



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

Proyecto: LM-PI-GM-12-12

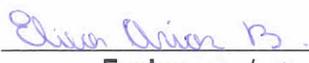
**EVALUACIÓN DE LA RED VIAL CANTONAL  
DE CAÑAS: DIAGNÓSTICO Y TRAMOS  
HOMOGÉNEOS DE LA RED VIAL  
CANTONAL DE CAÑAS**

Preparado por:

**Unidad de Gestión Municipal  
PITRA-LanammeUCR**

San José, Costa Rica  
Noviembre, 2012

Información técnica del documento

<b>1. Informe</b> LM-PI-UM-12-12		<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> EVALUACIÓN DE LA RED VIAL CANTONAL DE CAÑAS: DIAGNÓSTICO Y TRAMOS HOMOGÉNEOS DE LA RED VIAL CANTONAL DE CAÑAS		<b>4. Fecha del Informe:</b> Noviembre, 2012
<b>7. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>8. Notas complementarias</b>		
<b>9. Resumen</b> <i>En el estudio realizado en las principales rutas de la red vial cantonal de Cañas durante el año 2010, contempla el diagnóstico de la red vial, la identificación y caracterización de tramos homogéneos, esto con el objetivo de buscar y aplicar soluciones a secciones de la carretera que presenten condiciones similares de deterioro.</i> <i>En el presente informe se detalla el análisis de aproximadamente 11,5 km, se generaron un total de 35 tramos homogéneos, posteriormente fueron analizados por medio de diferentes parámetros como: deflectometría, IRI (Índice de Regularidad Internacional), conteos vehiculares, entre otros.</i> <i>El análisis de los datos de deflectometría promedio para cada tramo indicó que un 20% de los tramos homogéneos (2,3 km) presentan una condición de daños importantes, además 3,4 km presentan una buena condición estructural. En cuanto a los valores promedio el IRI se determinó que 6 tramos (2,5 km) evaluados presentan un IRI inferior a 3,6 m/km, y 12 tramos (3,3 km) presentan una irregularidad importante (IRI mayor a 6,4 m/km).</i> <i>Uno de los productos más importantes que se incluye en el análisis es la propuesta del tipo de intervención general basados en el estado actual de cada uno de los tramos homogéneos. La información contenida en este informe es una herramienta útil para una eficiente y eficaz gestión de los recursos que dispone el municipio para el mantenimiento y la mejora de la red vial que administra.</i>		
<b>10. Palabras clave</b> Evaluación de Carreteras, Gestión, Red vial Cantonal, Cañas, Diagnóstico, Tramos homogéneos	<b>11. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>12. Núm. de páginas</b> 68
<b>13. Preparado por:</b> Ing. Eliécer Arias Barrantes  Fecha: 19 / 11 / 2012	<b>14. Colaboradores</b> Catalina Vargas Sobrado Diego Quesada Girón	<b>15. Revisado por:</b> Ing. Sharline López Ramírez  Fecha: 19 / 11 / 12
<b>16. Revisado por:</b> Ing. Jaime Allen Monge, MSc Coordinador Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 19 / 11 / 2012	<b>17. Revisado por:</b> Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Lanamme UCR  Fecha: 1 / 1	<b>18. Aprobado por:</b> Ing. Guillermo Loría Salazar, PhD Coordinador General PITRA  Fecha: 20 / 12 / 2012



## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>7</b>
1.1	ASESORÍA TÉCNICA .....	7
1.2	CAPACITACIÓN.....	8
1.3	VENTA DE SERVICIOS .....	8
1.4	RECURSOS FINANCIEROS .....	8
1.5	LEY 8114: REGLAMENTO SOBRE EL MANEJO, NORMALIZACIÓN Y RESPONSABILIDAD PARA LA INVERSIÓN PÚBLICA EN LA RED VIAL CANTONAL.....	8
<b>2</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL .....</b>	<b>9</b>
2.1	IMPORTANCIA.....	9
2.2	SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS (SAP) .....	10
2.3	PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL MUNICIPAL .....	12
2.4	ESQUEMA METODOLÓGICO.....	13
<b>3</b>	<b>DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL DE CAÑAS .....</b>	<b>14</b>
3.1	OBJETIVO .....	14
3.2	ACTIVIDADES .....	14
3.2.1	<i>CLASIFICACIÓN DE LA RVC .....</i>	<i>14</i>
3.2.2	<i>TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD).....</i>	<i>15</i>
3.2.3	<i>EVALUAR CONDICIÓN FUNCIONAL.....</i>	<i>18</i>
3.2.4	<i>EVALUAR CONDICIÓN ESTRUCTURAL.....</i>	<i>22</i>
3.2.5	<i>CARACTERIZAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO .....</i>	<i>25</i>
3.2.6	<i>DEFINIR TRAMOS HOMOGÉNEOS.....</i>	<i>36</i>
3.2.7	<i>NOTAS CALIDAD.....</i>	<i>42</i>
3.2.8	<i>TIPOS DE INTERVENCIÓN.....</i>	<i>49</i>
3.2.9	<i>DISEÑO Y COSTOS DE LOS TRATAMIENTOS .....</i>	<i>57</i>
3.2.10	<i>ESCENARIOS DE INVERSIÓN.....</i>	<i>58</i>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>5</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>63</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL SEGÚN VALORES DE IRI.	20
<b>TABLA 2.</b> ESPESORES DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO SEGÚN LOS SONDEOS REALIZADOS.	27
<b>TABLA 3.</b> CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO DE LA SUB-RASANTE, EN LOS SONDEOS REALIZADOS.	33
<b>TABLA 4.</b> CLASIFICACIÓN DEL CBR.	35
<b>TABLA 5.</b> ÍNDICE DE RESISTENCIA CBR.	36
<b>TABLA 6.</b> LONGITUD DE LOS DIFERENTES TRAMOS HOMOGÉNEOS UBICADOS EN CAÑAS.	37
<b>TABLA 7.</b> NOTAS DE CALIDAD PARA UN TRÁNSITO INFERIOR A LOS 5000 VEHÍCULOS DIARIOS PARA UNA ESTRUCTURA CON BASE GRANULAR.	43
<b>TABLA 8.</b> NOTAS DE CALIDAD PARA UN TRÁNSITO SUPERIOR A LOS 5000 VEHÍCULOS DIARIOS E INFERIOR A 15000 VEHÍCULOS DIARIOS PARA UNA ESTRUCTURA CON BASE GRANULAR.	43
<b>TABLA 9,</b> NOTA DE CALIDAD ASIGNADA A CADA DE TRAMO ANALIZADO EN LA LOCALIDAD DE CAÑAS.	47
<b>TABLA 9,</b> NOTA DE CALIDAD ASIGNADA A CADA DE TRAMO ANALIZADO EN LA LOCALIDAD DE CAÑAS (CONT.)	48
<b>TABLA 10.</b> TIPO DE INTERVENCIÓN REQUERIDA PARA CADA TRAMO EVALUADO EN CAÑAS.	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> ESTRUCTURA GENERAL DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS.	10
<b>FIGURA 2.</b> ESQUEMA DE PROCESO DE GESTIÓN VIAL.	12
<b>FIGURA 3.</b> ESQUEMA METODOLÓGICO.	13
<b>FIGURA 4.</b> CABLES Y CONTADORES AUTOMÁTICOS EN SITIO.	16
<b>FIGURA 5.</b> CONFIGURACIÓN DE LOS CONTADORES.	16
<b>FIGURA 6.</b> VOLUMEN VEHICULAR DIARIO LOCALIDAD DE CAÑAS.	17



