



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

Proyecto: LM-PI-GM-06-12

**INFORME:**

**PROCESO DE INSPECCIÓN**

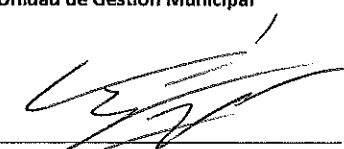
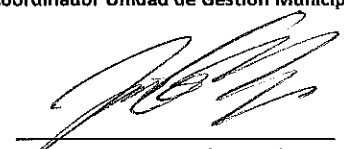
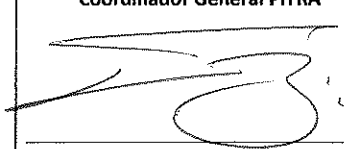
**OBRAS DE REHABILITACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN**  
**CIUDAD DE FILADELFIA, CANTON DE CARRILLO**

Preparado por:  
Unidad de Gestión Municipal  
Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

San José, Costa Rica  
Abril, 2012



Información técnica del documento

<b>1. Informe</b> LM-PI-UM-06-12		<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> INFORME PROCESO DE INSPECCIÓN OBRAS DE REHABILITACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN CIUDAD DE FILADELFIA, CANTON DE CARRILLO		<b>4. Fecha del Informe:</b> Abril, 2012
<b>7. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>8. Notas complementarias</b>		
<b>9. Resumen</b> <i>En el presente informe se presentan los resultados del proceso de inspección ejecutado en las obras de rehabilitación y reconstrucción de las vías principales asfaltadas en la Ciudad de Filadelfia, Cantón de Carrillo. Esto como producto del convenio establecido entre la Municipalidad de Carrillo y la Universidad de Costa Rica y en respuesta a la solicitud de apoyo técnico establecido por la Unidad de Gestión Vial Municipal de Carrillo. Se presentan los principales hallazgos durante cada una de las visitas y los resultados de las pruebas de laboratorio.</i>		
<b>10. Palabras clave</b> Inspección, Gestión, Red vial cantonal, Filadelfia.	<b>11. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>12. Núm. de páginas</b> 56
<b>13. Preparado por:</b>  Ing. Josué Quesada Campos Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 26/4/2012	<b>14. Revisado por:</b>  Ing. Jaime Allen Monge, MSc Coordinador Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 26/04/2012	<b>15. Aprobado por:</b>  Ing. Guillermo Loría Salazar, PhD Coordinador General PITRA  Fecha: 26/04/2012

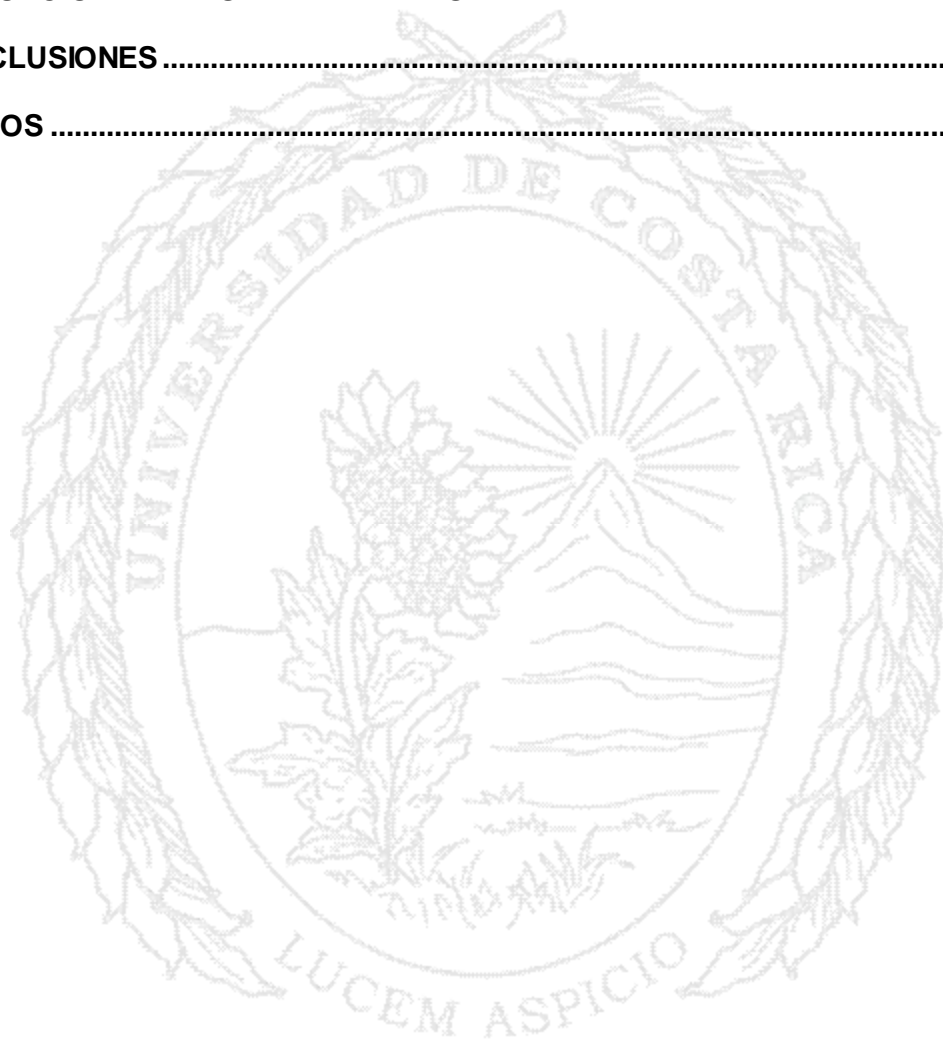


## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>5</b>
<b>3. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>4. VISITA DE INSPECCIÓN #1 (19, 20 Y 21 DE JULIO 2011).....</b>	<b>10</b>
4.1 Inspección al material de base en sector sur.....	11
4.2 Inspección a las obras de bacheo en sector norte .....	15
<b>5. VISITA DE INSPECCIÓN #2 (3, 4 Y 5 DE AGOSTO DE 2011).....</b>	<b>17</b>
5.1 Inspección al material de base en sector sur.....	17
5.2 Inspección de los agregados para el tratamiento superficial.....	19
5.3 Inspección de los bacheos en sector norte.....	20
<b>6. VISITA DE INSPECCIÓN #3 (10, 11, 12 DE AGOSTO DE 2011).....</b>	<b>22</b>
6.1 Inspección de la construcción de los tratamientos superficiales.....	22
6.2 Inspección de recarpeteos en sector norte.....	24
<b>7. VISITA DE INSPECCIÓN #4 (5 Y 6 DE SETIEMBRE DE 2011).....</b>	<b>25</b>
7.1 Inspección a los tratamientos superficiales sector sur.....	25
7.2 Inspección a las obras de base estabilizada en el centro de la Ciudad.....	27
<b>8. VISITA DE INSPECCIÓN #5 (22 Y 23 DE SETIEMBRE DE 2011).....</b>	<b>29</b>
8.1 Inspección a las obras de colocación de base estabilizada sectores central y norte ...	29
8.2 Inspección de obras de colocación de carpeta asfáltica.....	31
<b>9. VISITA DE INSPECCIÓN #6 (9 Y 10 DE NOVIEMBRE DE 2011).....</b>	<b>35</b>
9.1 Inspección a tratamientos superficiales sector sur .....	35
9.2 Inspección a carpetas colocadas y bases estabilizadas en sector central y norte .....	38
<b>10. VISITA DE INSPECCIÓN #7 (4 Y 5 DE ENERO DE 2012) .....</b>	<b>40</b>



10.1 Inspección a obras finales de colocación de carpeta sector norte.....	40
10.2 Inspección a obras finales de construcción de tratamiento superficial .....	43
10.3 Aspectos adicionales de la Red Vial Asfaltada en la Ciudad de Filadelfia .....	46
<b>11. PRUEBAS DE LABORATORIO .....</b>	<b>47</b>
<b>12. EVALUACIÓN DE VÍAS INTERVENIDAS .....</b>	<b>51</b>
<b>13. CONCLUSIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>14. ANEXOS .....</b>	<b>57</b>





## 1. Introducción

Como un producto del convenio suscrito entre la Municipalidad de Carrillo, la Universidad de Costa Rica y Fundevi, se realizó durante los meses de Julio de 2011 y Enero de 2012 un proceso de asesoría técnica dirigido a la Unidad Técnica de Gestión Vial de la Municipalidad de Carrillo acerca del proceso de intervención, mantenimiento y reconstrucción de varias vías cantonales asfaltadas en la ciudad de Filadelfia.

Dicho proceso se extendió desde la etapa previa de conceptualización del proyecto basado en los resultados de la evaluación de las vías asfaltadas y comprendió también la ejecución de inspecciones conjuntas y realización de ensayos de laboratorio a los materiales utilizados.

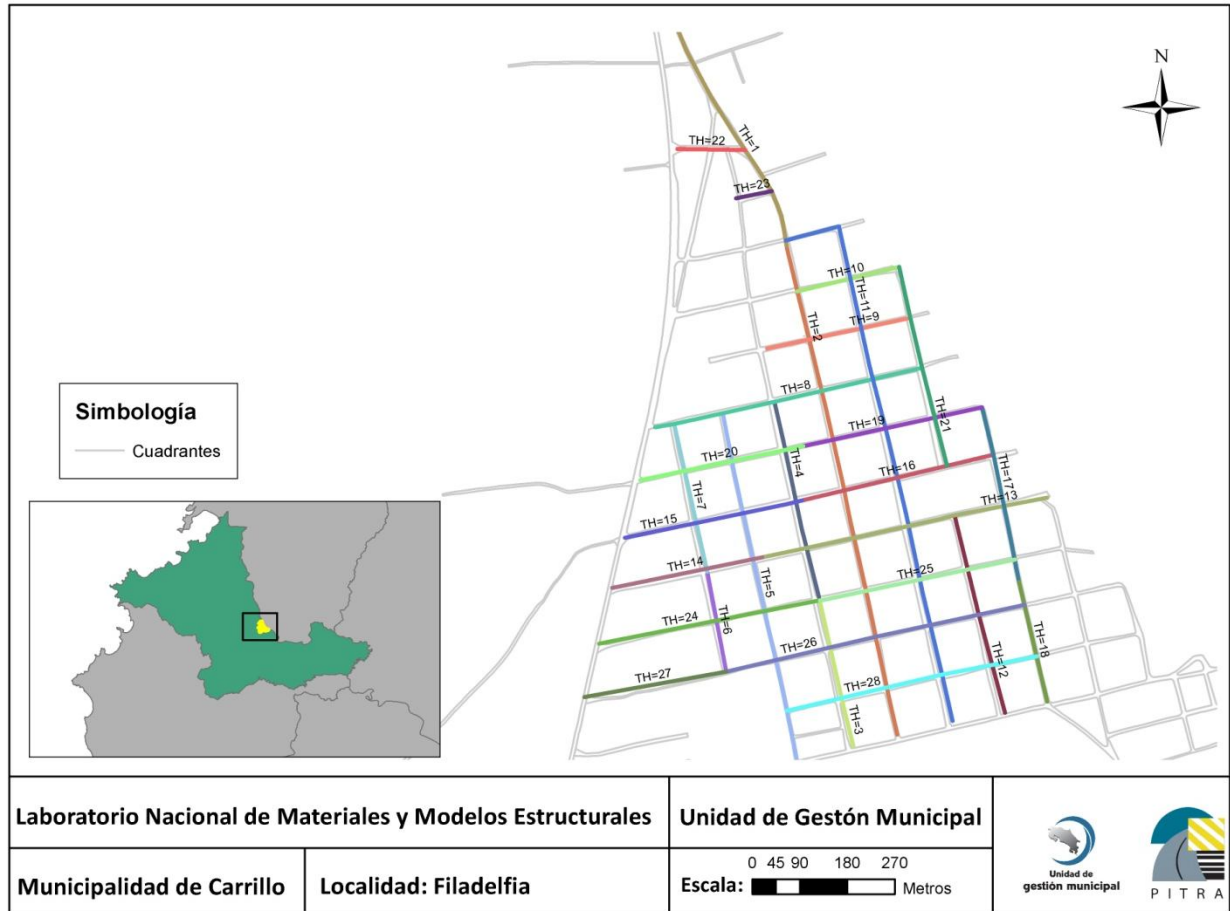
El objetivo principal de la asesoría ha sido velar por la eficiencia de la inversión realizada por la Municipalidad, tanto desde el punto de vista de conveniencia de las alternativas de intervención como por la ejecución misma de los trabajos. Eso sí, respetando en todo momento la autonomía en la toma de decisiones por parte de la Unidad Técnica y su personal profesional y técnico.

