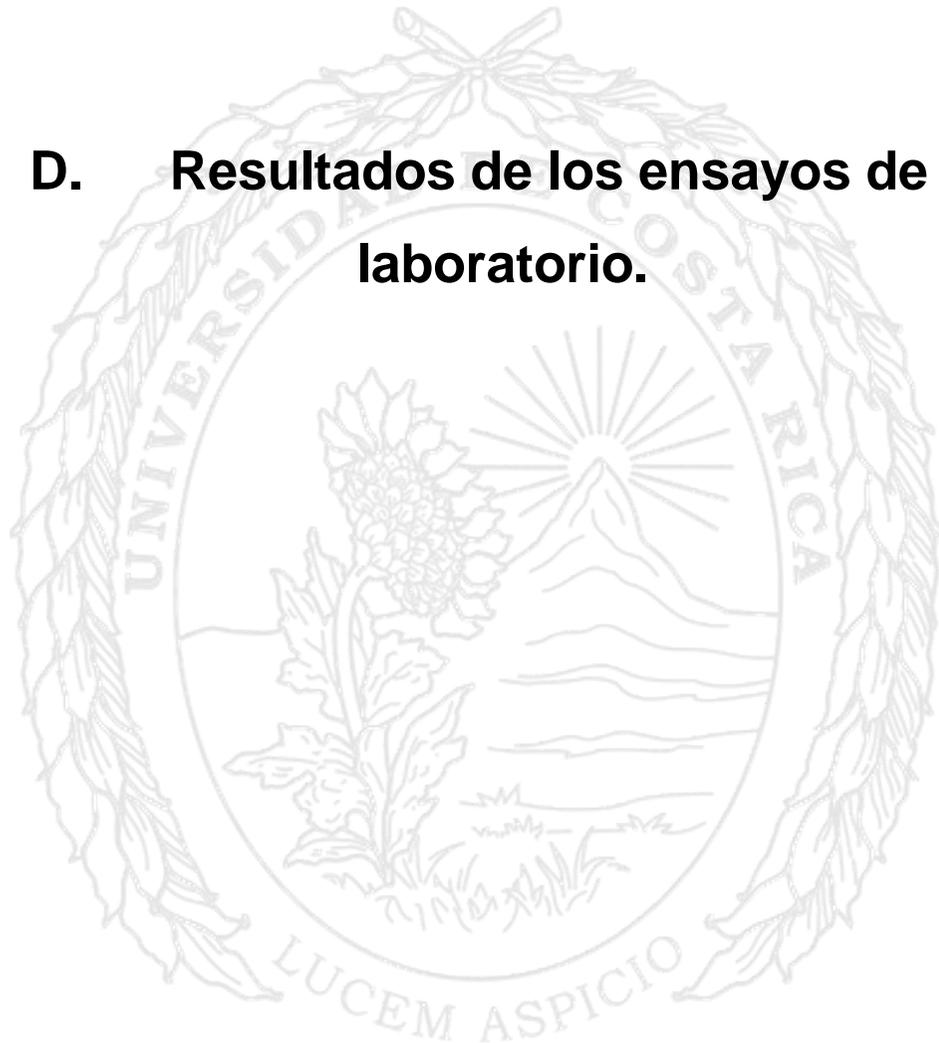
Nombre del Inspector del CONAVI: _____

Color de pintura: _____

Item	Descripción	Observación
1	Nombre del encargado de la empresa demarcadora	
2	Kilómetros asignados	
3	Ubicación del tramo asignado	
4	Condición de la carpeta asfáltica (tipo de deterioro, baches, aspereza o rugosidad)	
5	Preparación adecuada de la superficie por tipo de carpeta	
6	Humedad en carpeta	
7	Limpieza	
8	Estado del tiempo en el momento de la colocación: lluvioso, sin lluvia	
9	Cantidad de viento: mucho, poco, regular	
10	Marcas y tipo de máquina (compresor, airless)	
11	Tipo de pintura, marca, lote y especificaciones de las mismas	
12	Tipo de microesfera, marca, lote y especificaciones de las mismas	
13	Verificar la presión a la que se coloca la pintura	
14	Verificar la presión a la que se coloca la microesfera	
15	Cantidad de microesfera	
16	Dispersión de la microesfera	
17	Espesor de la pintura	
18	Verificar el ancho de la línea de 10 cm	
19	Tiempo de secado 30 min a 2hrs de secado, depende del clima y la temperatura de la carpeta, el material se debe palpar	
20	Descripción de acabado final	
21	Calidad de la reflectividad	
22	Muestreo de pinturas	
23	Muestreo de microesfera	



D. Resultados de los ensayos de laboratorio.







Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0146-11

Informe de Ensayo

RC-90 v.04 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST-0127 -11

1. Información del cliente:

Nombre: Unidad de Auditoria Técnica LanammeUCR.
Ing. Erick Acosta.

Proyecto: Análisis de pintura Vial y micro-esferas de vidrio.

Domicilio: San Pedro de Montes de Oca. 400 mts al norte del Centro Comercial Muñoz & Nanne, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME). Universidad de Costa Rica, Finca 2.

2. Método de ensayo:

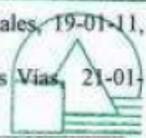
(ASTM D562) (**) Viscosidad Stormer.
 (ASTM D1475) (**) Densidad a 25°C de pintura vial.
 (ASTM D3723) (**) Contenido de Pigmentos.
 (ASTM D5444) (**) Variación del método de granulometría.
 Determinación del peso de micro-esferas de vidrio.
 Comportamiento de resistencia química de las micro-esferas de vidrio, según IT-91.