<b>FIGURA 7. PORCENTAJE DE VEHÍCULOS PESADOS EN LA LOCALIDAD DE CAÑAS...</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 8. REPRESENTACIÓN FÍSICA DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL.....</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA 9. PERFILÓMETRO INERCIAL LÁSER.....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 10. CONDICIÓN DEL IRI PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS.....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 11. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS MEDICIONES DE IRI SEGÚN LA CONDICIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURA 12. EQUIPO DE DEFLECTOMETRÍA DE IMPACTO.....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 13. CONDICIÓN DEL PAVIMENTO A PARTIR DE DEFLECTOMETRÍA Y TPD PARA BASES GRANULARES (IZQUIERDA) Y ESTABILIZADAS (DERECHA).....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 14. CONDICIÓN DEL FWD PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN JUNIO DEL 2010.....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 15. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS MEDICIONES DE FWD SEGÚN LA CONDICIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 16. EJEMPLO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 17. UBICACIÓN DE LOS SONDEOS REALIZADOS EN LA LOCALIDAD DE CAÑAS.....</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 18. TIPO DE SUELO SEGÚN LA CLASIFICACIÓN SUCS EN LA LOCALIDAD DE CAÑAS.....</b>	<b>29</b>
<b>FIGURA 19. TIPOS DE SUELO SEGÚN LA CLASIFICACIÓN AASTHO EN LA LOCALIDAD DE CAÑAS.....</b>	<b>32</b>
<b>FIGURA 20. PRUEBA DE CBR EN SITIO.....</b>	<b>34</b>
<b>FIGURA 21. CLASIFICACIÓN DEL CBR SEGÚN BOWLES, LOCALIDAD CAÑAS.....</b>	<b>35</b>
<b>FIGURA 22. UBICACIÓN DE LOS DIFERENTES TRAMOS HOMOGÉNEOS EN CAÑAS.....</b>	<b>38</b>
<b>FIGURA 23. DEFLECTOMETRÍA PROMEDIO DE LAS VÍAS ANALIZADAS EN CAÑAS.....</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA 24. PORCENTAJE DE METROS LINEALES, CLASIFICADOS SEGÚN FWD PROMEDIO.....</b>	<b>40</b>
<b>FIGURA 25. PORCENTAJE DE TRAMOS HOMOGÉNEOS, CLASIFICADOS SEGÚN EL FWD PROMEDIO.....</b>	<b>40</b>
<b>FIGURA 26. IRI PROMEDIO PARA LAS VÍAS ANALIZADAS EN CAÑAS.....</b>	<b>41</b>
<b>FIGURA 27. PORCENTAJE DE METROS LINEALES, CLASIFICADOS SEGÚN EL IRI PROMEDIO.....</b>	<b>42</b>
<b>FIGURA 28. PORCENTAJE DE TRAMOS HOMOGÉNEOS, CLASIFICADOS SEGÚN EL IRI PROMEDIO.....</b>	<b>42</b>



<b>FIGURA 29.</b> NOTAS DE CALIDAD PARA LOS DIFERENTES TRAMOS HOMOGÉNEOS ANALIZADOS EN CAÑAS.....	48
<b>FIGURA 30.</b> DISTRIBUCIÓN DE LAS DIFERENTES NOTAS DE CALIDAD ASIGNADAS. .	49
<b>FIGURA 31.</b> TIPO DE INTERVENCIÓN RECOMENDADA PARA CADA NOTA DE CALIDAD. .....	51
<b>FIGURA 32.</b> TIPO DE INTERVENCIÓN REQUERIDA PARA CADA TRAMO EVALUADO EN CAÑAS. ....	53
<b>FIGURA 33.</b> CUADRANTES CENTRALES CAÑAS, TRAMO HOMOGÉNEO 3. ....	54
<b>FIGURA 34.</b> CUADRANTES CENTRALES CAÑAS, EJEMPLO DE PAVIMENTO EXUDADO, TRAMO HOMOGÉNEO 13. ....	55
<b>FIGURA 35.</b> DISTRIBUCIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN LAS NOTAS DE CALIDAD ASIGNADAS.....	56
<b>FIGURA 36.</b> TRAMO 27, EJEMPLO RECUPERACIÓN DE LA CONDICIÓN FUNCIONAL (IRI). ....	57





## 1 ANTECEDENTES

La ley No. 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributaria, asigna a la Universidad de Costa Rica, por intermedio del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), la responsabilidad de velar por la calidad y la eficiencia de la inversión pública destinada a conservar y desarrollar la red vial nacional. Con este propósito, el LanammeUCR realiza tareas de fiscalización, evaluación, investigación y transferencia de tecnología.

La ley No. 8603 reformó el artículo 6 de la ley No. 8114 con el siguiente texto: “Con la finalidad de garantizar la calidad de la red vial cantonal y en lo que razonablemente sea aplicable, las municipalidades y la Universidad de Costa Rica, por intermedio del Lanamme, podrán celebrar convenios que les permita realizar, en la circunscripción territorial municipal, tareas equivalentes a las establecidas en los incisos anteriores (La Gaceta 196, 2007).”

La Municipalidad de Cañas solicitó el apoyo técnico del LanammeUCR para elaborar el Plan Quinquenal de Conservación de la Red Vial Cantonal; con el propósito de unir esfuerzos para lograr objetivos comunes, la Municipalidad de Cañas y la Universidad de Costa Rica convienen en suscribir un Convenio Marco, que presenta las siguientes actividades principales.

### 1.1 Asesoría técnica

El LanammeUCR brindará asesoría técnica a la Municipalidad para realizar las siguientes actividades:

1. Evaluar la operación y uso de la red vial cantonal del casco central del cantón de Cañas.
2. Evaluar la condición superficial y estructural de los pavimentos existentes.
3. Desarrollar e implementar una metodología para clasificar y priorizar la RVC.
4. Definir políticas y normas de ejecución para conservar la RVC.
5. Definir y diseñar las intervenciones técnicas de los proyectos a ejecutar.
6. Elaborar un plan de inversiones para implementar el plan de conservación.
7. Definir indicadores de evaluación del cumplimiento del plan de conservación.



## 1.2 Capacitación

LanammeUCR brindará capacitación a los funcionarios municipales y líderes comunales involucrados en el desarrollo e implementación del plan quinquenal de conservación de la red vial Cantonal.

## 1.3 Venta de servicios

LanammeUCR realizará recolección de muestras y ensayos de campo y laboratorio, para conocer y evaluar los pavimentos que conforman la Red Vial Cantonal del casco central de Cañas.

## 1.4 Recursos financieros

La Municipalidad asignará un monto específico de recursos monetarios para realizar ensayos de laboratorio y campo, necesarios para generar un diagnóstico técnico del estado de la red en estudio.

Para desarrollar las actividades específicas de Asesoría Técnica, Capacitación y Venta de Servicios, las partes suscribirán Acuerdos de Implementación; en donde se especificarán las actividades a realizar, los productos a obtener, y los recursos humanos y financieros requeridos. Estos Acuerdos de Implementación serán aprobados por los responsables, asignados por las partes para la implementación de esta Carta de Entendimiento.

## 1.5 Ley 8114: Reglamento sobre el Manejo, Normalización y Responsabilidad para la Inversión Pública en la Red Vial Cantonal

Este reglamento regula el uso de los fondos asignados por la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria en cuanto a la inversión pública en la red vial cantonal. El reglamento establece las distintas funciones que debe desempeñar la Unidad Técnica de Gestión Vial Cantonal (UTGVC).

En el Artículo 14 se estipulan las funciones que debe cumplir la UTGVC. Una de las principales funciones con las que debe cumplir es elaborar y ejecutar los planes y programas de conservación y de desarrollo vial, dichos planes deben considerar criterios técnicos para priorizar los caminos a intervenir.



Además debe realizar y actualizar el inventario de la red vial del cantón y elaborar un expediente de caminos en donde se detalle la fecha, el tipo y el costo de la intervención. Así mismo, es necesario establecer un programa de verificación de calidad que garantice el uso eficiente de los recursos, por lo que es necesario evaluar la condición de la red de manera periódica con el fin de verificar el desempeño de las intervenciones realizadas al transcurrir el tiempo.