## 2. Antecedentes:

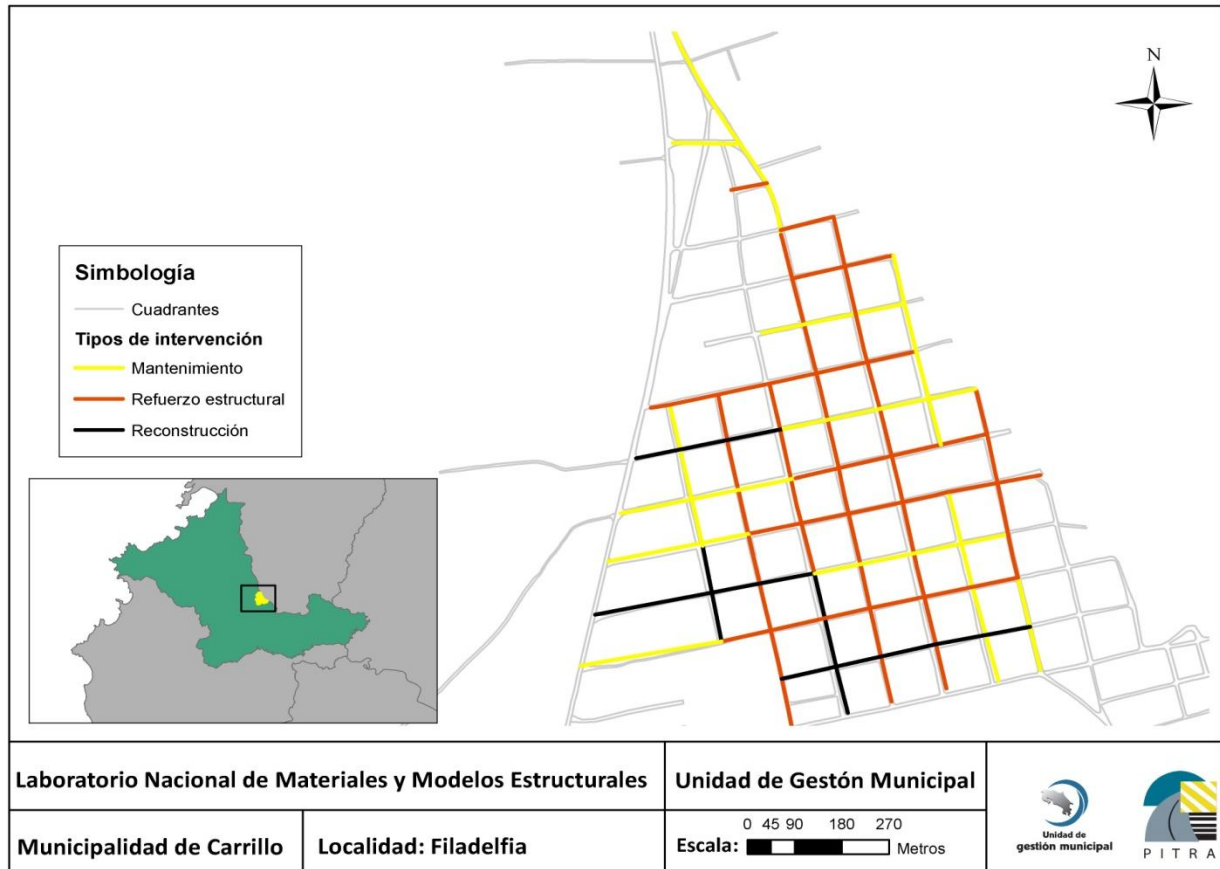
El proceso de evaluación de la red vial asfaltada de Carrillo por parte del LanammeUCR inició a mediados del año 2010 mediante la ejecución de pruebas de deflectometría (FWD), evaluación del Índice de Regularidad (IRI), conteos vehiculares y sondeos para caracterizar las estructuras de pavimento y los suelos existentes.

Como resultado de este proceso, se obtuvo una distribución de las calles y avenidas de la ciudad de Filadelfia en base a las condiciones antes mencionadas, agrupándolas en tramos homogéneos (ver figura 1); esta información permite conocer las condiciones de capacidad estructural y funcional de las vías componentes de la red vial, con lo cual se espera que las intervenciones sean enfocadas dependiendo de la condición que este diagnóstico reveló.

Adicionalmente, se establecieron recomendaciones sobre las intervenciones a ejecutar en estos tramos homogéneos, de manera que fueran considerados al momento de planificar las intervenciones que finalmente se ejecutaron en el proyecto (ver figura 2).



**Figura 1.** Ubicación de los diferentes tramos homogéneos ubicados en Filadelfia.  
Fuente: LanammeUCR, 2012.



**Figura 2.** Tipo de intervención recomendada para cada tramo homogéneo según la condición actual, sector norte.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Los resultados de este proceso de diagnóstico se muestran con detalle en el informe LM-PI-GM-04-12 con fecha 16 de abril de 2012 enviado a la Municipalidad de Carrillo.

A inicios del mes de Julio de 2011 mediante correo electrónico se recibió la solicitud planteada por el Ing. Adrian Alfaro, quien es Director de la Unidad de Gestión Municipal de la Municipalidad de Carrillo, sobre la participación del personal del LanammeUCR en el proceso de inspección del proyecto y de revisión de las especificaciones.

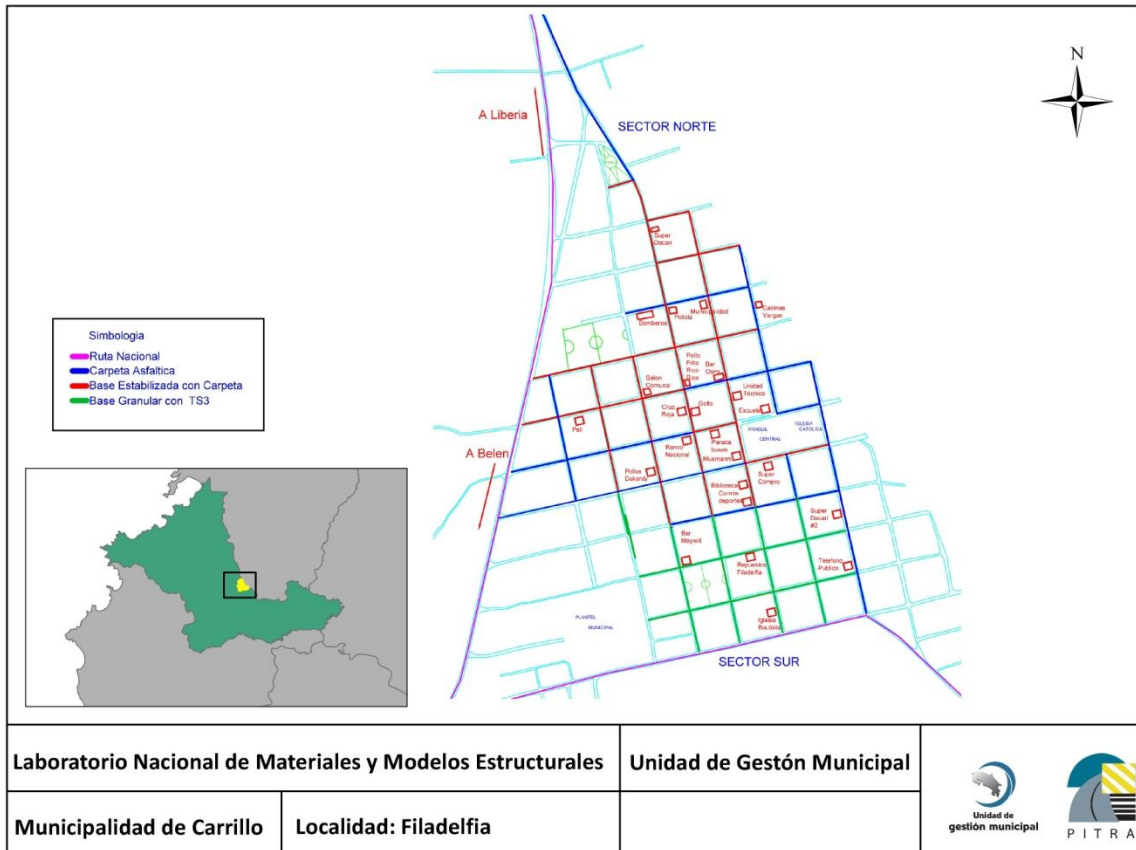
En vista del interés del LanammeUCR en participar en este tipo de iniciativas y contando con la figura de un convenio entre las partes se inició con el trabajo conjunto en este proyecto específico.

### 3. Propuesta de intervención:

Partiendo del diagnóstico de la red vial cantonal asfaltada de la Ciudad de Filadelfia y los tipos de intervención propuestos; el personal técnico de la Unidad de Gestión Vial de la Municipalidad de Carrillo definió tres medidas de intervención a implementar en diferentes sectores. La primera medida de intervención consistía en un proceso de bacheo mecanizado y posterior colocación de 5 cm de carpeta asfáltica para los tramos que se catalogaron como de “mantenimiento”. Una segunda medida consistió en la rehabilitación de los tramos que presentaban daños estructurales y conteos vehiculares altos; para esta rehabilitación se implementó la colocación de subbase mejorada con cemento y la colocación de carpeta asfáltica. Como tercera medida de intervención, se determinó que para las vías con daños estructurales graves y bajo tránsito vehicular se realizaría una rehabilitación utilizando base granular compactada y se colocaría un tratamiento superficial triple.

Todas las medidas antes mencionadas se distribuyeron de acuerdo con las necesidades presentes en las vías asfaltadas de la Ciudad de Filadelfia. Inicialmente la UTGV había definido otro tipo de intervenciones; sin embargo, ante la consulta planteada al personal técnico de la Unidad de Gestión Municipal del LanammeUCR se recomendó modificar en algunos aspectos esta propuesta inicial. Finalmente, la propuesta de intervención planteada por la UTGV de Carrillo fue la que se muestra en la figura 3.





**Figura 3.** Propuesta de intervención planteada por UTGV de Carrillo en la red vial asfaltada de la Ciudad de Filadelfia  
Fuente: LanammeUCR, 2012.

Ahora bien, los aspectos específicamente constructivos y de calidad de la obra final se abordaron a través de visitas de inspección y de ejecución de las pruebas de laboratorio. Este proceso se realizó mediante la instrucción del personal de la Municipalidad en aspectos básicos del proyecto que ejecutaron y, en mayor medida, por medio de la presencia en varias ocasiones de personal técnico del LanammeUCR en el sitio de obras como apoyo a la gestión de la Unidad Técnica. Cabe aclarar que la calidad final del producto es responsabilidad de la UTGV de Carrillo.



#### 4. Visita de inspección #1 (19, 20 y 21 de Julio 2011):

El esquema de trabajo en conjunto con la Unidad Técnica para la asesoría técnica por parte del personal del LanammeUCR consistió en la realización de visitas al sitio de obra en las cuales se le señalaba a los miembros de la Municipalidad de Carrillo los aspectos que se consideraba era importante corregir, esto con el fin de obtener un trabajo final de calidad en asocio con las buenas prácticas constructivas de este tipo de obras.