(*) Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

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

No. de identificación:	Descripción:
0089-11	Dos galones con Pintura Blanca, Identificados como: Publivias Ruta 32, 21-01-11, GPS 357.
0090-11	Dos galones con Pintura Blanca, Identificados como: Servicios Señalam Vial, 19-01-11, Ruta 32, GPS 300.
0091-11	Dos galones con Pintura Blanca, Identificados como: Publiseñales, 19-01-11, Ruta 32, GPS 299.
0092-11	Dos galones con Pintura Blanca, Identificados como: Horizontes Vías, 21-01-11, Ruta 32, GPS 356.

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



LanammeUCR
Página 1 de 9
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-0146-11		
0093-11	Dos galones con Pintura Amarilla, Identificados como: M&P, 20-01-11, Ruta 32, GPS 359.	
0094-11	Dos galones con Pintura Amarilla, Identificados como: Bela 20-01-11, Ruta 32 GPS 352.	
0095-11	Dos galones con Pintura Amarilla, Identificados como: Servicios Señalam Vial, 19-01-11, Ruta 32, GPS 300.	
0096-11	Dos galones con Pintura Amarilla, Identificados como: Horizontes, Vías y Señales, 21-01-11, Ruta 32, GPS 356.	
0097-11	Una bolsa con microesferas de vidrio identificada como: Horizontes Vias y Señales, 19-01-11.	
0098-11	Una bolsa con microesferas de vidrio identificada como: Servicio Señal, 19-01-11.	
0099-11	Una bolsa con microesferas de vidrio identificada como: Bela, 20-01-11.	
0100-11	Una bolsa con microesferas de vidrio identificada como: PubliSeñales, 19-01-11.	
0101-11	Una bolsa con microesferas de vidrio identificada como: M&P, 20-01-11.	
0102-11	Una bolsa con microesferas de vidrio identificada como: Publi Vias, 21-01-11.	
0179-11	Dos galones con Pintura Amarilla Identificados como: Publivias Ruta 32, 02-02-11.	
0180-11	Dos galones con Pintura Blanca, Identificados como: M&P, 03-02-11. Ruta 32.	
0181-11	Dos galones con Pintura Blanca, Identificados como: J&L, 02-02-11. Ruta 32.	
0182-11	Dos galones con Pintura Amarilla, Identificados como: J&L, 02-02-11. Ruta 32.	
Aportadas por:		Ing. Erick Acosta, AT LanammeUCR.
Fecha de recepción :		0089-11 a 0102-11: 2011-01-24. 0179-11 a 0182-11: 2011-02-07.
Fecha de realización del ensayo:		2011-02-09 - 2011-03-02.
4. Información del muestreo:		
Fecha de muestreo:		Información no aportada por el cliente.
Ubicación:		Ruta 32. Se utiliza GPS.
Procedimiento de muestreo:		Información no aportada por el cliente.
Condiciones ambientales:		Información no aportada por el cliente.
<p>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: dirección.lanamme@ ucr.ac.cr</p>		
		



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0146-11

5. Resultados:

Tabla N° 1: Ensayos a la pintura.
Muestra: 0089-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades
	AASHTO	ASTM		
Viscosidad Stormer		D562	68,0 ± 0,1	KU
Gramos		D562	122,0 ± 0,2	g
Densidad a 25°C		D1475	1,574 ± 0,009	g/mL
Contenido de Pigmentos		D4451	62 ± 2	%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estandar

Tabla N° 2: Ensayos a la pintura.
Muestra: 0090-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades
	AASHTO	ASTM		
Viscosidad Stormer		D562	64,9 ± 0,1	KU
Gramos		D562	111,0 ± 0,1	g
Densidad a 25°C		D1475	1,498 ± 0,001	g/mL
Contenido de Pigmentos		D4451	60,4 ± 0,5	%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estandar

Tabla N° 3: Ensayos a la pintura.
Muestra: 0091-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades
	AASHTO	ASTM		
Viscosidad Stormer		D562	72,9 ± 0,1	KU
Gramos		D562	158,0 ± 0,1	g
Densidad a 25°C		D1475	1,593 ± 0,003	g/mL
Contenido de Pigmentos		D4451	57,5 ± 0,2	%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estandar

500 metros al norte de Supermercado Muñoz y Nanne, Fincas #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





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0146-11

Tabla N° 4: Ensayos a la pintura.
Muestra: 0092-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades
	AASHTO	ASTM		
Viscosidad Stormer		D562	77,3 ± 0,2	KU
Gramos		D562	195,0 ± 0,1	g
Densidad a 25°C		D1475	1,487 ± 0,006	g/mL
Contenido de Pigmentos		D4451	53,3 ± 0,2	%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estándar

Tabla N° 5: Ensayos a la pintura.
Muestra: 0093-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades
	AASHTO	ASTM		
Viscosidad Stormer		D562	80,1 ± 0,1	KU
Gramos		D562	190,1 ± 0,2	g
Densidad a 25°C		D1475	1,573 ± 0,009	g/mL
Contenido de Pigmentos		D4451	60,8 ± 0,7	%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estándar