## 2 PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL

### 2.1 Importancia

La infraestructura vial está conformada por todos aquellos elementos que facilitan el desplazamiento de los vehículos de un punto a otro de una manera segura y confortable. Entre los elementos que la conforman se encuentran los pavimentos, puentes, la señalización vertical y horizontal, taludes, terraplenes, túneles, dispositivos de seguridad tales como barreras de contención, drenajes, espaldón, entre otros. Todos estos elementos conforman la red vial, la cual debe ser capaz de permitir un servicio de transporte con un nivel adecuado, eficiente y eficaz para sus usuarios.

Un sistema de administración de infraestructura vial contempla la administración adecuada de los recursos económicos y humanos disponibles, de manera que estos sean optimizados para conservar y rehabilitar cada uno de sus componentes, procurando que funcionen como un conjunto armónico en función del usuario, lo cual propicia el desarrollo económico y social de la región en la que se encuentra.

La conservación de las vías se enfoca en dos objetivos fundamentales. El primero de ellos se relaciona con el servicio que se le brinda a los usuarios de la red, brindando una circulación confortable, segura y fluida, disminuyendo con esto los costos de transporte, así como los tiempos de viaje. Por otro lado la conservación y mejoramiento del patrimonio vial que forma parte de los activos públicos del Estado.

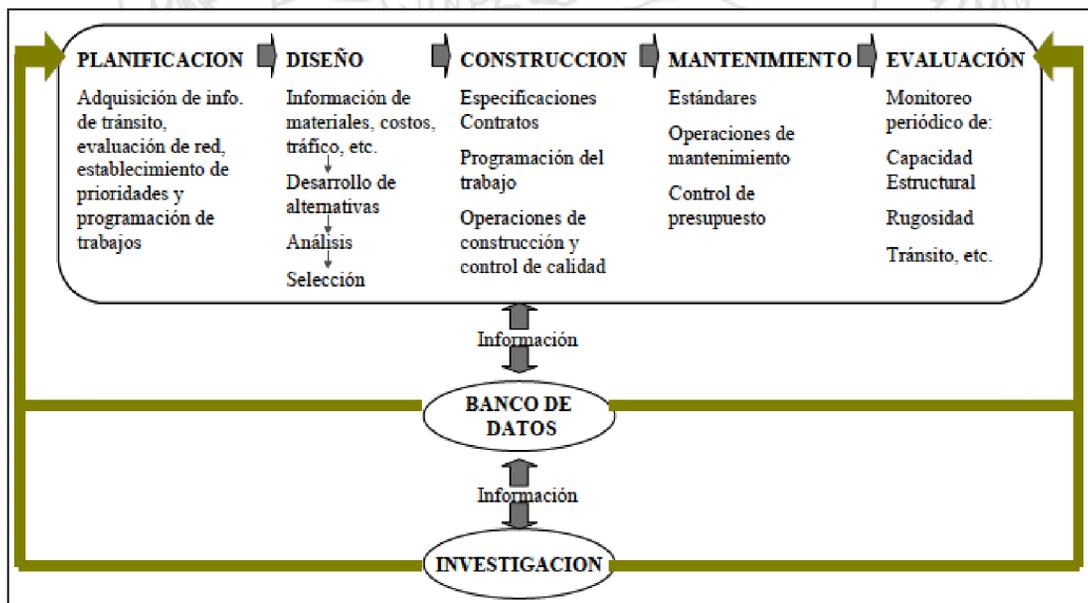
La importancia del tema se enfoca en maximizar los beneficios obtenidos al invertir en la red cantonal de la Municipalidad de Cañas, proporcionando políticas de inversión para la rehabilitación y el mantenimiento de sus rutas basándose en fundamentos técnicos, de manera que se dé una recuperación sostenible a mediano plazo.

## 2.2 Sistema de administración de pavimentos (SAP)

Parte fundamental de un sistema de administración de infraestructura son los pavimentos, pues es sobre su capa de rodadura donde diversos medios de transporte se desplazan. A los pavimentos se les asocia la mayor parte de los costos de usuario y es uno de los elementos de la infraestructura que más recursos económicos y financieros demandan para su construcción, así como para su mantenimiento o rehabilitación. De manera general, los pavimentos y carreteras deben ofrecer comodidad de viaje a los vehículos, economía en su operación y seguridad ante accidentes, para lo cual la municipalidad debe establecer planes y desarrollar proyectos de conservación y mejoramiento de sus vías de forma preventiva y garantizando un nivel de servicio adecuado de forma continua.

Cabe destacar que a través de la aplicación del SAP se disminuye la incertidumbre de la inversión, ya que las decisiones se basan en estudios técnicos que permiten guiar de una mejor manera las inversiones, con el fin de dar un mejor aprovechamiento y rentabilidad de los recursos disponibles.

Un sistema de gestión de pavimentos presenta una estructura general que se compone por cinco etapas bien definidas: planificación, diseño, construcción, mantenimiento y evaluación, las cuales son descritas en la Figura 1.



**Figura 1.** Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos.  
Fuente: Haas, 1993.



La gestión de pavimentos debe ser utilizable por el organismo a cargo de la conservación de caminos y contribuir a la toma de decisiones respecto de los proyectos individuales.

Por otra parte, la utilización de un adecuado sistema de gestión sobre los caminos permitirá obtener el óptimo rendimiento de los recursos invertidos, valorando para tal efecto los diversos costos involucrados. Para aplicar de manera eficaz un sistema de gestión es necesario que el mismo cuente con ciertos requerimientos esenciales:

- Capacidad de ser fácilmente utilizado, posibilitando agregar y actualizar datos y modificarlo con nueva información de manera sencilla.
- Capacidad de considerar estrategias alternativas dentro de la evaluación.
- Capacidad de identificar la estrategia o alternativa óptima.
- Capacidad de basar sus decisiones en procedimientos racionales, con atributos, criterios y restricciones cuantificables.
- Capacidad de utilizar la información para la retroalimentación del sistema y llevar un control del cambio en las condiciones de la red.

Los pavimentos son estructuras complejas que se ven afectadas por diferentes variables: frecuencia (cantidad de vehículos que circulan en un periodo de tiempo determinado) y peso de vehículos que soportan, solicitudes de medio ambiente, materiales usados y formas de construcción, mantenimiento, etc. Es importante entender claramente los factores técnicos y económicos que involucran su construcción, explotación y mantención con el fin de poder hacer una apropiada gestión de pavimentos.