Se estableció como principio fundamental para este proceso de asesoría el hecho de que la responsabilidad de la obras y de las decisiones a tomar durante el proceso son siempre propiedad de los miembros de la Unidad Técnica. El papel del personal técnico del LanammeUCR se limitó a dar recomendaciones y coleccionar muestras para realizar pruebas de laboratorio.

Durante la primera visita los días 19, 20 y 21 de Julio de 2011 se realizó un repaso de las condiciones referentes a las especificaciones técnicas planteadas inicialmente, así como un repaso de las opciones constructivas a ejecutar en cada uno de los tramos de la ciudad de Filadelfia, enfocándose en seguir una configuración de intervención similar a la planteada durante la reunión previa apegándose en la medida de lo posible a la evaluación hecha por el LanammeUCR.

Las labores iniciales se enfocaron en dos tramos, uno en el sector sur de aproximadamente 300 metros desde el Comité de Deportes hacia el sur (localización N 10° 26' 30.6" - W 085° 33' 04.7") donde se observó la primera parte de la colocación de la base granular; el otro tramo, en el norte, en la vía que comunica el centro de la ciudad con el arco que comunica con la Ruta Nacional 21, donde se realizaban labores de bacheo mecanizado previo a la colocación de la carpeta asfáltica.

#### 4.1 Inspección al material de base en sector sur

El material utilizado como base en el sector sur es proveniente del Tajo Tamarindo Villa Real, el mismo es identificado de tipo calizo, éste presenta una granulometría que en apreciación visual tras su inspección, presenta mayor porcentaje de partículas gruesas, y al ser este un material calizo se presume inicialmente que podría generar problemas de compactación (ver figura 4).



**Figura 4:** Material calizo utilizado como base granular, presencia de sobre tamaños puede generar problemas de compactación.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Durante la colocación y compactación del material se evidenció la segregación del mismo por lo que se le recomendó a la UTGV que se realizara un proceso de escarificación y conformación de este tramo. Tras esta recomendación los inspectores de la UTGV le solicitaron a la empresa contratista que realizara dicha reparación (ver figura 5).



**Figura 5:** Problemas de segregación y falta de compactación. Reparación de tramo con sustitución de material.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Las estructuras existentes en la zona a intervenir y en otras vías en el tramo sur carecían en muchos casos de una configuración adecuada para ser reutilizadas para colocar un paquete estructural con suficiente capacidad, por lo que fue necesario sustituir parte de la subrasante con material mejorado. En el campo se recomienda a la UTGV la sustitución de al menos 15cm, de material de la sub base, en varias secciones debido a que ésta se encontraba muy contaminada con material orgánico “tierra negra”. Aquí se utilizó el mismo material de base ya que esta situación no estaba contemplada en el cartel de licitación (ver figura 6).



**Figura 6:** Estructuras existentes insuficientes. Sustitución de material de subrasante con material granular.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Una de las preocupaciones en este punto es la calidad del agregado suministrado para ser colocado como base granular, durante esta primera visita se encontraron discrepancias entre los viajes de las vagonetas. Pues en algunas ocasiones se apreciaba visualmente que el material entregado tenía exceso de gruesos (ver figura 7).



**Figura 7:** Inconsistencia en cuanto a granulometría en la entrega del material entregado en el proyecto.

Fuente: LanammeUCR, 2011.

Se recomendó a la UTGV hacer una revisión de la procedencia y manejo de los materiales en el tajo; se realizó una visita en conjunto con personeros de la UTGV y de la empresa contratada para el autocontrol del contratista, se encuentra que la forma de apilar y manejar los agregados no era la correcta, pues para crear la base, los agregados los combinaban con el cargador, y ésta la apilaban en forma cónica de hasta cinco metros de altura ocasionando evidente segregación en los costados del apilamiento. Se recomienda al operador de la maquinaria realizar el apilamiento en terrazas que no excedan los dos metros de altura. Se ejecuta muestreo conjunto de los materiales (ver figura 8).

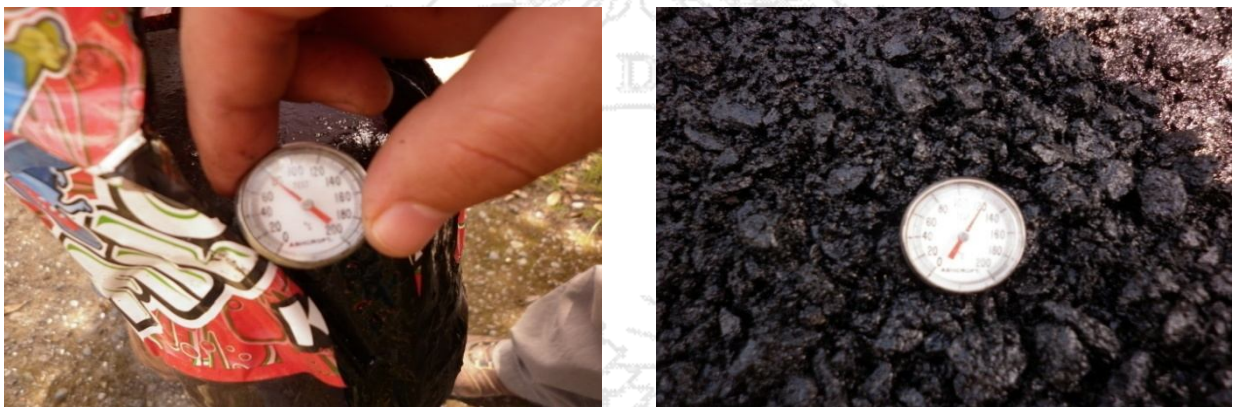


**Figura 8:** Mejoramiento en el apilamiento en el tajo utilizando terrazas. Muestreo conjunto de agregados para material de base.

Fuente: LanammeUCR, 2011.

#### 4.2 Inspección a las obras de bacheo en sector norte

Se procedió a realizar la inspección conjunta sobre los trabajos de bacheo que se iniciaron en el sector norte, a razón de preparación para los trabajos de recarpeteo posteriores. Se realizó una verificación de las temperaturas tanto de la emulsión como de la mezcla asfáltica colocada durante los bacheos (ver figura 9), en ambos casos la temperatura era adecuada; llamó la atención el hecho de que la tanqueta de almacenamiento de la emulsión no contara con la tapa para toma de temperatura. Las temperaturas medidas fueron de 70°C en la emulsión y de 130°C en la mezcla.



**Figura 9:** Inspección de las temperaturas de aplicación de emulsión y mezcla asfáltica.

Fuente: LanammeUCR, 2011.

Otro de los aspectos evaluados en el sitio fue la preparación de las regiones a bachear, tanto sus espesores como los cortes y el riego de emulsión para la aplicación de la mezcla. En este sentido se pudo identificar que los espesores de bacheo promediaron los 6 cm en general, los cortes se realizaron utilizando equipo de corte de sierra con lo cual los mismos presentaron límites claros y con ángulos de 90° acorde con las buenas prácticas de ingeniería (pañó de prueba).

Se estima que no se ejecutó bien la etapa de distribución del riego de emulsión asfáltica, pues fue evidente en varios casos que este riego fue insuficiente, como resultado se aprecian zonas donde se carecía del mismo, tanto en el fondo del corte como en las paredes del mismo. Esta situación genera una disminución en la capacidad de adherencia del pavimento existente y la mezcla asfáltica del bacheo.

Finalmente, se ejecutó una verificación de las compactaciones de la mezcla asfáltica en los bacheos. La máxima teórica aportada por el laboratorio fue de 2462 kg/m<sup>3</sup>, se obtiene

un 95% de compactación al realizar seis pasadas del compactador. El proceso se evidencia en la figura 10.



**Figura 10:** Proceso de ejecución de paño de prueba para bacheo en sector norte.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.



## 5. Visita de inspección #2 (3, 4 y 5 de Agosto 2011):

La segunda visita de inspección fue programada para un periodo de 2 semanas después de la primera visita, la misma se llevó a cabo los días 3, 4 y 5 de agosto de 2011. Se esperaba un avance tanto en las obras de colocación de base granular en el sector sur como en los bacheos del sector norte.

### 5.1 Inspección al material de base en el sector sur

Al llegar al frente de trabajo se procedió a verificar el estado de la base que se colocó durante la primera visita, y se notó que pese a que la base presentaba algún desprendimiento de agregados la compactación y el acabado de la misma aparentaba estar en buenas condiciones, a la espera de los resultados de chequeos de compactación que realizara la empresa de autocontrol del contratista. Se estima que el avance en el sector sur en la colocación de base es de un 70%.

El desarrollo de las actividades de mejoramiento de las estructuras de pavimentos existentes en el sector sur implicó la remoción de parte de los materiales existentes, incluso a nivel de subrasante (ver figura 11) muestras de estos materiales fueron evaluadas en el laboratorio, los resultados se mismas que fueron evaluadas con pruebas de laboratorio cuyos resultados se muestran en los anexos.



**Figura 11:** Sustitución de material de subrasante, material evaluado en laboratorio.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Parte de los trabajos implican el rompimiento de tuberías superficiales, por lo que se hace hincapié en la necesidad de secar las zonas de trabajo para evitar la saturación de los materiales granulares, así como evitar la aparición de zonas con carencias en la calidad de la compactación de los materiales de base.

En vista de las condiciones encontradas durante la primera inspección en los materiales de base, referente a la diferencia de tamaños y posibles problemas de compactación se realizó una reinspección de este aspecto; se encontró que los materiales finalmente empleados poseían una distribución granulométrica más coherente con lo solicitado en el cartel, lo cual implicó un mejoramiento significativo en las condiciones de compactación del mismo (ver figura 12).



**Figura 12:** Mejoría en la distribución granulométrica del material de base. Proceso constructivo, conformación de base granular.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

### 5.2 Inspección de los agregados para el tratamiento superficial

Se procedió a realizar una inspección de los materiales que se utilizarían en los tratamientos superficiales (TSB-3). En primera instancia se notó que los mismos presentan en algunos casos una cantidad importante de polvo y otros materiales contaminantes, esto no se considera conveniente pues durante el proceso constructivo estos excesos de material reducirían la capacidad de adherencia a la emulsión e incrementarían el consumo del mismo. Se recomienda a la UTGV de la Municipalidad realizar un muestreo y ejecución de pruebas de laboratorio que evalúen el porcentaje de arcillas y partículas friables presentes y lo comparen con el porcentaje admisible estipulado en el contrato (1% máximo). El resultado de esta evaluación determinó que el porcentaje de partículas friables y de arcillas era de 0.56%.



**Figura 13:** Materiales a utilizar en tratamientos superficiales mostraban presencia de impurezas y exceso de polvo tanto en acopio como al llegar al proyecto.

Fuente: LanammeUCR, 2011.

### 5.3 Inspección de los bacheos en sector norte

En el sector norte se identifica la continuación de los trabajos de bacheo en la calle de salida principal (sector del arco) y en las cercanías de la estación de bomberos; en cuanto a la ejecución de los trabajos se indican ciertos cuidados que deben tomarse en el momento de realizar el corte de las zonas dañadas, resulta particularmente preocupante el hecho de que en algunos puntos se hace una profundización innecesaria de los puntos de bacheo, con lo que se extrae parte del material granular original, con esto se reduce la capacidad de soporte del paquete estructural (ver figura 14).



**Figura 14:** Remoción excesiva de material existente en zonas de bacheo sector norte.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Se llama la atención sobre la forma en que los cortes se ejecutan en algunos puntos, pues no se aprecia un corte longitudinal recto, lo cual no es una buena práctica constructiva (ver figura 15).



**Figura 15:** Corte inadecuado de los sitios de bacheo  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Finalmente se hace un recorrido en algunas de las calles del sector norte donde se recomienda a la Unidad Técnica de la Municipalidad que, en los sectores en que se encuentren tramos de tratamientos superficiales soportados sobre bases estabilizadas, se realice un bacheo “ambulancia” en lugar de bacheo formal, esto para evitar que los cortes con sierra afecten directamente la capacidad estructural de la base, al ser que estas zonas posteriormente recibirán un recarpeteo (ver figura 16).