Tabla N° 6: Ensayos a la pintura.
Muestra: 0094-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades
	AASHTO	ASTM		
Viscosidad Stormer		D562	80,5 ± 0,3	KU
Gramos		D562	191 ± 1	g
Densidad a 25°C		D1475	1,446 ± 0,003	g/mL
Contenido de Pigmentos		D4451	50,3 ± 0,8	%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estándar

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





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0146-11

Tabla N° 7: Ensayos a la pintura.
Muestra: 0095-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades
	AASHTO	ASTM		
Viscosidad Stormer		D562	67,5 ± 0,2	KU
Gramos		D562	119,0 ± 0,1	g
Densidad a 25°C		D1475	1,504 ± 0,007	g/mL
Contenido de Pigmentos		D4451	61 ± 3	%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estandar

Tabla N° 8: Ensayos a la pintura.
Muestra: 0096-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades
	AASHTO	ASTM		
Viscosidad Stormer		D562	78,7 ± 0,5	KU
Gramos		D562	180 ± 2	g
Densidad a 25°C		D1475	1,420 ± 0,005	g/mL
Contenido de Pigmentos		D4451	47,0 ± 0,4	%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estandar

Tabla N° 9: Ensayos a Microesferas de Vidrio.
Muestra: 0097-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades	Limite recomen.
	AASHTO	ASTM			
Peso			531,4	g	-
Resistencia química al agua			Sin cambios		-
Resistencia química al H ₂ SO ₄ 3N			Sin cambios		-
Granulometría	M-247	D 1214			
Malla N° 20	M-247	D 1214	99,7 ± 0,1	% pasa	min 97%
Malla N° 30	M-247	D 1214	87 ± 2	% pasa	80 - 95%
Malla N° 50	M-247	D 1214	7 ± 3	% pasa	15 - 35%
Malla N° 100	M-247	D 1214	0,5 ± 0,7	% pasa	0 - 10%
Malla N° 200	M-247	D 1214	0 ± 0	% pasa	0 - 2%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estandar



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0146-11

Tabla N° 10: Ensayos a Microesferas de Vidrio.
Muestra: 0098-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades	Limite recomen.
	AASHTO	ASTM			
Peso			582,2	g	-
Resistencia química al agua			Sin cambios		-
Resistencia química al H ₂ SO ₄ 3N			Sin cambios		-
Granulometría	M-247	D 1214			
Malla N° 20	M-247	D 1214	99,5 ± 0,1	% pasa	min 97%
Malla N° 30	M-247	D 1214	81 ± 1	% pasa	80 - 95%
Malla N° 50	M-247	D 1214	5 ± 1	% pasa	15 - 35%
Malla N° 100	M-247	D 1214	0,3 ± 0,4	% pasa	0 - 10%
Malla N° 200	M-247	D 1214	0 ± 0	% pasa	0 - 2%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estandar

Tabla N° 11: Ensayos a Microesferas de Vidrio.
Muestra: 0099-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades	Limite recomen.
	AASHTO	ASTM			
Peso			859,0	g	-
Resistencia química al agua			Sin cambios		-
Resistencia química al H ₂ SO ₄ 3N			Sin cambios		-
Granulometría	M-247	D 1214			
Malla N° 20	M-247	D 1214	99,6 ± 0,1	% pasa	min 97%
Malla N° 30	M-247	D 1214	87 ± 2	% pasa	80 - 95%
Malla N° 50	M-247	D 1214	11 ± 4	% pasa	15 - 35%
Malla N° 100	M-247	D 1214	0,9 ± 0,8	% pasa	0 - 10%
Malla N° 200	M-247	D 1214	0 ± 0	% pasa	0 - 2%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estandar



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0146-11

Tabla N° 12: Ensayos a Microesferas de Vidrio.
Muestra: 0100-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades	Limite recomen.
	AASHTO	ASTM			
Peso			346,1	g	-
Resistencia química al agua			Sin cambios		-
Resistencia química al H ₂ SO ₄ 3N			Sin cambios		-
Granulometría	M-247	D 1214			
Malla N° 20	M-247	D 1214	98,7 ± 0,1	% pasa	min 97%
Malla N° 30	M-247	D 1214	83 ± 2	% pasa	80 - 95%
Malla N° 50	M-247	D 1214	18 ± 1	% pasa	15 - 35%
Malla N° 100	M-247	D 1214	0,9 ± 0,1	% pasa	0 - 10%
Malla N° 200	M-247	D 1214	0 ± 0	% pasa	0 - 2%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estándar

Tabla N° 13: Ensayos a Microesferas de Vidrio.
Muestra: 0101-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades	Limite recomen.
	AASHTO	ASTM			
Peso			227,6	g	-
Resistencia química al agua			Sin cambios		-
Resistencia química al H ₂ SO ₄ 3N			Sin cambios		-
Granulometría	M-247	D 1214			
Malla N° 20	M-247	D 1214	99,2 ± 0,4	% pasa	min 97%
Malla N° 30	M-247	D 1214	87 ± 3	% pasa	80 - 95%
Malla N° 50	M-247	D 1214	26 ± 2	% pasa	15 - 35%
Malla N° 100	M-247	D 1214	0,8 ± 0,1	% pasa	0 - 10%
Malla N° 200	M-247	D 1214	0 ± 0	% pasa	0 - 2%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estándar