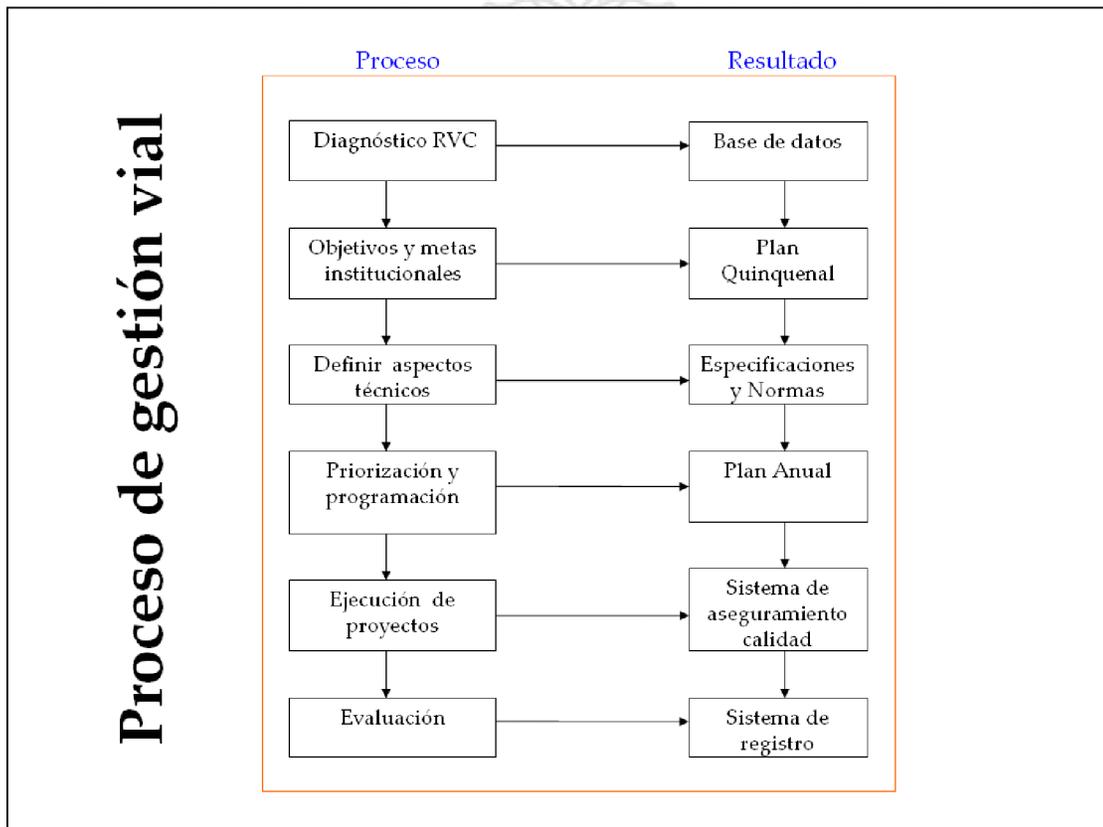
El crecimiento de la población, el aumento de la cantidad de vehículos y el incremento de actividad económica generan mayores cantidades de flujo vehicular y tránsito pesado viajando por las carreteras, lo cual impone mayores pesos y cargas sobre las estructuras de pavimentos, por lo que la generación y aplicación del SAP se torna cada vez más importante. Cabe destacar que el SAP no debe limitarse solamente a la conservación vial, sino que hay que definir proyectos de mejoramiento, refuerzo, rehabilitación y ampliación de carreteras.

El comienzo de una gestión integral de los elementos de la infraestructura vial puede iniciar con un elemento fundamental y de particular importancia, en este caso en particular: el pavimento, pero en forma progresiva debe aplicarse herramientas que permitan gestionar la

conservación e incorporar los demás elementos (Ej. alcantarillado, puentes, señalización, etc.) que provean al usuario de una operación segura y de bajo costo (De Solminihac, 1998).

### 2.3 Proceso de Gestión de Infraestructura Vial Municipal

Para establecer un sistema de gestión vial es necesario delimitar todas sus fases y destacar de manera adecuada los productos asociados a cada una de ellas, el siguiente esquema muestra el proceso de gestión vial en el ámbito municipal.



**Figura 2.** Esquema de proceso de gestión vial.

Fuente: LanammeUCR, 2008.

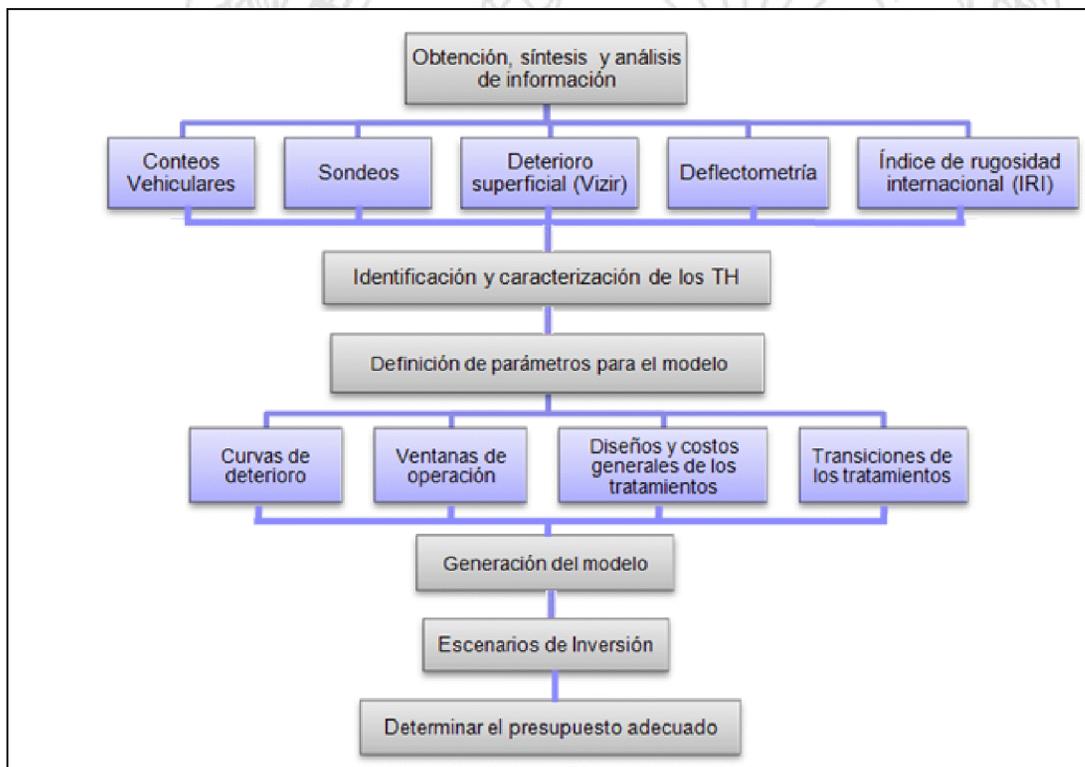
Se elabora el diagnóstico de la Red Vial Cantonal (RVC), el producto principal es la base de datos del diagnóstico, lo que permite determinar el estado actual de la red, insumo necesario para establecer políticas de priorización y planes de conservación y rehabilitación de las vías del cantón.

En los sistemas de gestión de infraestructura vial, también conocidos como sistemas de administración de pavimentos, funcionan distintos niveles dependiendo del detalle:

- Nivel estratégico: planes globales a realizarse a largo plazo (20 años). Permiten maximizar los recursos.
- Nivel táctico: planes que priorizan los proyectos por realizar a mediano plazo (4 ó 5 años).
- Nivel operativo: se enfoca en el diseño de los proyectos por ejecutar en el año siguiente.

## 2.4 Esquema Metodológico

A continuación se presenta el esquema metodológico implementado para determinar el diagnóstico de la RVC y obtener, a partir de los datos generados por el diagnóstico, diferentes escenarios de inversión, acorde con las posibilidades financieras del municipio.



**Figura 3.** Esquema metodológico.

Fuente: López, 2009.



### 3 DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL DE CAÑAS

#### 3.1 Objetivo

Realizar una evaluación de la RVC de Cañas, para obtener una base de datos con diferentes características técnicas de la infraestructura vial de la red, que sirva de insumo para desarrollar un plan quinquenal de conservación en la RVC de Cañas.

#### 3.2 Actividades

Las actividades para realizar el diagnóstico de la RVC se compone de diferentes actividades con productos asociados:

1. Clasificación de la red vial cantonal (RVC).
2. Determinar tránsito (TPD) y clasificación vehicular.
3. Identificar condición funcional.
4. Identificar condición estructural.
5. Caracterizar la estructura del pavimento.
6. Definir tramos homogéneos.

##### 3.2.1 Clasificación de la RVC

Para evaluar el uso y operación de la RVC y se categorizar las rutas según su función e importancia, las vías se dividen en las siguientes categorías:

- RVN: Rutas nacionales (Red Vial Nacional).
- Rutas de travesía: Unen dos secciones de RVN.
- RVC primaria: Brindan movilidad dentro de la ciudad.
- RVC secundaria: Colectoras, conectan vías primarias y terciarias.
- RVC terciaria: Brindan acceso a propiedades y casas.