**Figura 16:** Condición de zonas a recarpetear.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Se identifica un bacheo formal innecesario en una de avenidas del sector norte, tras una inspección visual del estado de la carpeta y de la base, además de su calificación en la nota “Q” realizada por LanammeUCR la cual indica reconstrucción, se recomienda la intervención total de este tramo con sustitución utilizando base estabilizada y recarpeteo (ver figura 17).



**Figura 17:** Condición de avenida en sector norte, se recomienda reconstrucción en base a resultados de evaluación de condición  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

## 6. Visita de inspección #3 (10, 11 y 12 de Agosto 2011):

Ante el aumento de actividades en varios frentes de trabajo, se decidió realizar una nueva visita de inspección una semana después de la visita anterior, con el fin de brindar asesoría en uno de los momentos de mayor actividad en el proyecto total. En esta ocasión se realizó una inspección orientada a los frentes donde se ejecuta la construcción de los tratamientos superficiales en el sector sur y bacheos en varios puntos de la red de la ciudad de Filadelfia.

### 6.1 Inspección de la construcción de los tratamientos superficiales

Sobre la base granular colocada previamente se realizó la colocación de tratamiento superficial triple (TSB-3) durante el proceso se utilizó maquinaria adecuada para la ejecución; sin embargo, la secuencia de actividades no se llevó a cabo con la celeridad y la coordinación que este tipo de obras requiere; específicamente duraciones de hasta veinte minutos desde la colocación del riego de emulsión y la colocación del agregado (lo recomendado es un minuto entre ambas tareas como máximo), por otra parte, los tratamientos superficiales múltiples deben realizarse en periodos de al menos 8 horas (24 horas deseablemente, según sección 411.12 de CR-2010) de separación entre la colocación de capas (para dar tiempo suficiente para el curado de la emulsión) en el caso de estos trabajos se ejecutaban los tres riegos el mismo día, lo cual es inadecuado (ver figura 18).



**Figura 18:** Tramos con riego de emulsión expuestos durante mucho tiempo, se propicia la pérdida de adherencia del agregado.

Fuente: LanammeUCR, 2011.

Al realizar la inspección se notó que los agregados empleados para el tratamiento superficial presentaban contaminación con arcillas y polvo en algunos casos (situación señalada desde la visita anterior). La forma en que esta situación fue manejada consistió en ejecutar un lavado de los agregados; sin embargo, al no dar suficiente tiempo para el secado de los mismos se encontraban excesos de agua al momento de construir, con lo cual también la adherencia se podría ver significativamente reducida (ver figura 19).



**Figura 19:** Contaminación de agregados con suelo. Exceso de humedad producto del lavado.

Fuente: LanammeUCR, 2011.

En las calles donde aún no se inician los trabajos de colocación del TSB-3 se hace una inspección sobre las condiciones actuales previas a estos trabajos. Se encuentra que en las orillas de las calles existen agregados con sobre tamaño que no ha recibido el proceso de compactación adecuado (ver figura 20). Se recomienda a la UTGV corregir esta situación previo a la colocación del TSB-3.



**Figura 20:** Regiones con inadecuado proceso de compactación y sobretamaño en el material de base granular.

Fuente: LanammeUCR, 2011.

## 6.2 Inspección de recarpeteos en sector norte

En cuanto a las obras de recarpeteo en el sector norte de la Ciudad de Filadelfia, estos trabajos han mostrado un adecuado avance, estos se aplican en las zonas donde se recomendó el mejoramiento del IRI y rehabilitaciones menores. Durante esta ejecución se han encontrado algunas prácticas no correspondientes a una correcta aplicación de las técnicas constructivas, específicamente en aspectos relacionados con los bacheos mecanizados previos a la colocación de la nueva carpeta de asfalto. Se observó que las vagonetas transitaban sobre el ligante asfáltico fresco restando adherencia a la mezcla que se estaba colocando (ver figura 21); en este sentido se hizo la indicación a los inspectores municipales para evitar esta práctica, misma que fue acatada.



**Figura 21:** Tránsito sobre zonas con ligante asfáltico fresco.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

En términos generales los cortes en los bacheos se han ejecutado adecuadamente, la disposición de la mezcla, la temperatura de aplicación y la compactación han sido adecuados (ver figura 22).





**Figura 22:** Cortes rectos y acabados en los bacheos. Temperatura adecuada de mezcla.

Fuente: LanammeUCR, 2011.

#### 7. Visita de inspección #4 (5 y 6 de Setiembre 2011):

Durante la cuarta visita de inspección se aprecia que las actividades que involucraban la sustitución del material existente por base estabilizada para posteriormente aplicar un recarpeteo habían iniciado en aproximadamente 550 metros de la red de la Ciudad de Filadelfia, al ser estos tratamientos parte de las medidas de reconstrucción recomendadas en vista de las características de estas vías (tránsito promedio diario, capacidad estructural y funcional).

De forma paralela, se observa que los trabajos relacionados con la construcción de los tratamientos superficiales triples en el sector sur han avanzado considerablemente, se comprueba que prácticamente la totalidad de los trabajos mayores han sido ejecutados en las zonas que se tenían preestablecidas.

A este momento los trabajos de bacheo puntual han sido prácticamente terminados con lo cual estos sectores están listos para aplicar los recarpeteos programados como medida de rehabilitación menor.

##### 7.1 Inspección a los tratamientos superficiales sector sur

Inicialmente se hace un recorrido por el sector sur donde las actividades relacionadas con la construcción de los tratamientos superficiales han sido prácticamente finalizadas, resta la actividad del barrido del material de secado. Al realizar el recorrido se hacen barridos puntuales para evaluar la condición superficial y acabado de los tratamientos y evaluar

además los bombeos. Durante la ejecución de esta labor se lograron identificar algunos ahuellamientos, los cuales podrían ser causados por problemas de compactación de la base, o bien, por problemas con la calidad del tratamiento (ver figura 23). Esta situación se indicó a los encargados del proyecto para buscar una solución.



**Figura 23:** Ahuellamientos encontrados en algunos puntos del sector sur.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

En esta inspección se aprecia la presencia de desprendimientos puntuales en algunas zonas de los tratamientos superficiales, en este caso existen dos posibles causas: la reducción en la adherencia de la emulsión a causa de periodos excesivos entre la aplicación de la misma y de los agregados; o bien, por problemas de acumulación de polvo en los agregados (ver figura 24).



**Figura 24:** Desprendimiento de agregados de tratamiento superficial.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Adicionalmente se realizó una verificación de los bombeos de las vías del sector sur, se comprueba que en algunos casos los bombeos eran inferiores al 3% propuesto inicialmente, esto se justifica por la condición existente (previa a estos trabajos) de las alcantarillas y cunetas, los cuales establecieron los niveles funcionales a seguir (ver figura 25).



**Figura 25:** Verificación de los porcentajes de bombeo.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

### 7.2 Inspección a obras de base estabilizada en el centro de la Ciudad

En el sector central se realiza un recorrido para evaluar los trabajos relacionados con la colocación del material de base estabilizada, previo a los trabajos de recarpeteo. Se logran identificar algunas zonas donde los manejos de agua no eran adecuados, presentan empozamientos que afectarían la calidad del trabajo posterior a ejecutar (ver figura 26). De esta manera se hace la observación a la Unidad Técnica de la Municipalidad de Carrillo sobre la importancia de evitar este tipo de condiciones, pues las mismas reducen considerablemente la capacidad de soporte de la base y facilita las deformaciones posteriores en la capa de mezcla asfáltica.



**Figura 26:** Empozamientos en zonas de aplicación de base estabilizada.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

También fue posible observar en algunos puntos de la base estabilizada desprendimientos superficiales y zonas con compactaciones insuficientes, todos estos detalles fueron expuestos a la Unidad Técnica para que de la mano con el contratista fueran reparados previo a la colocación de la capa de mezcla asfáltica (ver figura 27).



**Figura 27:** Desprendimientos puntuales y zonas con deficiente compactación.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

## 8. Visita de inspección #5 (22 y 23 de Setiembre 2011):

La quinta visita al sitio de obras se ejecutó en uno de los momentos pico de trabajo, pues se estaba ejecutando la intervención de aproximadamente 2,2 kilómetros de intervenciones con base estabilizada y recarpeteo, al mismo tiempo se ejecutaban las obras de recarpeteo sobre carpeta existente de aproximadamente 2 kilómetros. Por lo que el enfoque de la visita fue sobre las obras que se construían con mezcla asfáltica.

### 8.1 Inspección a las obras de colocación de base estabilizada sectores central y norte

En lo que respecta a las obras de colocación de base estabilizada en el sector central y norte, se encuentra que ha habido un considerable mejoramiento en las condiciones tanto del material como en los procesos constructivos. Parte de las obras han abarcado la recuperación de parte del material previo existente en las vías a reconstruir, se ha encontrado que el mismo posee buenas condiciones para ser reutilizado en combinación con el material nuevo (ver figura 28).



**Figura 28:** Condiciones del material de recuperación, se aprecia en buenas condiciones de granulometría.

De esta manera, los trabajos de reconstrucción de las vías de mayor tránsito en la Ciudad de Filadelfia presentan condiciones adecuadas para ejecutar los trabajos de colocación de carpeta asfáltica según lo indicado por las condiciones contractuales (ver figura 29).

Las condiciones del material de subbase y base determinan en gran porcentaje la capacidad de soporte del paquete estructural, por esta razón el énfasis que se ha hecho a este punto sobre la importancia de seguir los lineamientos relativos al cumplimiento de las granulometrías y compactaciones. El objetivo es evitar que se presenten deterioros tempranos o que no se alcance un verdadero mejoramiento de las condiciones estructurales y funcionales de estas vías.

El acabado, tipo de materiales y compactación de los materiales de base finalmente utilizados muestran condiciones adecuadas para continuar con las obras de colocación de carpeta asfáltica.



**Figura 29:** Condiciones de la base colocada, sector norte Filadelfia.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

## 8.2 Inspección de obras de colocación de carpeta asfáltica

En vista de lo señalado anteriormente, muchos de los trabajos de colocación de base son continuados con la aplicación del ligante asfáltico para proceder con la colocación de la carpeta asfáltica, además se recuerda a la UTGV sobre la importancia de que esta base no se encuentre humedecida pues reduce considerablemente la capacidad de adherencia del ligante (ver figura 30).



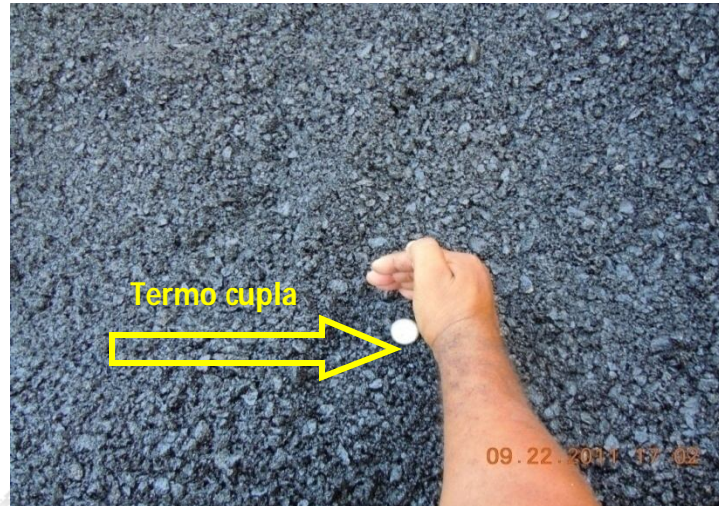
**Figura 30:** Aplicación de ligante asfáltico previo a la colocación de la carpeta asfáltica  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Se aprecia que en las obras de colocación de la carpeta asfáltica tanto en las zonas donde se realizó reconstrucción de la vía como en las zonas donde se hizo rehabilitación por medio de recarpeteo, se utilizó equipo en condiciones adecuadas (prácticamente nuevo) lo que facilitó el hecho de que no se dieran interrupciones en el proceso y que las condiciones de acabado fueran adecuadas (ver figura 31).