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0146-11

Tabla N° 14: Ensayos a Microesferas de Vidrio.
Muestra: 0102-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades	Limite recomen.
	AASHTO	ASTM			
Peso			427,8	g	-
Resistencia química al agua			Sin cambios		-
Resistencia química al H ₂ SO ₄ 3N			Sin cambios		-
Granulometría	M-247	D 1214			
Malla N° 20	M-247	D 1214	99,2 ± 0,3	% pasa	min 97%
Malla N° 30	M-247	D 1214	89 ± 1	% pasa	80 - 95%
Malla N° 50	M-247	D 1214	31 ± 3	% pasa	15 - 35%
Malla N° 100	M-247	D 1214	2,3 ± 0,5	% pasa	0 - 10%
Malla N° 200	M-247	D 1214	0 ± 0	% pasa	0 - 2%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estándar

Tabla N° 15: Ensayos a la pintura.
Muestra: 0179-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades
	AASHTO	ASTM		
Viscosidad Stormer		D562	65,5 ± 0,1	KU
Gramos		D562	116,0 ± 0,1	g
Densidad a 25°C		D1475	1,542 ± 0,002	g/mL
Contenido de Pigmentos		D4451	60,6 ± 0,3	%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estándar

Tabla N° 16: Ensayos a la pintura.
Muestra: 0180-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades
	AASHTO	ASTM		
Viscosidad Stormer		D562	71,0 ± 0,2	KU
Gramos		D562	136,7 ± 0,6	g
Densidad a 25°C		D1475	1,611 ± 0,003	g/mL
Contenido de Pigmentos		D4451	58 ± 1	%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estándar





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0146-11

Tabla N° 17: Ensayos a la pintura.
Muestra: 0181-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades
	AASHTO	ASTM		
Viscosidad Stormer		D562	97,0 ± 0,8	KU
Gramos		D562	327 ± 8	g
Densidad a 25°C		D1475	1,52 ± 0,02	g/mL
Contenido de Pigmentos		D4451	56,3 ± 0,8	%

Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estandar

Tabla N° 18: Ensayos a la pintura.
Muestra: 0182-11

Ensayo	Método de ensayo		Resultados ⁽¹⁾	Unidades
	AASHTO	ASTM		
Viscosidad Stormer		D562	152,6 ± 0,7	KU
Gramos		D562	1302 ± 10	g
Densidad a 25°C		D1475	1,51 ± 0,02	g/mL
Contenido de Pigmentos		D4451	53,9 ± 0,9	%

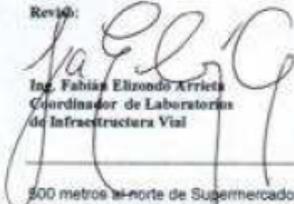
Notas:

(1) Se utiliza como incertidumbre la desviación estandar

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. Fabian Elizondo Arrieta
Coordinador de Laboratorios
de Infraestructura Vial

Aprobó:



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

E. Resultados de retrorreflexión.

Tabla E.1 Retrorreflexión de pintura amarilla. Sitio donde se tomó la muestra de pintura N° 179-11. Ruta Nacional N°32.

Estadística	RL(15 m)	RL(30 m)	QD
Moda	161	90	66
Máximo	188	106	94
Minimo	25	8	13
Media	162 ($\pm 15\%$)	84 ($\pm 10\%$)	70 ($\pm 10\%$)
Desv. Estándar	38,65	23,99	18,36
Muestra 0179-11	Punto GPS 7	Latitud 10,712435	Longitud -83,411457
Color Pintura: Amarilla		Empresa: Publivías	

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Tabla E.2 Retrorreflexión de pintura blanca. Sitio donde se tomó la muestra de pintura N° 181-11. Ruta Nacional N°32.

Estadística	RL(15 m)	RL(30 m)	QD
Moda	#N/A	134	#N/A
Máximo	208	164	158
Minimo	117	75	80
Media	181 ($\pm 15\%$)	140 ($\pm 10\%$)	134 ($\pm 10\%$)
Desv. Estándar	24,76	24,94	21,15
Muestra 0181-11	Punto GPS 401	Latitud 10,0927342	Longitud -83,4891294
Color Pintura: Blanca		Empresa: J y L	

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Tabla E.3 Retrorreflexión de pintura amarilla. Sitio donde se tomó la muestra de pintura N° 182-11. Ruta Nacional N°32.

Estadística	RL(15 m)	RL(30 m)	QD
Moda	#N/A	108	68
Máximo	208	146	86
Minimo	104	69	52
Media	156 ($\pm 15\%$)	104 ($\pm 10\%$)	69 ($\pm 10\%$)
Desv. Estándar	29,52	18,79	9,04
Muestra 0182-11	Punto GPS 401	Latitud 10,0927342	Longitud -83,4891294
Color Pintura: Amarilla		Empresa: J y L	

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Tabla E.4 Retrorreflexión de pintura amarilla. Sitio donde se tomó la muestra de pintura N° 094-11. Ruta Nacional N°32.

Estadística	RL(15 m)	RL(30 m)	QD
Moda	263	123	73
Máximo	346	220	79
Minimo	187	102	52
Media	252 ($\pm 15\%$)	155 ($\pm 15\%$)	61 ($\pm 10\%$)
Desv. Estándar	38,68	29,70	8,25
Muestra 0094-11	Punto GPS 352	Latitud 10,1186676	Longitud -83,5484679
Color Pintura: Amarilla		Empresa: Bela Consultores	

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Tabla E.5 Retrorreflexión de pintura blanca. Sitio donde se tomó la muestra de pintura N° 089-11. Ruta Nacional N°32.