La clasificación se determina con la experiencia de la Unidad Técnica de Gestión Vial (UTGV) de la Municipalidad y la asesoría que ofrece el Lanamme acerca del tema. Para este estudio no se cuenta con una jerarquización de rutas, por lo tanto para realizar el análisis se asume que todas las rutas definidas como principales poseen el mismo nivel jerárquico. Es importante que los miembros de UTGV realicen una revisión de la condición funcional de la



RVC, para así poder separar las diferentes rutas por nivel jerárquico en función del tránsito vehicular y la importancia dentro de la RVC de Cañas.

### 3.2.2 Tránsito promedio diario (TPD)

Para el planeamiento de la inversión a realizar sobre las diferentes vías es fundamental conocer las principales características del tránsito, tanto en cantidad como tipo de vehículos que circulan sobre la red vial cantonal. Datos actualizados del tráfico permiten establecer la demanda vehicular de las diferentes rutas, la cual está estrechamente relacionada con el diseño de la estructura del pavimento necesaria o con la aplicación de medidas correctoras para el refuerzo o mantenimiento oportuno. Por ésta razón se recomienda medir el tránsito al menos cada año en puntos estratégicos de la red para conocer la tasa de crecimiento anual de la red en estudio, lo que es una herramienta fundamental para una adecuada gestión vial.

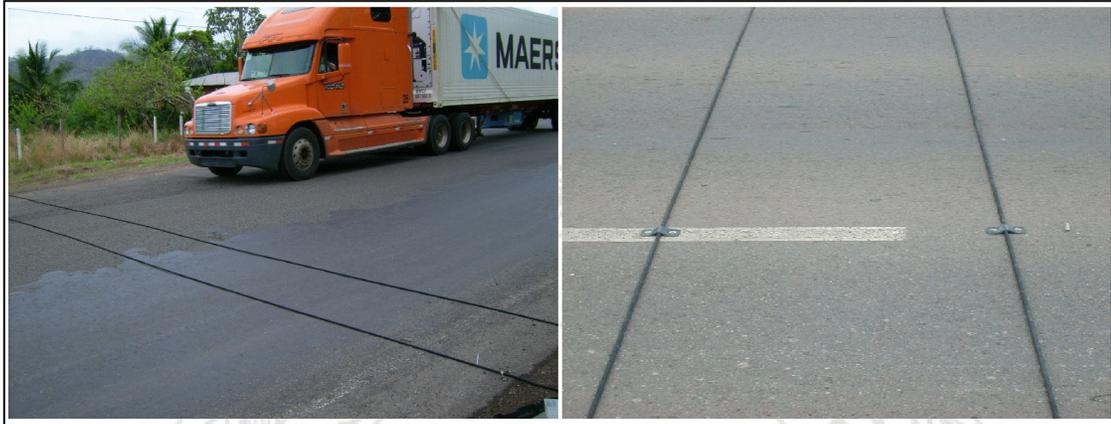
Para determinar el TPD se realizaron 15 conteos vehiculares en el casco central de Cañas. El propósito de los conteos de tránsito es conocer la cantidad y tipos de vehículos que transitan por la RVC. La UTGV de la Municipalidad de Cañas fue responsable de realizar éstos conteos, los cuales suministran información indispensable para la realización de un correcto diagnóstico de la red vial.

Los conteos vehiculares se realizan sobre sitios representativos de la red vial, principalmente sobre los puntos de mayor tránsito en la zona de estudio. Los conteos vehiculares se realizaron por parte del personal de la UTGV de Cañas utilizando el equipo de MetroCount, facilitado por el LanammeUCR, después de recibir la respectiva capacitación. Algunos aspectos que se deben considerar al realizar conteos de tránsito son:

- Realizar los conteos durante periodos de tránsito normal, nunca en vacaciones o feriados.
- Deben realizarse en días laborales (lunes a viernes). Preferiblemente martes, miércoles o jueves para evitar el efecto fin de semana.
- Realizar conteos de 25 horas, para tomar en cuenta ambos periodos de hora pico en los conteos, y facilitar el análisis para cálculos del TPDA (Tránsito promedio diaria anual).
- Escoger los sitios de mayor flujo vehicular de la calle o tramo a evaluar.

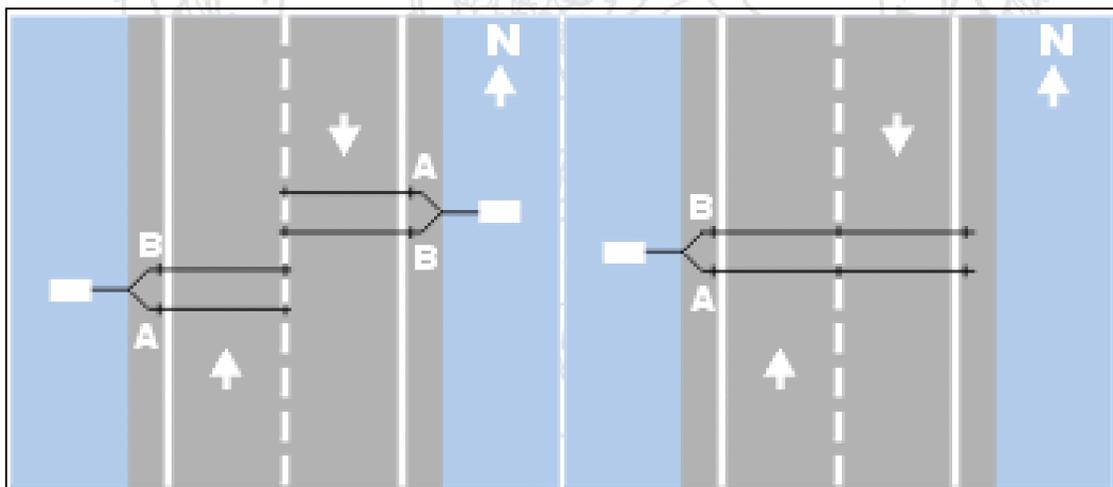


Se presentan dos figuras de los contadores automáticos colocados en las vías, y las configuraciones recomendadas en campo para la clasificación vehicular.



**Figura 4.** Cables y contadores automáticos en sitio.

Fuente: LanammeUCR, 2008.