**Figura 31:** Equipo utilizado y acabado de los trabajos de colocación de mezcla  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Un aspecto en el cual se capacitó a la UTGV de Carrillo previo al inicio de estos trabajos fue el de control de la temperatura de colocación de la mezcla asfáltica, se logró evaluar este aspecto en varios momentos durante la visita, se obtienen temperaturas adecuadas para estas labores (ver figura 32).



**Figura 32:** La temperatura cumple con las especificaciones para su colocación y compactación, en este momento fue de 130°C.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Durante estos procesos se observaron algunas prácticas constructivas inadecuadas, por lo que cada una de ellas fue señalada a la UTGV para que exigiera una corrección de las mismas a la empresa constructora; todo esto con el objetivo de que no se viera afectada la calidad de las obras (ver figuras 33, 34 y 35)



**Figura 33:** Inadecuado tránsito de la maquinaria sobre las obras frescas, daños puntuales.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.





**Figura 34:** Aplicación de emulsión a mano  
Fuente: LanammeUCR, 2011.



**Figura 35:** Utilización de diesel para limpieza de herramientas en construcción de carpetas.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Finalmente, durante la etapa de compactación se logró revisar tanto los espesores colocados (ver figura 36) como algunos aspectos constructivos específicos concernientes al funcionamiento de los equipos y el trabajo final (ver figura 37). En este sentido, parte de la labor del personal técnico de apoyo del Lanamme fue instruir al personal de la UTGV sobre las verificaciones a realizar diariamente.



**Figura 36:** Verificación de espesores de carpeta  
Fuente: LanammeUCR, 2011.



**Figura 37:** Secuencia de corrección de grieta dejada por la pavimentadora.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.



## 9. Visita de inspección #6 (9 y 10 de Noviembre de 2011):

La ejecución del proyecto en sus diferentes frentes experimentó un retraso respecto a la programación original planteada por la Municipalidad de Carrillo a raíz de las condiciones climáticas adversas, presentadas durante la última quincena del mes de Octubre, motivo por el cual en la visita programada para los primeros días de noviembre no se pudo hacer el cierre del proyecto, tal y como se había programado inicialmente.

Ante esta situación, la visita #6 sirvió para hacer un recorrido detallado de las condiciones de las calles y avenidas de la ciudad de Filadelfia, tanto en lo que respecta a los tratamientos superficiales, las zonas con recarpeteos y las zonas reconstruidas totalmente. En este sentido, fue posible hacer una inspección detallada de los aspectos tanto de acabado como del tipo funcional al poder hacer recorridos donde se logró alcanzar velocidades de hasta 60km/h sin afectar el confort o la seguridad vial a lo largo de la red (relacionado esto con el mejoramiento del IRI).

De igual manera, fue posible observar la respuesta de las obras de drenaje ante la situación climática extrema a la cual se vio sometida la región y la condición de los trabajos de sustitución por base estabilizada aún sin pavimentar, al ser este uno de los aspectos que más llamó la atención al mostrarse algunos daños propios de un periodo de exposición a altas precipitaciones y cargas de tránsito.

Asimismo, se observó la ejecución de obras de adecuación de las estructuras de agua (tapas de pozos) para subir estos elementos a los nuevos niveles de rasante, cuestión que desde un punto de vista funcional y de seguridad vial es prioritaria y de necesaria implementación.

En vista de que algunas vías no fueron concluidas por el tema del clima y que le fue posible a la UTGV incrementar la intervención en algunas vías adicionales es necesario a este punto ejecutar una nueva visita cuando los trabajos ya estén finalizados en su totalidad.

### 9.1 Inspección a tratamientos superficiales sector sur

En la primera parte del recorrido se logró hacer una inspección a los trabajos finales ejecutados en la zona sur de la ciudad de Filadelfia, específicamente a los tratamientos superficiales. Al momento de la inspección restaba por ejecutar el barrido del material de secado, por lo que fue necesario hacer limpieza puntual para poder observar con detalle los acabados. En primera instancia, se logró observar que los tratamientos superficiales construidos presentan una buena configuración en cuanto a la granulometría, adherencia y poca presencia de deformaciones tempranas (ver figura 38). De igual manera se logra observar que la configuración de la matriz entre las diferentes capas de agregado presenta una buena capacidad de sellado ante la acción de las aguas de escorrentía.



**Figura 38:** Material de secado no barrido, acabado de tratamiento superficial.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

No se observaron zonas donde se pudiera observar el material de base, por lo que es de esperar que las condiciones de este material se conserven en buen estado al no estar expuesto a la abrasión directa.

El aspecto que generó preocupación al momento de la inspección es la alta presencia de agregados sueltos en la superficie de las calles, la mayoría pertenecientes al último riego de agregados del TSB-3 (ver figura 39). La reducción en la fricción de frenado a causa del material suelto representa un peligro latente para los usuarios de la vía, además de que facilita la obstrucción de las obras de drenaje y genera nubes de polvo que afectan a los vecinos. Se hace la recomendación in situ de retomar las labores de barrido a la brevedad.



**Figura 39:** Exceso de material suelto reduce fricción de frenado.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Como parte de las labores de inspección se hizo igualmente un recorrido a las calles incluidas en la ampliación del contrato, al ser que una de las avenidas del sector Este se encontraba en la etapa de colocación del material de base granular. Se encontró en este material la acumulación de algunos sobre tamaños y partículas sueltas en las orillas, por lo cual se recomendó a la UTGV retirar los mismos antes de continuar con las labores de colocación del TSB-3. En el resto de la vía se pudo apreciar el buen estado de compactación y de distribución granulométrica presente (ver figura 40).



**Figura 40:** Material suelto en las orillas a ser retirado, estado de la base granular en apariencia en óptimas condiciones de compactación y adherencia.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

### 9.2 Inspección a carpetas colocadas y bases estabilizadas en sector central y norte

En lo concerniente a las calles y avenidas del sector norte se observaron básicamente dos escenarios, uno fue el caso de las obras ya terminadas y el otro fue el caso donde la base estabilizada estaba expuesta (a causa de los retrasos por lluvia). En el caso de las vías ya terminadas se observan buenas condiciones de acabado y de sellado de la carpeta asfáltica. Las uniones entre las etapas de colocación fueron bien delimitadas por lo que no existen diferencias significativas entre las calles y avenidas; de igual manera fue posible observar el buen estado de las transiciones entre las zonas de reconstrucción con carpeta asfáltica y tratamiento superficial. En la figura 41 se puede apreciar la condición al momento de la inspección de las vías principales reconstruidas en la ciudad de Filadelfia, tanto en el aspecto del conjunto como en el detalle de la mezcla.



**Figura 41:** Condición final de los trabajos de reconstrucción en sector norte.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Las condiciones que se encontraron durante los recorridos en las vías donde se ejecutó tanto la reconstrucción con la alternativa de base estabilizada como donde se ejecutó bacheo y posterior recarpeteo favorecen notablemente la condición de ruedo de los vehículos, de la misma manera las velocidades de operación se ven incrementadas. Es de esperar que ante esta intervención los valores de capacidad estructural se hayan aumentado significativamente, de igual manera los valores de IRI relacionados con la condición superficial se pueden ver reducidos. Por lo que se recomienda a la UTGV realizar en conjunto con el LanammeUCR una nueva evaluación de estos datos para hacer la comparación con la condición previa expuesta en el informe LM-PI-GM-04-12.

En las calles y avenidas que se encuentran en una etapa de construcción y donde se encontró la base estabilizada expuesta se observó que la interrupción de las actividades constructivas a causa de las lluvias ha hecho que se presenten deformaciones superficiales (baches y ondulaciones) en este material de base. Por lo que se hace la recomendación a la UTGV de solicitar al contratista realizar una reconfiguración de este material y readecuar (posible escarificación superficial) el material que estará sirviendo como superficie de contacto con el riego de liga y con la carpeta asfáltica. De igual forma se recomienda evitar la alta acumulación de empozamientos vista durante los recorridos (ver figura 42).



**Figura 42:** Deformaciones y empozamientos en material de base expuesto; labores de mantenimiento de base expuesta.

Fuente: LanammeUCR, 2011.



## 10. Visita de inspección #7 (4 y 5 de Enero de 2012):

En vista de las demoras acontecidas en el proyecto con relación al programa de trabajo inicial causadas por los problemas de mal tiempo durante las últimas semanas de octubre de 2011, fue necesario realizar una visita adicional a las inicialmente contempladas. Dicha visita se realizó los días 4 y 5 de enero de 2012 en compañía de personal de la UTGV de la Municipalidad de Carrillo.

La prioridad de esta inspección fue revisar las condiciones de las calles a las cuales se les aplicó la capa de carpeta asfáltica durante el mes de diciembre de 2011, además de inspeccionar el acabado final de las calles con tratamiento superficial posterior al proceso de barrido del material de secado.

### 10.1 Inspección a obras finales de colocación de carpeta sector norte

Inicialmente se realizó el recorrido sobre las calles en el sector noroeste que contaban únicamente con base colocada durante la visita anterior. Al realizar la inspección se logró apreciar que efectivamente los trabajos en las mismas habían concluido, se prestó especial atención al acabado de la carpeta asfáltica, encontrando que en comparación con la mezcla que se había venido colocando anteriormente en el resto del casco urbano, la mezcla de estas calles contaba con agregados más gruesos y con una distribución menos homogénea (mezcla más abierta, ver figura 43); en este sentido, fue particularmente llamativo el hecho de que en las zonas centrales de cada uno de los carriles se observaban zonas con mayor apertura de mezcla. Si bien es cierto no existe información al momento de la ejecución de este informe sobre la resistencia de esta mezcla, si es claro que las condiciones de mayor apertura de mezcla favorecerá en el mediano plazo la introducción de agua hacia las capas inferiores, por lo que se hace la recomendación a la UTGV de iniciar labores de información y gestión hacia la posible utilización de algún sello asfáltico como medida preventiva en contra de la penetración del agua. Esta recomendación se considera conveniente de ejecutar en un periodo no mayor de un año a partir de la fecha de finalización de los trabajos.

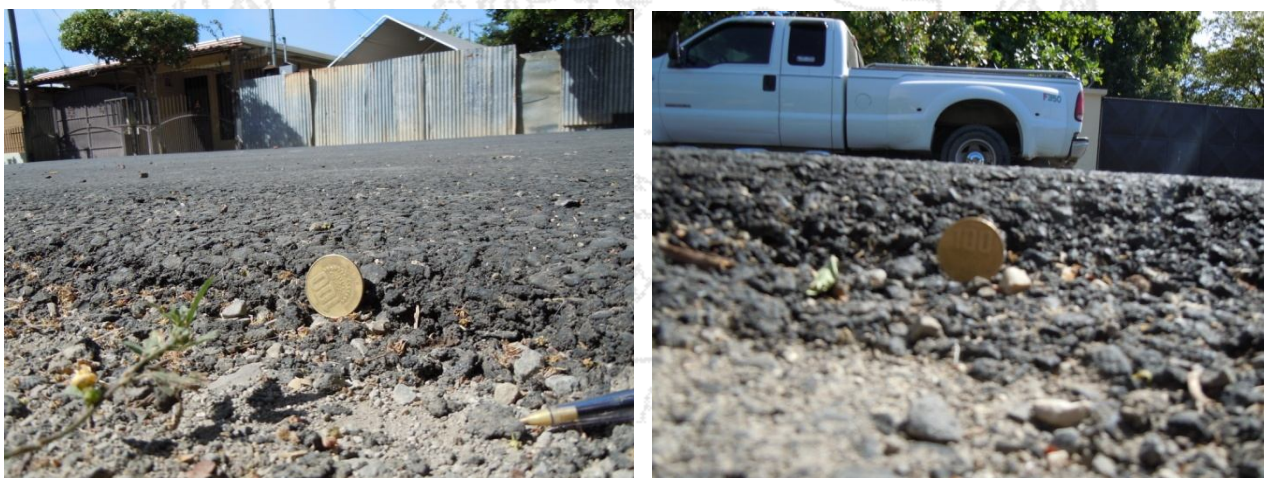




**Figura 43:** Comparación entre la apertura de la mezcla colocada en el mes de diciembre (izquierda) y la colocada anteriormente en otra vía del casco urbano (derecha).