Estadística	RL(15 m)	RL(30 m)	QD
Moda	241	193	111
Máximo	259	235	121
Minimo	224	164	82
Media	242 ($\pm 15\%$)	196 ($\pm 15\%$)	106 ($\pm 10\%$)
Desv. Estándar	11,92	20,77	12,66
Muestra 0089-11	Punto GPS 357	Latitud 10,1884751	Longitud -83,6347143
Color Pintura: Blanca		Empresa: Publivías	

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Tabla E.6 Retrorreflexión de pintura blanca. Sitio donde se tomó la muestra de pintura N° 090-11. Ruta Nacional N°32.

Estadística	RL(15 m)	RL(30 m)	QD
Moda	#N/A	#N/A	77
Máximo	364	284	113
Minimo	233	167	77
Media	311 ($\pm 15\%$)	227 ($\pm 15\%$)	86 ($\pm 10\%$)
Desv. Estándar	38,76	37,10	12,26
Muestra 0090-11	Punto GPS 300	Latitud 10,2060426	Longitud -83,7112639
Color Pintura: Blanca		Empresa: Señalamiento Vial	

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Tabla E.7 Retrorreflexión de pintura amarilla. Sitio donde se tomó la muestra de pintura N° 095-11. Ruta Nacional N°32.

Estadística	RL(15 m)	RL(30 m)	QD
Moda	176	126	89
Máximo	194	149	107
Minimo	114	62	58
Media	168 ($\pm 15\%$)	114 ($\pm 10\%$)	86 ($\pm 10\%$)
Desv. Estánda	19,33	21,93	12,94
Muestra 0095-11	Punto GPS 300	Latitud 10,2060426	Longitud -83,7112639
Color Pintura: Amarilla	Servicios de Empresa: Señalamiento Vial		

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Tabla E.8 Retrorreflexión de pintura amarilla. Sitio donde se tomó la muestra de pintura N° 093-11. Ruta Nacional N°32.

Estadística	RL(15 m)	RL(30 m)	QD
Moda	212	150	61
Máximo	233	150	77
Minimo	121	67	31
Media	175 ($\pm 15\%$)	103 ($\pm 10\%$)	59 ($\pm 10\%$)
Desv. Estánda	30,77	24,47	12,99
Muestra 0093-11	Punto GPS 354	Latitud 10,2041354	Longitud -83,7608933
Color Pintura: Amarilla	Empresa: M y P		

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Tabla E.9 Retrorreflexión de pintura blanca. Sitio donde se tomó la muestra de pintura N° 091-11. Ruta Nacional N°32.

Estadística	RL(15 m)	RL(30 m)	QD
Moda	#N/A	264	93
Máximo	367	300	114
Minimo	309	217	92
Media	342 ($\pm 15\%$)	264 ($\pm 15\%$)	99 ($\pm 10\%$)
Desv. Estándar	19,80	23,32	8,43
Muestra 0091-11	Punto GPS 299	Latitud 10,202883	Longitud -83,8103061
Color Pintura: Blanca		Empresa: Publiseñales	

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Tabla E.10 Retrorreflexión de pintura blanca. Sitio donde se tomó la muestra de pintura N° 092-11. Ruta Nacional N°32.

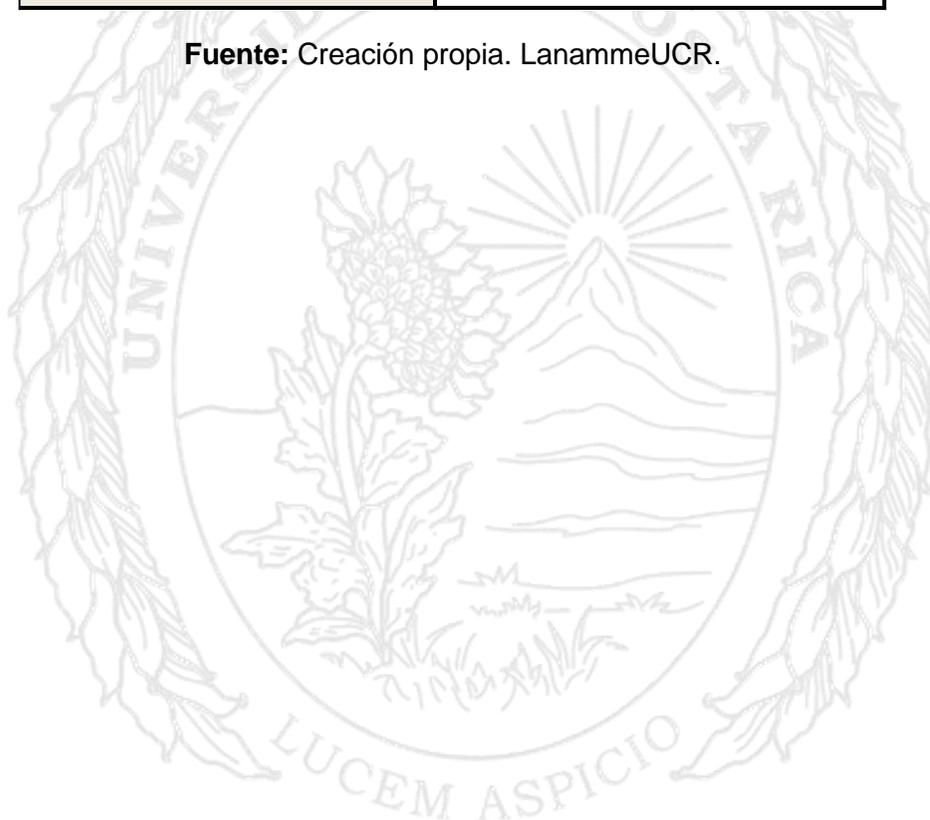
Estadística	RL(15 m)	RL(30 m)	QD
Moda	#N/A	#N/A	96
Máximo	261	187	131
Minimo	132	56	56
Media	203 ($\pm 15\%$)	133 ($\pm 10\%$)	90 ($\pm 10\%$)
Desv. Estándar	45,37	50,70	18,86
Muestra 0092-11	Punto GPS 356	Latitud 10,2108941	Longitud -83,8987263
Color Pintura: Blanca		Empresa: Horizontes de Vías y Señales	