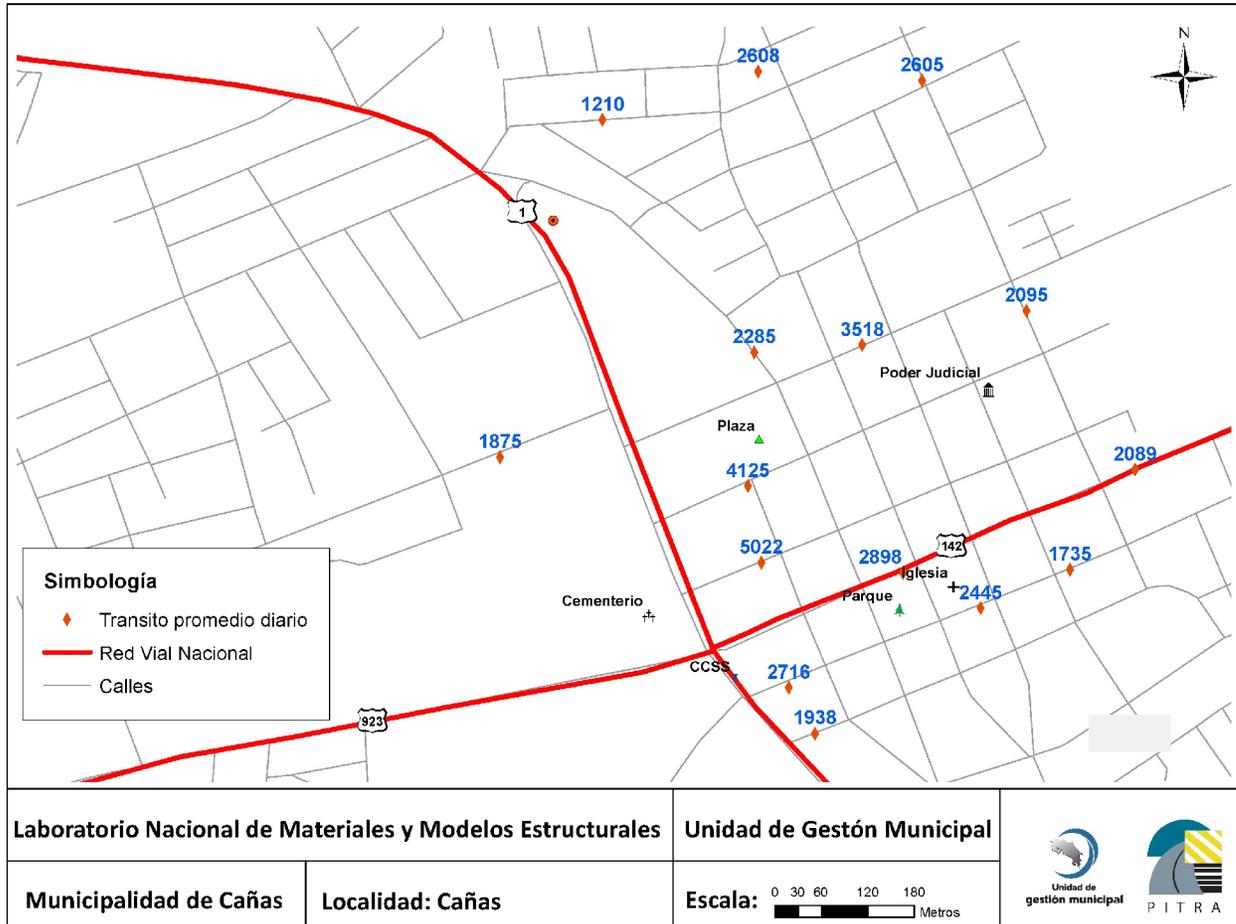


**Figura 5.** Configuración de los contadores.

Fuente: LanammeUCR, 2008.

El esquema de la izquierda en la Figura 5 muestra la configuración ideal, el de la derecha muestra una configuración más simple pero que resulta en pérdida de precisión.

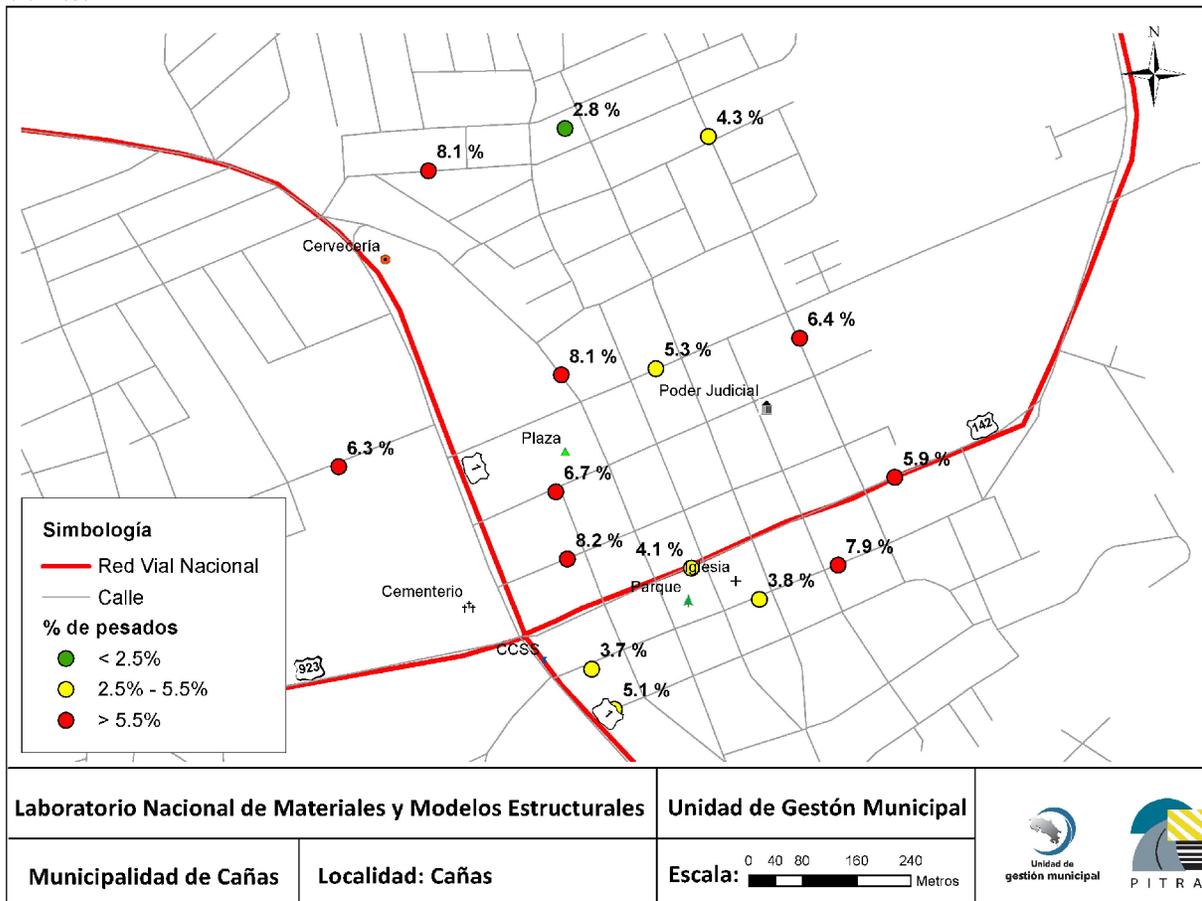
En la siguiente figura se presentan los sitios donde se realizaron los conteos en la localidad Cañas. Para los conteos realizados el flujo vehicular registrado en 14 de los 15 conteos es inferior a los 5000 vehículos por día, el detalle de estos conteos puede ser consultado en el Anexo 1.



**Figura 6.** Volumen vehicular diario localidad de Cañas.

Fuente: LanammeUCR, 2012 (Información recopilada por UTGV Cañas).

Además de la cantidad de vehículos que circulan diariamente en las vías, es importante conocer la cantidad de vehículos pesados, pues este tipo de vehículos ejercen un mayor desgaste del pavimento, con respecto a los vehículos livianos. Los porcentajes de vehículos pesados pueden observarse en la siguiente figura, donde el porcentaje de pesados va desde el 2,8% hasta valores altos como 8,1%.



**Figura 7.** Porcentaje de vehículos pesados en la localidad de Cañas.  
Fuente: LanammeUCR, 2012.

### 3.2.3 Evaluar condición funcional

La condición funcional se refiere a la capacidad de la vía para cumplir la función de proporcionar servicio a los usuarios, con respecto a funcionalidad, se puede evaluar de diferentes maneras, a continuación se presentan 3 de ellas.