Fuente: LanammeUCR, 2011.

En cuanto a la colocación de esta mezcla y a los espesores utilizados, se nota que existieron sectores en las mismas calles donde se colocaron mayores espesores en un costado respecto al opuesto (ver figura 44); desniveles en el material de base a causa del prolongado tiempo de exposición son una posible causa a este efecto que se tuvo que solventar aplicando mayores cantidades de mezcla en algunos puntos. Es importante mencionar que en algunas zonas se lograron medir espesores menores a los 5 cm que se habían propuesto en las especificaciones técnicas y en el contrato.



**Figura 44:** Diferencia de espesores de mezcla asfáltica colocada en la misma calle.

Fuente: LanammeUCR, 2011.

Adicionalmente se nota que en algunas de estas calles finalmente intervenidas existe carencia de estructuras para manejo de aguas pluviales, con lo que además de favorecer la inclusión de agua en las capas inferiores (base y subbase) se tiene una desventaja en el sentido de que no existe confinamiento para la mezcla recién colocada favoreciendo los desprendimientos de borde (ver figura 45), esta situación se presenta en algunas zonas puntuales de la red vial de la ciudad de Filadelfia, pues en la mayoría de los casos las calles si cuentan con este tipo de estructuras de manejo de aguas.



**Figura 45:** Ausencia de estructuras de manejo de agua favorece la introducción de agua y el desprendimiento de bordes.

Fuente: LanammeUCR, 2011.

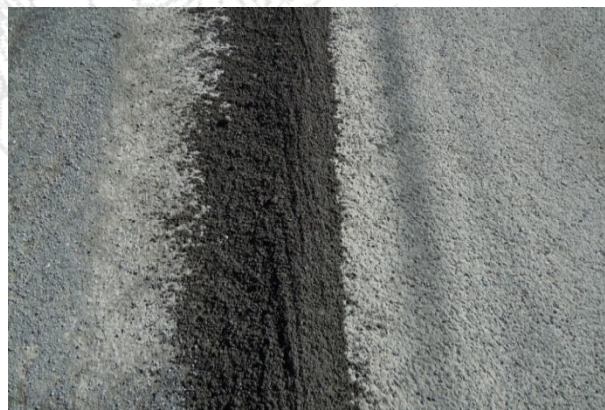
### 10.2 Inspección a obras finales de construcción de tratamiento superficial

Con respecto a las vías intervenidas utilizando cambio de base y tratamiento superficial triple TS-3 se logró observar el proceso de barrido del material de secado (ver figura 46), el mismo logró remover la mayor parte del material suelto que representaba un peligro a los usuarios y podría generar obstrucciones del alcantarillado pluvial existente.



**Figura 46:** Proceso de barrido de las vías con tratamiento superficial  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Posterior a este proceso fue posible hacer una inspección detallada de las condiciones del tratamiento superficial colocado en sitio, encontrando que el mismo presenta pocos desprendimientos de material, ahuellamientos o exudación. En vista de esto se considera que el resultado final de la aplicación de esta alternativa fue positivo y se cuenta ahora con condiciones adecuadas tanto para las condiciones presentes como para el tránsito esperable en estas vías (ver figura 47). Finalmente se recomienda a la UTGV recoger a la brevedad el material acumulado en los cordones de caño para evitar la obstrucción de las alcantarillas (ver figura 48).



**Figura 50:** Condición de los tratamientos superficiales se considera adecuada.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.



**Figura 48:** Material barrido sin recoger en cordones de caño.  
Fuente: LanammeUCR, 2011.

### 10.3 Aspectos adicionales de la Red Vial Asfaltada en la Ciudad de Filadelfia

Adicionalmente a las labores propias de la inspección en las vías intervenidas durante este proceso, se logró apreciar dos aspectos de la vialidad de la ciudad de Filadelfia que se considera deben ser prioridad para la UTGV en el contexto de brindar condiciones de seguridad vial y de transitabilidad adecuadas a la población en esta localidad.

Específicamente, se trata de las condiciones vistas en la demarcación vertical (ver figura 49), se nota durante los recorridos de inspección que no sólo hay carencia de señales tanto de prevención como de reglamentación, sino que además las existentes se encuentran en malas condiciones en general. Se considera prioritario (luego de esta inversión en la condición de las calles y avenidas) proceder con un proyecto de demarcación que brinde mejores condiciones de seguridad vial, pues es esperable que ante las mejoras en las vías se presenten mayores velocidades de operación, lo que aumenta la posibilidad de accidentes graves ante la falta de demarcación.



**Figura 49:** Mal estado de las señales de tránsito.

Fuente: LanammeUCR, 2011.

Finalmente, el otro aspecto que se considera prioritario es la condición de la intersección entre la Ruta Nacional 21 y la avenida identificada como la principal vía de salida de autobuses (ver figura 50). Existe en este punto y a lo largo de aproximadamente 150 metros una condición bastante desfavorable en la condición de la vía, donde además de los daños presentes en la estructura de pavimento existen problemas relacionados con el manejo de aguas; se considera necesario modificar el perfil de rasante de la vía para mejorar el manejo de aguas; de hecho, ya la Municipalidad ha ejecutado obras en los costados (cordones de caño) bajo este esquema; sin embargo, se estima que si no se ejecutan dichas obras se podrían tener en el corto plazo problemas de empozamientos severos a lo largo de este tramo.



**Figura 50:** Condición actual de intersección favorece los empozamientos.

Fuente: LanammeUCR, 2011.



## 11. Pruebas de Laboratorio

Como parte del alcance de las labores conjuntas entre el LanammeUCR y la Unidad Técnica de Gestión Vial de la Municipalidad de Carrillo se acordó realizar pruebas de laboratorio a los materiales utilizados mayoritariamente en el proyecto (base y agregados para tratamientos superficial). La intención de la ejecución de estas pruebas fue crear un respaldo adicional a la Municipalidad en cuanto a la validación de los materiales entregados por el contratista en contraposición con los informes provenientes de la empresa de autocontrol de la empresa constructora.

Inicialmente, las pruebas estaban orientadas a facilitar la escogencia de los materiales que se utilizarían en el proyecto. De esta manera, se llevaron a cabo 19 muestreos en diferentes tajos tanto de material de base como de agregados para el tratamiento superficial (cuartilla, quintilla, polvo de piedra). Los resultados de estos muestreos fueron presentados a la UTGV en 7 informes de laboratorio, específicamente:

Muestra	Fuente de materiales	Material evaluado	Pruebas realizadas	Informe asociado*
1008-11	Tajo Las Trancas	Quintilla	<ul style="list-style-type: none"><li>• Granulometría</li><li>• Densidad</li><li>• Gravedad específica</li><li>• Absorción</li></ul>	I-0693-11
1009-11	Tajo Las Trancas	Cuartilla	<ul style="list-style-type: none"><li>• Granulometría</li><li>• Densidad</li><li>• Gravedad específica</li><li>• Absorción</li><li>• Abrasión</li></ul>	
1010-11	Plantel Raasa	Polvo de piedra	<ul style="list-style-type: none"><li>• Granulometría</li><li>• Densidad</li><li>• Gravedad específica</li><li>• Absorción</li><li>• Límites de Atterberg</li></ul>	
1011-11	Tajo San Felipe	Quintilla	<ul style="list-style-type: none"><li>• Granulometría</li><li>• Densidad</li><li>• Gravedad específica</li><li>• Absorción</li></ul>	
1012-11	Tajo San Felipe	Polvo de piedra	<ul style="list-style-type: none"><li>• Granulometría</li><li>• Densidad</li><li>• Gravedad específica</li><li>• Absorción</li><li>• Abrasión</li><li>• Límites de Atterberg</li></ul>	
1013-11	Tajo San Felipe	Base granular	<ul style="list-style-type: none"><li>• Granulometría</li><li>• Densidad</li><li>• Gravedad específica</li><li>• Absorción</li><li>• Abrasión</li></ul>	



			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Límites de Atterberg</li> </ul>	
1014-11	Tajo San Felipe	Base granular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> <li>• Densidad</li> <li>• Gravedad específica</li> <li>• Absorción</li> </ul>	
1015-11	Tajo San Felipe	Cuartilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> <li>• Densidad</li> <li>• Gravedad específica</li> <li>• Absorción</li> <li>• Abrasión</li> </ul>	
1016-11	Tajo Monte Barco	Cuartilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> <li>• Densidad</li> <li>• Gravedad específica</li> <li>• Absorción</li> <li>• Abrasión</li> </ul>	
1016-11	Tajo Monte Barco	Cuartilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Densidad</li> <li>• Gravedad específica</li> <li>• Absorción</li> </ul>	I-0709-11
1010-11	Plantel Raasa	Polvo de piedra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CBR</li> </ul>	I-0722-11
1100-11	Tajo Los Marañones	Base granular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> <li>• Densidad</li> <li>• Gravedad específica</li> <li>• Absorción</li> <li>• Abrasión</li> </ul>	I-0727-11
1101-11	Tajo Las Trancas	Base granular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> <li>• Densidad</li> <li>• Gravedad específica</li> <li>• Absorción</li> <li>• Límites de Atterberg</li> </ul>	
1284-11	No indicado	Quintilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> <li>• Densidad</li> <li>• Gravedad específica</li> <li>• Absorción</li> <li>• Abrasión</li> </ul>	I-0812-11
1285-11	No indicado	Cuartilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> <li>• Densidad</li> <li>• Gravedad específica</li> <li>• Absorción</li> <li>• Abrasión</li> </ul>	
1286-11	No indicado	Polvo de piedra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> <li>• Densidad</li> <li>• Gravedad específica</li> <li>• Absorción</li> <li>• Límites de Atterberg</li> </ul>	
1419-11	Tajo Meco	Cuartilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> </ul>	I-0863-11
1420-11	Tajo Meco	Quintilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> <li>• Partículas friables y arcillosas</li> </ul>	



1322-11	Tajo Tamarindo Villa Real	Base granular	<ul style="list-style-type: none"><li>• Granulometría</li><li>• Densidad</li><li>• Gravedad específica</li><li>• Absorción</li><li>• Abrasión</li><li>• Límites de Atterberg</li><li>• Proctor</li><li>• CBR</li></ul>	I-0889-11
---------	---------------------------------	------------------	--	-----------

*\*Informes incluidos en los anexos*

En vista de que en ciertos lugares de posible extracción de agregados no se cumplían las especificaciones establecidas en el cartel licitatorio y el CR-2010, se pudo descartar la utilización de ciertos materiales; en este sentido, los informes suministrados por el LanammeUCR mostraron algunas condiciones que hacían inadecuados algunos productos para los fines del proyecto, los resultados de estos informes fueron discutidos con la ingeniería del proyecto a cargo de la Municipalidad.

Según fue informado por la UTGV los materiales finalmente utilizados en la ejecución del proyecto correspondieron a los que se evaluaron en los informes I-0863-11 y I-0889-11 correspondientes a las muestras 1419-11, 1420-11 y 1322-11 identificados como materiales provenientes de la Planta de Meco y el Tajo Tamarindo Villa Real para los agregados de tratamiento superficial y base granular respectivamente.