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Tabla E.11 Retrorreflexión de pintura amarilla. Sitio donde se tomó la muestra de pintura N° 096-11. Ruta Nacional N°32.

Estadística	RL(15 m)	RL(30 m)	QD
Moda	78	48	66
Máximo	148	98	101
Minimo	69	34	62
Media	106 ($\pm 10\%$)	58 ($\pm 10\%$)	75 ($\pm 10\%$)
Desv. Estándar	25,54	18,19	12,70
Muestra 0096-11	Punto GPS 298	Latitud 10,1979829	Longitud -83,905141
Color Pintura: Amarilla		Horizontes de Empresa: Vías y Señales	

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.



F. Análisis estadístico de resultados de ensayo de laboratorio de pintura y datos de retrorreflexión de la Ruta Nacional N°32

Realizado por Auditoría Técnica de Laboratorios: Ing. Wendy Sequeira, MSc; Ing. Víctor Cervantes

Criterio de análisis de resultados

- **Retroreflexión**

Del estudio efectuado a los resultados de ensayo de la pintura usada en la demarcación de la Ruta N° 32, se realizó un análisis estadístico para verificar la normalidad de los datos en primer lugar y seguidamente predecir el nivel de calidad del producto.

Pintura Amarilla

Al analizar el histograma y el gráfico de cajas de los datos de retrorreflexión para la pintura amarilla se observa que existen 3 datos atípicos que se podría concluir que no forman parte de la población estudiada y por ende se deben analizar por separado. Adicionalmente, para juzgar la premisa de la normalidad de los datos, se utiliza el gráfico de normalidad (lado derecho de Figura F.1), el cual es más sensitivo que el histograma.

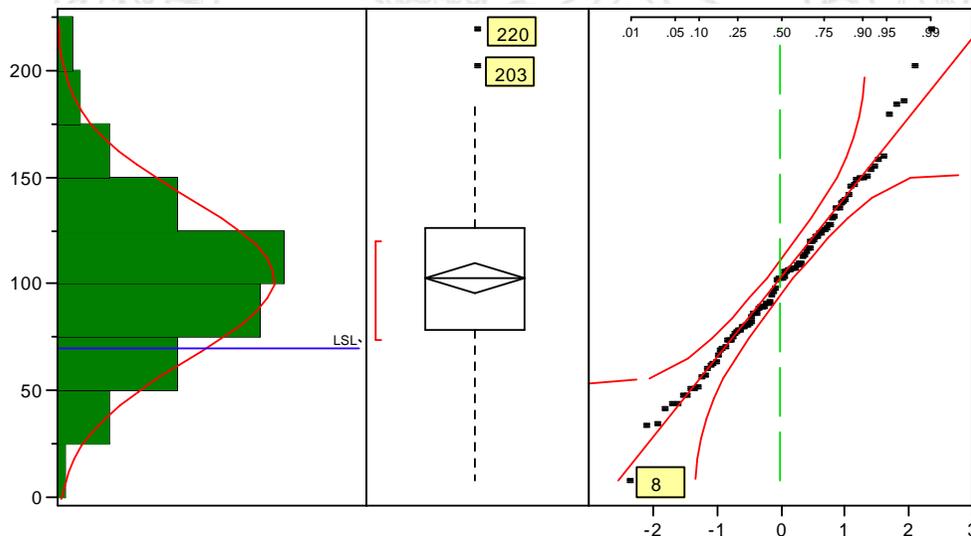


Figura F.1. Histograma, Gráfico de Cajas y Gráfico de Normalidad para resultados de retrorreflexión de pintura amarilla

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Para este caso, el gráfico de normalidad muestra varios puntos que se alejan de la línea recta. Estos puntos son valores atípicos que deberían ser analizados individualmente y no como parte del resto de los resultados.

Pintura Blanca

Con respecto a los resultados de retroreflexión de la pintura blanca, se observa que el histograma no muestra valores atípicos, lo cual demuestra que todos los datos pertenecen a la misma población. Asimismo, la curva de normalidad muestra indica que todos los valores se encuentran cercanos a la línea diagonal (ver recuadro derecho de la Figura F.2) por lo que se enfatiza el hecho de que los datos se pueden analizar en conjunto.