1. Deterioro Superficial (VIZIR).
2. Índice de Rugosidad Internacional (IRI).
3. PCI (Manual de Auscultación Visual).

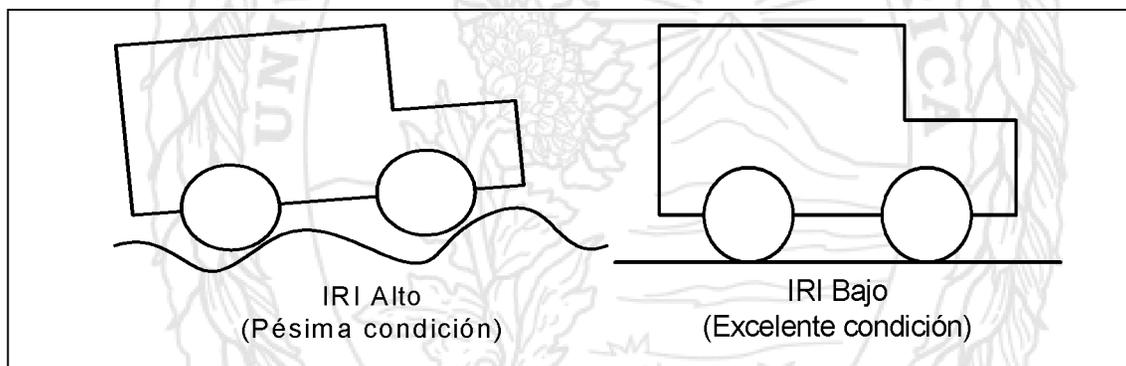
En este estudio se detalla la evaluación de la condición superficial mediante la variable de IRI, esta da una visión amplia del estado funcional para realizar una evaluación a nivel de red, también se realizaron evaluaciones por parte del Municipio utilizando la metodología

Vizir, estas valoraciones abarcan una distancia menor y pueden ser consultadas en el Anexo 2.

### 3.2.3.1 Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

El IRI es utilizado en muchos países como parámetro de aceptación de obras así como para la gestión de pavimentos. Este índice está relacionado con los costos de operación de los vehículos y la vida útil de los pavimentos.

El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie del camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la regularidad de un camino en un auto de pasajeros típico, está definido por el valor de referencia de la pendiente promedio rectificadas (RARS80) producto de la simulación del modelo de cuarto de carro, (RQCS), para una velocidad de desplazamiento de 80 km/h. El IRI aumenta conforme la rugosidad aumenta, como se representa en la Figura 8.



**Figura 8.** Representación física del Índice de Rugosidad Superficial.

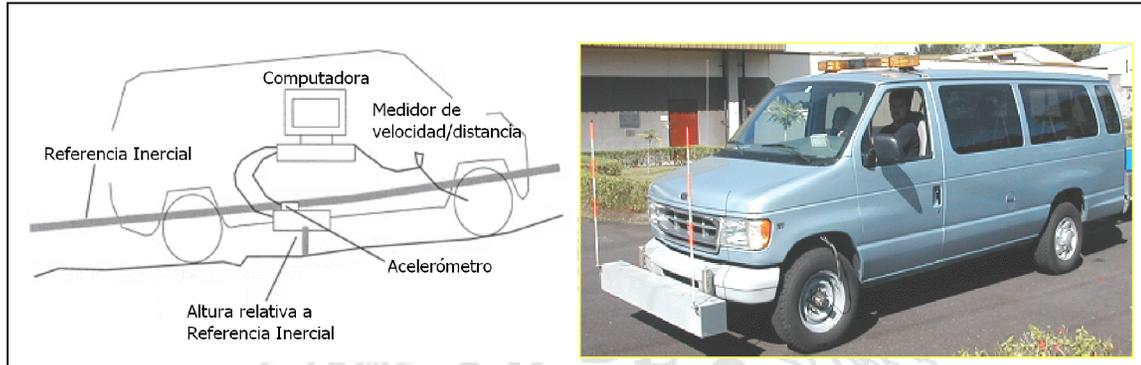
Fuente: LanammeUCR, 2008.

El IRI puede ser calculado sobre cualquier longitud de camino. Para ser precisos se debe especificar la longitud para la cual se determina dicho valor, ya que el IRI es el valor medio de los IRI unitarios.

El equipo utilizado para la medición del IRI es del tipo Perfilómetro Inercial Laser. Estos son equipos de alto rendimiento que producen medidas automáticas y de alta calidad del perfil del camino. Las mediciones son independientes de cualquier variación en el peso y velocidad del vehículo, temperatura, color y textura del pavimento.



El equipo Perfilómetro Inercial Láser propiedad del LanammeUCR mide la distancia del suelo al vehículo con un medidor láser ubicado en la parte de adelante del vehículo. A continuación se muestra un esquema del funcionamiento del equipo y una imagen del equipo.



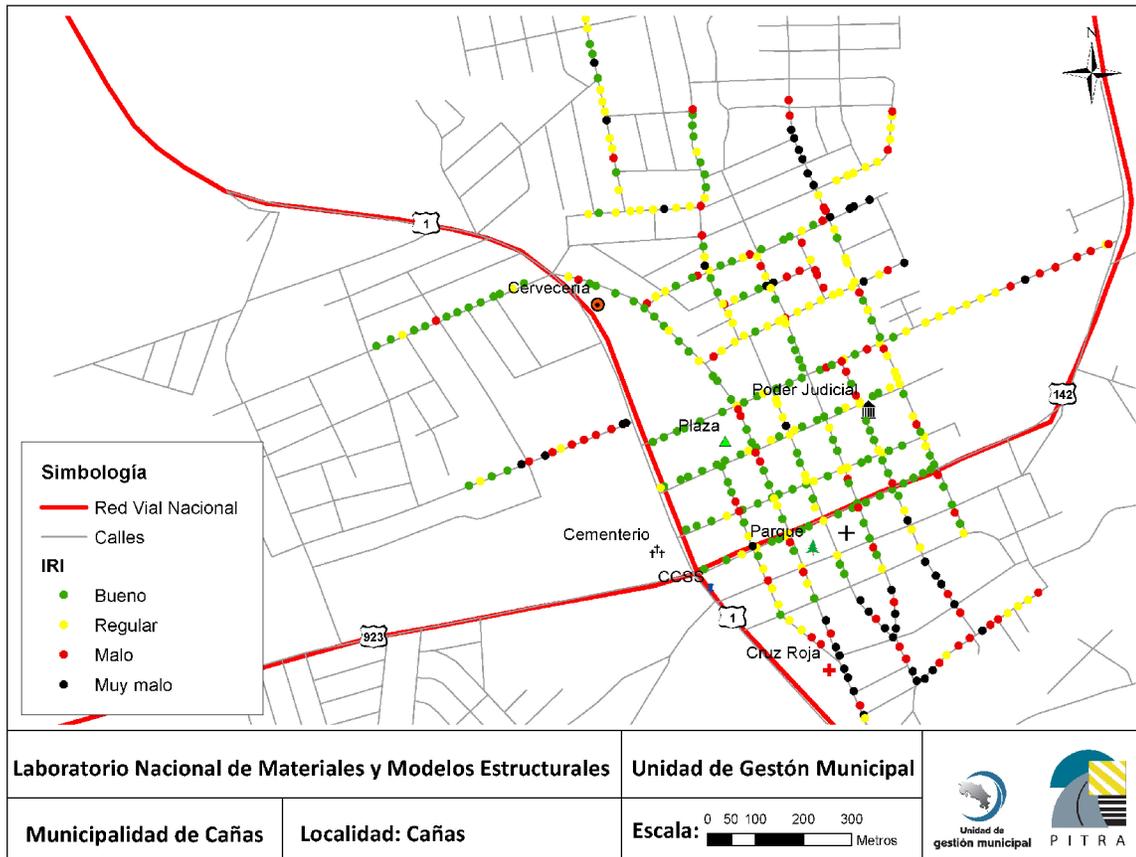
**Figura 9.** Perfilómetro Inercial Láser.

Fuente: LanammeUCR, 2008.

El IRI se midió sobre la red vial pavimentada a cada 25 metros, esta evaluación se realizó con el Perfilómetro Inercial Láser del LanammeUCR, en el mes de Junio del 2010 abarcando todas las rutas contempladas en el convenio, sobre una longitud aproximada de 11,5 km, en la Figura 10 se muestran estas mediciones. Con el fin de clasificar la RVC en función de IRI se utiliza la siguiente simbología.