Los resultados obtenidos en estos análisis muestran que el material de la primera muestra (1419-11 cuartilla) cumple con la especificación de granulometría, en tanto que la muestra (1420-11 quintilla) posee un sobre tamaño en la malla de 9.50mm de abertura, cumpliendo en los demás rangos de aberturas; en tanto que la evaluación de partículas friables y arcillas no supera el 1%. La suciedad que se mostraba en estos agregados podría ser producto entonces del proceso de quebrado y mezclado, por lo mostrado en la figura 17, las labores de limpieza y lavado del material se orientaron a evitar un mayor consumo en la emulsión asfáltica.

Con respecto al material de base evaluado, se puede clasificar como una base de granulometría tipo "C", cumpliendo con las especificaciones del CR-2010 para este tipo de material. Se muestran además valores de gravedad específica, densidad aparente y absorción típicos de estos materiales. El desgaste en la Máquina de Los Ángeles muestra un 32.2%, inferior al 40% establecido por la normativa. En cuanto a los límites de Atterberg los resultados están acordes con los límites establecidos para estos factores. La prueba de Proctor Modificado muestra que el porcentaje de humedad óptimo era del 12.3%. Las pruebas de CBR muestran que para los valores de compactación cercanos al 94% se obtienen los valores máximos de CBR.

Por parte de la Municipalidad de Carrillo se tuvo acceso a la información suministrada por el laboratorio de autocontrol de la empresa constructora (ITP-Ingeniería Técnica de Pavimentos S.A.). A través del informe ITP-387-11 se pueden observar los resultados de





las pruebas realizadas a la base granular, los agregados para el tratamiento superficial y los núcleos de mezcla asfáltica en caliente.

Con base en los resultados del informe ITP-387-11 referentes a la base colocada se puede observar que en todos los casos los porcentajes de compactación promedio superaron el 95%, por lo que en relación con lo observado en las pruebas ejecutadas por el LanammeUCR se puede inferir que los valores de CBR alcanzados son adecuados. Adicionalmente, la evaluación de las pastillas de base estabilizada (BE-25) superan los valores mínimos (30 kg/cm<sup>2</sup>) en todos los casos.

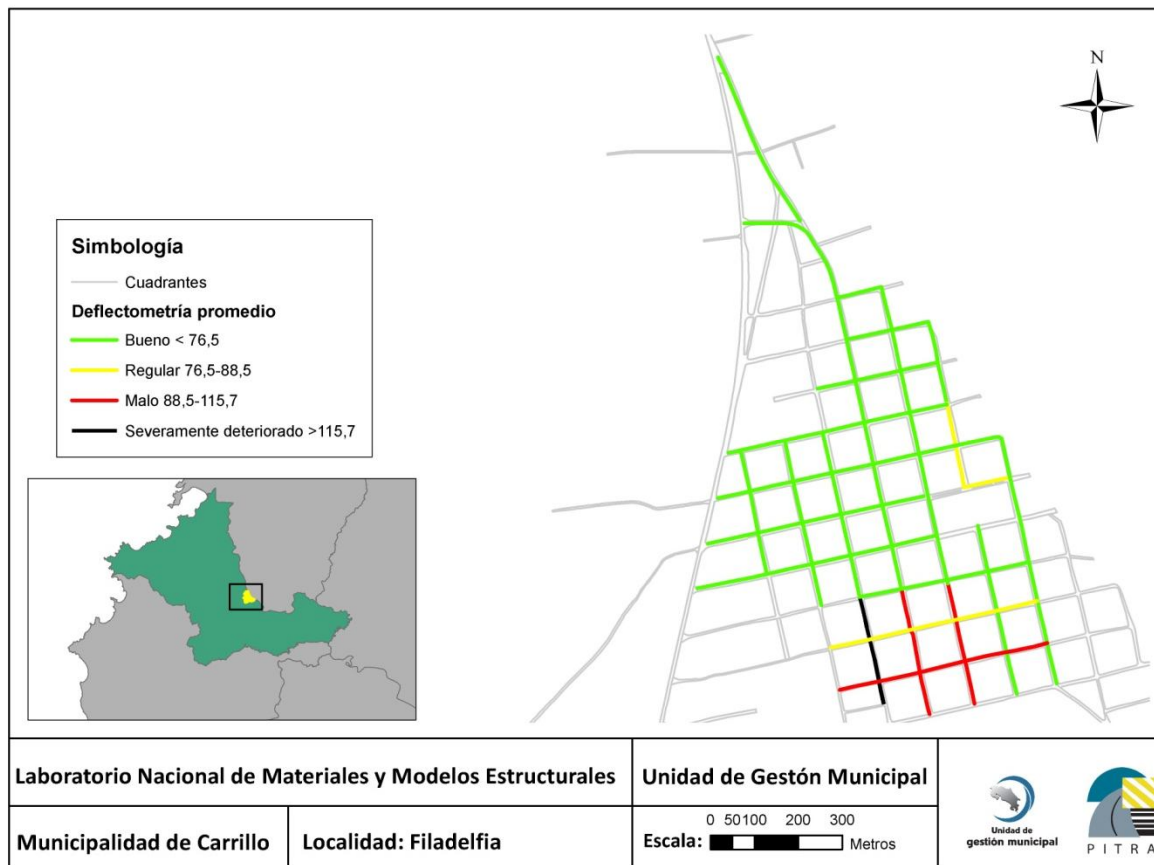
Para el caso de los agregados para el tratamiento superficial, se observa que las distribuciones granulométricas para los diferentes productos (piedra cuartilla, piedra quintilla y polvo de piedra) se encuentran dentro de los márgenes establecidos por el CR-2010. No se aportan pruebas sobre los porcentajes de partículas planas y elongadas, ni tampoco sobre los porcentajes de partículas arcillosas y friables.

Finalmente, para el caso de los núcleos de mezcla asfáltica se observa que los porcentajes de compactación son iguales o superiores al 90%, lo cual concuerda con lo establecido en el cartel de licitación.

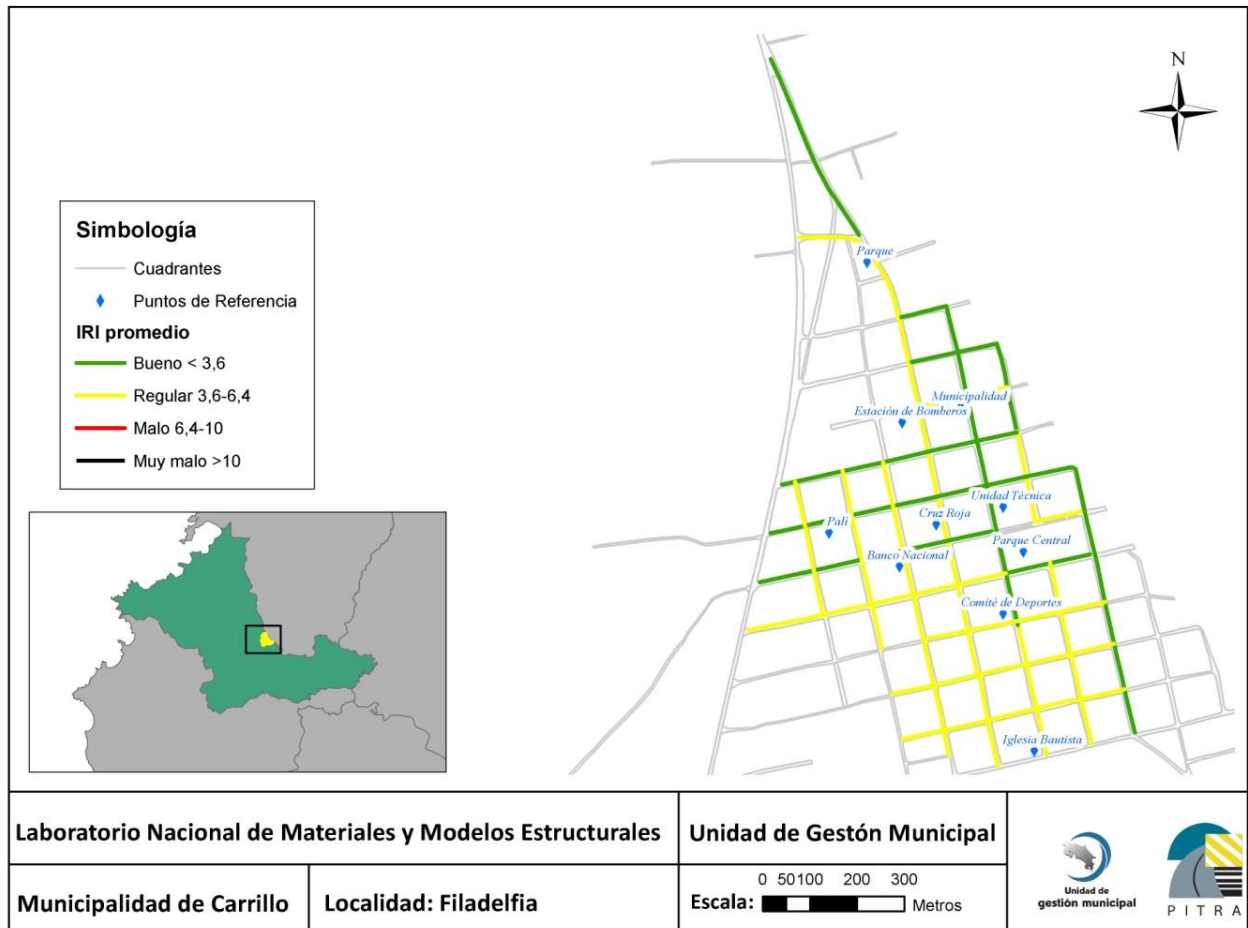
Resumiendo, con base en los resultados para los materiales que finalmente fueron elegidos para ser empleados en este proyecto, se puede decir que las pruebas respaldan la decisión por parte de la UTGV de utilizarlos en este proyecto, cumpliendo con las especificaciones tanto del cartel de licitación como del CR-2010.

## 12. Evaluación de vías intervenidas

Posterior al proceso de rehabilitación de las vías en la ciudad de Filadelfia, se procedió a ejecutar una evaluación de la deflectometría (mediante la prueba de FWD) y una medición de los valores de IRI (Índice de Regularidad Internacional) con el objetivo de verificar la efectividad de los trabajos ejecutados. Los resultados de la evaluación posterior al proceso constructivo se presentan en las figuras 51 y 52.