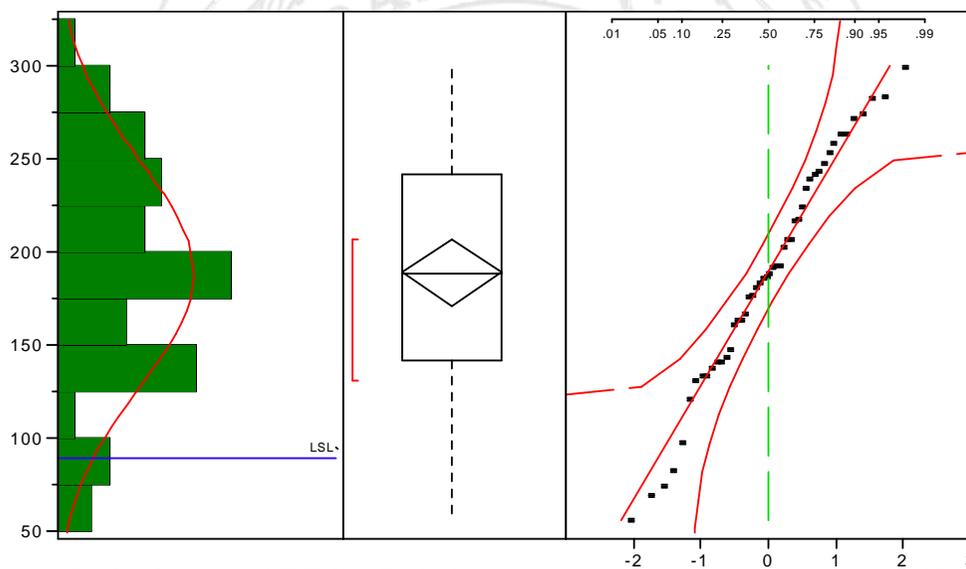


Figura F.2. Histograma, Gráfico de Cajas y Gráfico de Normalidad para resultados de retroreflexión de pintura blanca

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

- **Viscosidad**

La Figura F.3 muestra gráficamente el análisis estadístico de normalidad de los resultados de viscosidad obtenidos para la pintura amarilla y blanca de las muestras tomadas en la Ruta N° 32. Se observan dos valores atípicos que evidencian no pertenecer a la misma

población. Estos dos valores corresponden a dos muestras que fueron tomadas de la cubeta y no del tanque por lo que se ratifica el hecho de que deben analizarse por separado.

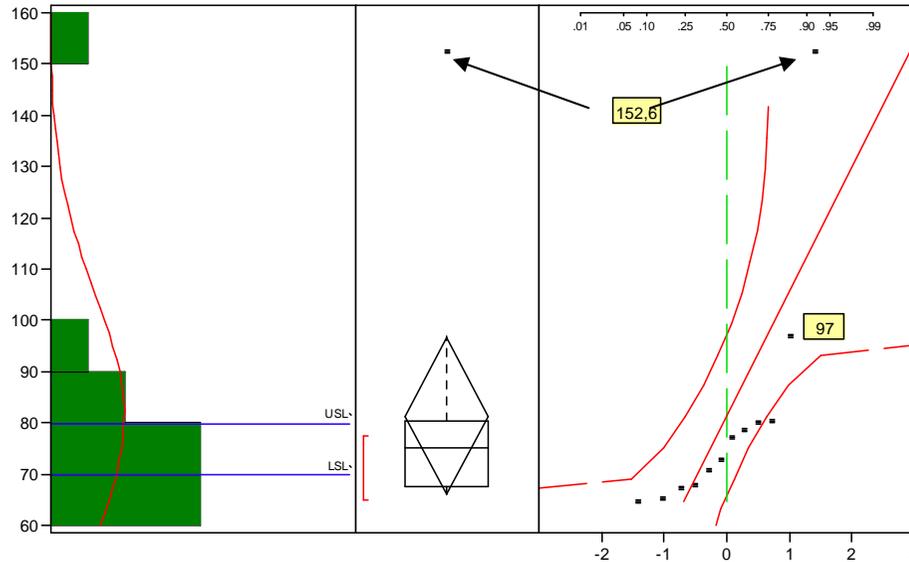


Figura F.3. Histograma, Gráfico de Cajas y Gráfico de Normalidad de los resultados de viscosidad (pintura amarilla y blanca)

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

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 el 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 ensayos y acrecentar la calidad de los productos que se utilizan en las labores de demarcación de infraestructura vial, la auditoría 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 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.

Los índices de calidad (ICI e ICS) 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 (PFL), aplicando la Tabla 107-1 de la sección indicada del CR-2010. El porcentaje fuera de los límites de especificación es una estimación del porcentaje de producto que podría encontrarse fuera de los rangos de especificación para las muestras o periodo analizado. También se puede interpretar los resultados como la estimación del porcentaje de producto que podría encontrarse dentro de los rangos de especificación (PDL), al sustraer a 100% el PFL.

Para el análisis que realiza la auditoría 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 107-2 “Factor de calidad”.

- ***Retroreflexión***

Pintura Amarilla

Se obtuvieron 109 resultados de retroreflexión de pintura amarilla. Según el análisis de normalidad se excluyeron 3 resultados atípicos reduciendo la muestra a 106 resultados. Según la Tabla 107-2 para una muestra de tamaño 106 ($n > 70$) y un material categoría II de calidad, se permite que el 5,0% de los resultados se encuentren PFL (por tanto se requiere que el 95,0% estén PDL) para un nivel de calidad del 100%. Al analizar globalmente los

resultados del ensayo de retrorreflexión de la pintura amarilla, se determina que el PFL es de un 17% (PDL=83%), sobrepasando el valor permitido de variabilidad.

Tabla F.1. Valoración estadística de los resultados de retrorreflexión pintura amarilla

Tamaño de muestra (n)	106
Promedio, mcd/m ² /lx	101,8
Desviación estándar, mcd/m ² /lx	33,8
Límite inferior	70,0
Índice de Calidad Inferior (ICI)	0,939
Porcentaje dentro de los Límites (PDL)	83%
Porcentaje fuera de los Límites (PFL)	17%

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

En cuanto a los resultados atípicos excluidos, estos pueden representar puntos de comportamiento anormal en donde la desviación de las mediciones puede ser producto de una baja o alta concentración de microesferas en los puntos medidos.

Pintura Blanca

En el caso de los resultados de retrorreflexión de la pintura blanca, se obtuvieron 48 resultados de retrorreflexión; la prueba de normalidad no mostró ningún valor atípico por lo que se analizaron todos los valores. De acuerdo con la Tabla 107-2, para una muestra de tamaño 48 y un material categoría II de calidad, se permite que el 7,9% de los resultados se encuentren PFL (por tanto se requiere que el 92,1% estén PDL) para un nivel de calidad de 100%. Al analizar de forma global los resultados del ensayo de retrorreflexión de la pintura blanca, se determina que el PFL es de un 5% (PDL=95%), por lo que se puede afirmar que los resultados del ensayo de retrorreflexión para la pintura blanca muestran una variabilidad aceptable, alcanzando satisfactoriamente el nivel de calidad establecido para un factor de calidad de 100%.

Tabla F.2. Valoración estadística de los resultados de retrorreflexión para pintura blanca

Tamaño de muestra (n)	48
Promedio, mcd/m ² /lx	188,9
Desviación estándar, mcd/m ² /lx	61,0
Límite inferior	90,0
Índice de Calidad Inferior (ICI)	1,622
Porcentaje dentro de los Límites (PDL)	95%
Porcentaje fuera de los Límites (PFL)	5%

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

- **Análisis por secciones de retroreflectividad**

Al analizar los resultados de retrorreflexión por tramo, se tiene que dos de los tramos estudiados presentan una variabilidad mayor a la establecida, en el caso de la pintura amarilla (Ver Tabla F.3).

Tabla F.3. Valoración estadística de los resultados de retrorreflexión por tramo, pintura amarilla

Tramo	Nº Muestra de pintura	Tamaño de muestra	Factor de Calidad (*)	PDL	PFL	Especificación
1	179-11	14	17%	66%	34%	No cumple
2	182-11	17	16%	97%	3%	Si cumple
3	094-11	18	15%	100%	0%	Si cumple
4	095-11	20	14%	97%	3%	Si cumple
5	093-11	20	14%	92%	8%	Si cumple
6	096-11	20	14%	28%	72%	No cumple

(*)Según Tabla 107-2 del CR-2010

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Adicionalmente, para la pintura blanca se observó que de los 5 tramos auditados, sólo un tramo obtuvo un PFL menor al requerido, según se detalla en la Tabla F.4.

Tabla F.4. Valoración estadística de los resultados de retrorreflexión por tramo, pintura blanca

Tramo	N° Muestra de pintura	Tamaño de muestra	PDL	PFL	Factor de Calidad	Especificación
7	181-11	10	97%	3%	20%	Si cumple
8	089-11	9	100%	0%	21%	Si cumple
9	090-11	10	100%	0%	20%	Si cumple
10	091-11	9	100%	0%	21%	Si cumple
11	092-11	10	79%	21%	20%	No cumple

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

- **Viscosidad**

Según el análisis realizado en la sección anterior, existen dos muestras que no se deben considerar al calcular los índices de calidad debido a que esas muestras, estadísticamente, no pertenecen a la población, por tanto el número de muestras utilizadas para valorar la calidad de la viscosidad de la pintura fueron 10.

Tabla F.5. Valoración estadística de los resultados de viscosidad

Tamaño de muestra (n)	10
Promedio, KU	72,6
Desviación estándar, KU	6,1
Límite inferior	70,0
Límite superior	80,0
Índice de Calidad Inferior (ICI)	0,431
Índice de Calidad Superior (ICS)	1,202
Porcentaje dentro de los Límites (PDL)	55,2%
Porcentaje fuera de los Límites (PFL)	44,8%

Fuente: Creación propia. LanammeUCR.

Para una muestra de tamaño 10 y un material categoría II de calidad, la Tabla 107-2 permite que el 19,7% de los resultados se encuentren fuera de los límites de la especificación (PFL), por lo tanto se requiere que el 80,3% estén dentro (PDL) para un nivel de calidad de 100%. Al analizar los resultados del ensayo de viscosidad mostrados en la



Tabla F.1, se determina que el PFL es de un 44,8% (PDL=55,2%). Por lo que se puede afirmar que los resultados del ensayo de viscosidad presentan una variabilidad significativamente mayor que la permitida.

En cuanto a los valores de 97 KU y 152,6 KU que se excluyen del análisis, se determina que ambos valores corresponden a dos muestras que fueron tomadas de la cubeta y no del tanque por lo que se ratifica el hecho que no pertenecen a la población analizada. Por ende, y por no tener certeza de si ambas muestras fueron posteriormente diluidas dentro del tanque antes de ser aplicada en la carretera no se concluye respecto a dichas muestras.