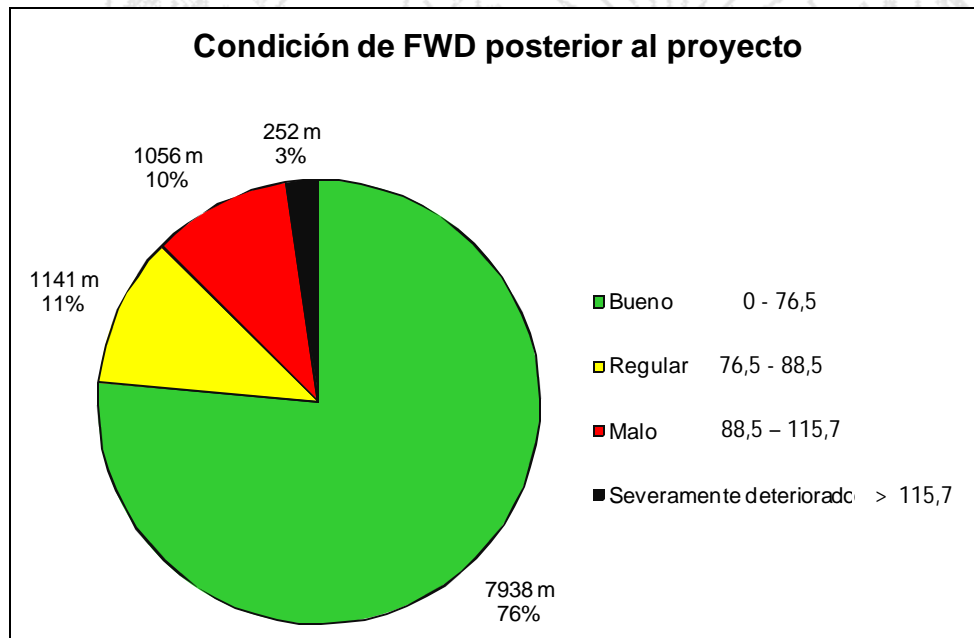
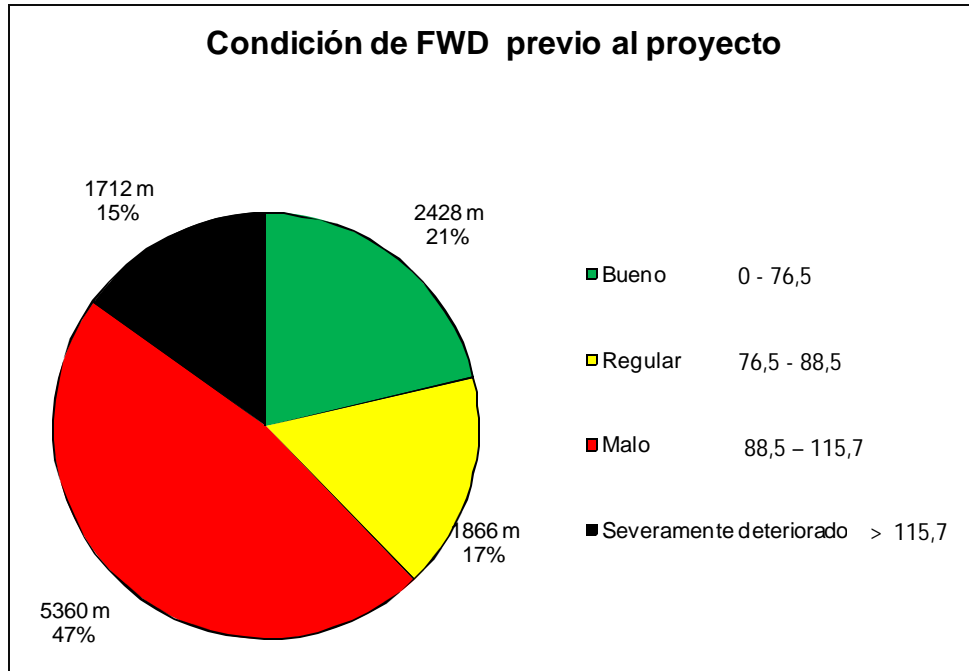


**Figura 51:** Resultado de la evaluación de deflectometría (FWD) – Enero 2012  
Fuente: LanammeUCR, 2012.

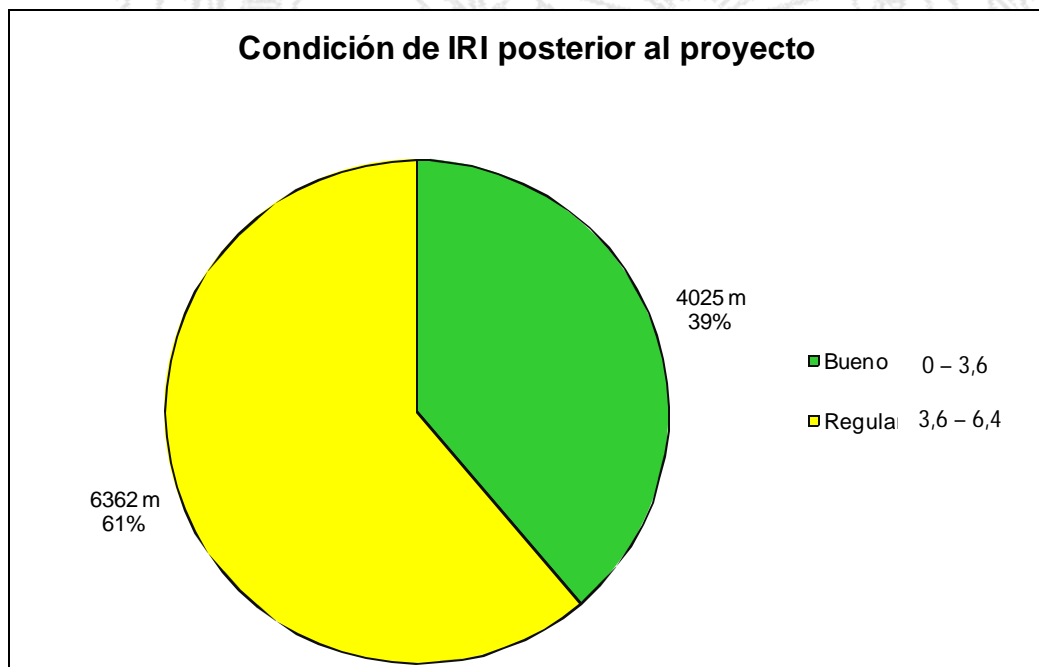
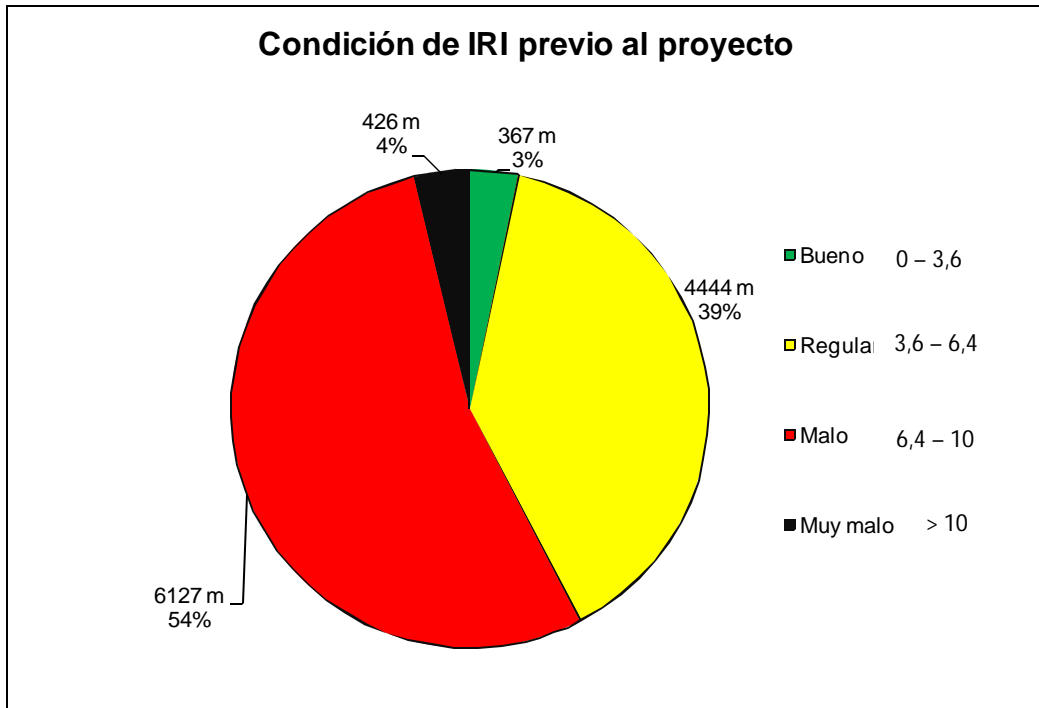


**Figura 52:** Resultado de la evaluación de índice de regularidad internacional (IRI)  
Fuente: LanammeUCR, 2012.

Comparando las figuras anteriores con los resultados obtenidos del proceso de diagnóstico, y presentados en el informe LM-PI-GM-04-12 se observa que la condición a nivel funcional y estructural de la red vial de la Ciudad de Filadelfia ha sido significativamente mejorada. Los gráficos 1 y 2 presentan los resultados previos y posteriores al proyecto.



**Grafico 1:** Comparación entre la condición estructural (evaluada por medio de la deflectometría de impacto) antes y después de la ejecución del proyecto.  
Fuente: Lanamme 2012



**Gráfico 2:** Comparación entre la condición estructural (evaluada por medio del Índice de Regularidad Internacional) antes y después de la ejecución del proyecto.  
Fuente: Lanamme 2012



Las condiciones estructurales pasaron de una condición buena y regular total del 38% (aproximadamente 4294 mts) de la red vial previo a la ejecución del proyecto, a una condición buena y regular del 87% (aproximadamente 9079 mts) posterior al proyecto. En tanto que las vías identificadas como malas y severamente deterioradas se redujeron de un 62% a únicamente un 13%. Identificándose estas vías como las intervenidas con la opción de base granular y tratamiento superficial; sin embargo, al tratarse de una metodología de evaluación enfocada en el análisis de carpetas asfálticas, estos tratamientos superficiales evidentemente presentan una menor capacidad de soporte por su naturaleza.

Al observar los datos promedio de las deflexiones en estos tramos calificados como malos y severamente deteriorados son esperables dentro de la respuesta de una estructura donde la capa de tratamiento superficial no aporta significativamente a la resistencia de la estructura de pavimento.

Además, al tratarse de vías de bajo volumen así identificadas dentro del diagnóstico presentado en el informe LM-PI-GM-04-12, se considera que no es una situación particularmente preocupante el hecho de que estos tramos muestren este comportamiento. Evidentemente, las labores de mantenimiento posteriores a este proyecto podrían enfocarse en mantener esta condición actual, la cual se considera aceptable dado el funcionamiento de esta red.

En cuanto a los resultados de la condición superficial, la inversión ejecutada a través de este proyecto logró eliminar totalmente los tramos con condiciones funcionales identificadas anteriormente como malas y severamente deterioradas. Se obtiene una configuración donde el 39% de la red muestra una condición buena y el restante 61% una condición regular. En vista de los buenos resultados en este apartado, las labores de conservación de esta condición (sellos asfálticos o similares) podrían ser una de las prioridades en materia de gestión vial para la Unidad Técnica; esto en adición a las labores de mejoramiento de la señalización vial.

### 13. Conclusiones

Una vez finalizadas las obras del proyecto de rehabilitación y reconstrucción de vías en la Ciudad de Filadelfia, cantón de Carrillo; se concluye lo siguiente:

- El proceso de evaluación y diagnóstico ejecutado durante el año 2010 y cuyos resultados se muestran en el informe LM-PI-GM-04-12 representa uno de los principales productos del convenio establecido entre la Municipalidad de Carrillo y el LanammeUCR. La información derivada de este proceso fue uno de los principales puntos de decisión para las intervenciones realizadas por parte de la Unidad Técnica de la Municipalidad de Carrillo dentro del marco de este proyecto.
- La intervención del LanammeUCR por medio de la Unidad de Gestión Municipal tanto en la etapa de revisión de especificaciones, alternativas de intervención y durante la etapa constructiva, por medio de su personal profesional y técnico, sirvió como punto de apoyo a las labores de gestión por parte de la Unidad Técnica.
- Las recomendaciones planteadas a lo largo del proceso constructivo, así como los resultados de las pruebas de laboratorio fueron de suma utilidad para los personeros de la Unidad Técnica al momento de tomar decisiones sobre el curso que siguió el proyecto.
- La evaluación llevada a cabo posterior a la ejecución del proyecto confirmó que las intervenciones realizadas y la inversión económica efectuada por la Municipalidad de Carrillo tuvieron un impacto positivo medible sobre la condición estructural y funcional de las calles de la Ciudad de Filadelfia.
- Se considera prudente enfocar las futuras inversiones en esta red vial en labores de conservación y mantenimiento de las condiciones obtenidas al final del proyecto; esto siguiendo el criterio de gestión eficiente donde las condiciones buenas deberían ser mantenidas y paulatinamente ir mejorando las demás vías con condición regular, mala o deteriorada.

#### 14. Anexos

Se adjunta a continuación los resultados de las pruebas de laboratorio efectuadas a los materiales utilizados en este proyecto, específicamente:

- Informe I-0693-11
- Informe I-0709-11
- Informe I-0722-11
- Informe I-0727-11
- Informe I-0812-11
- Informe I-0863-11
- Informe I-0889-11