**Tabla 1.** Clasificación de la condición superficial según valores de IRI.

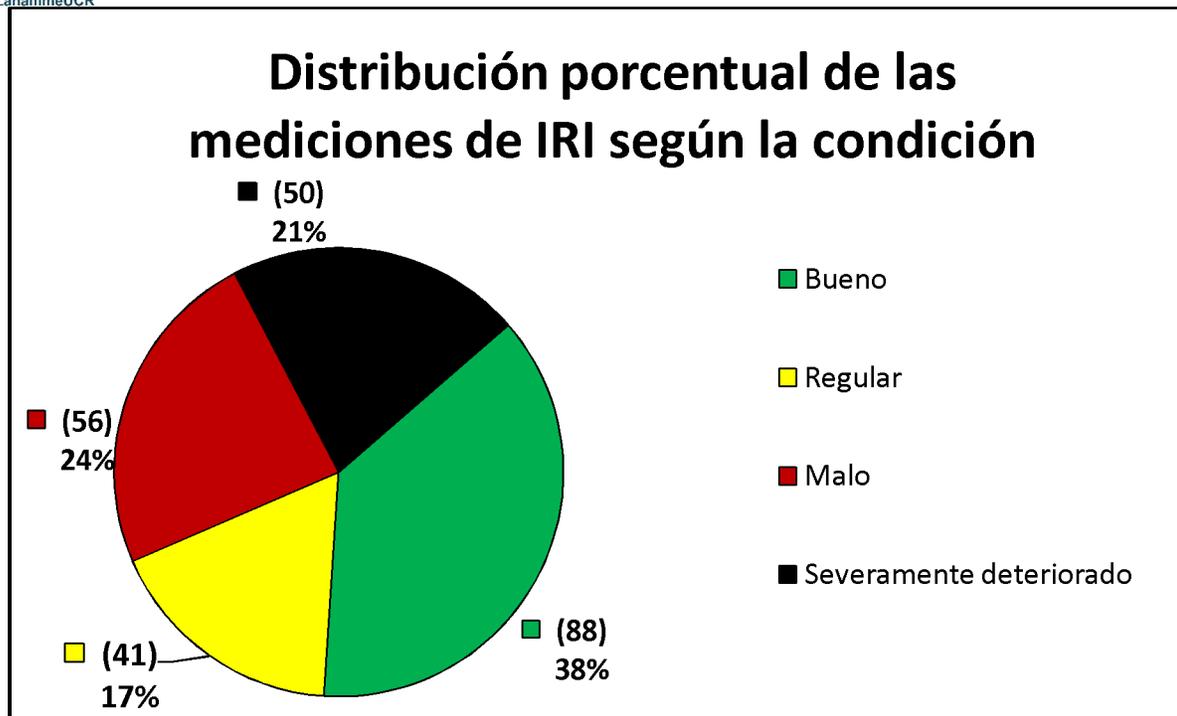
Rango	Condición
< 3,6 m/km	Bueno
3,6-6,4 m/km	Regular
6,4-10 m/km	Malo
> 10 m/km	Muy malo



**Figura 10.** Condición del IRI para las mediciones realizadas.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

En la Figura 11 se observan los porcentajes asociados a cada condición, según las mediciones de IRI en la localidad de Cañas. En las mediciones realizadas cerca del 29% presenta valores de IRI superior a 6,4 m/km, lo cual indica que es una superficie de ruedo con bajo nivel de confort y con altos gastos de operación para los vehículos que la transitan. Además, un 38% de las mediciones realizadas se pueden clasificar en condiciones buenas de regularidad superficial (menores a 3,6 m/km) mientras que un 33% de las mediciones corresponden a una condición regular.



El valor entre paréntesis corresponde a al total de mediciones en la correspondiente condición.

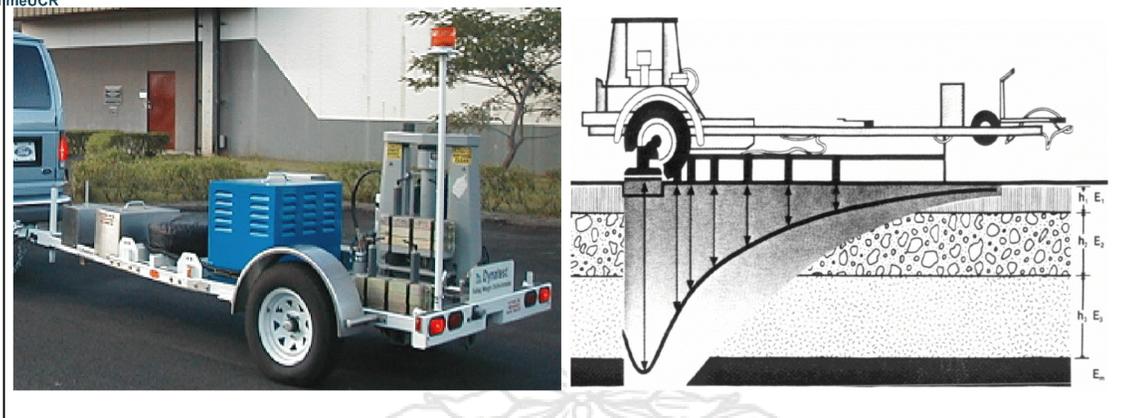
**Figura 11.** Distribución porcentual de las mediciones de IRI según la condición.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

#### 3.2.4 *Evaluar condición estructural*

En ésta sección se mencionan los procedimientos necesarios para determinar la capacidad estructural de un pavimento. La misma está directamente relacionada con la respuesta ante las cargas a las que se ve expuesto el pavimento. Menores deflexiones implican mayor capacidad del pavimento ante las cargas.

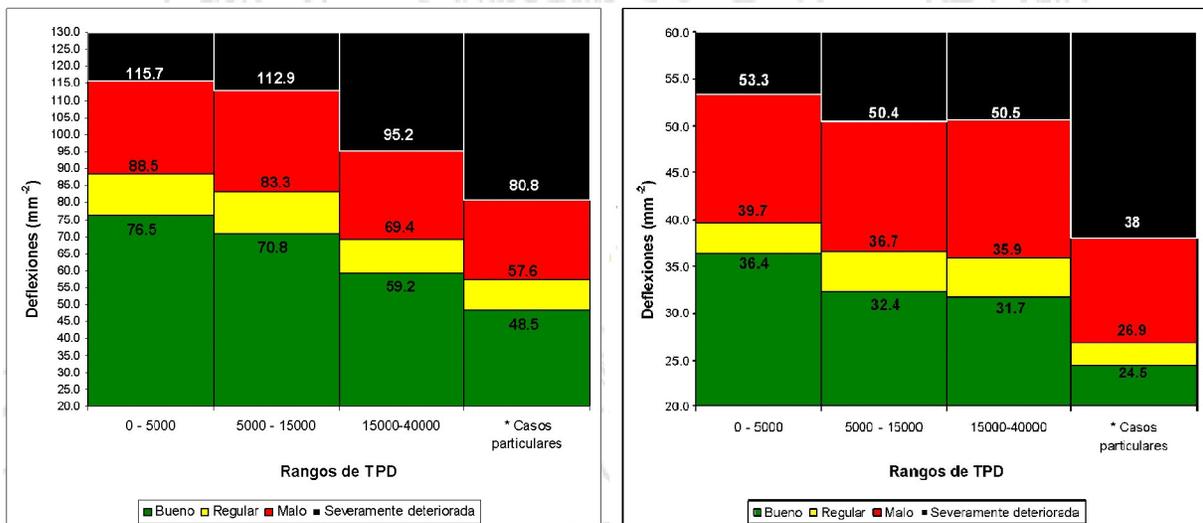
Las mediciones se realizaron con el equipo Deflectómetro de Impacto (FWD, por sus siglas en inglés), tomando mediciones cada 50 metros durante el mes de Junio del 2010. El procedimiento consiste en dejar caer una carga de impacto estándar sobre el pavimento y medir las deflexiones en nueve puntos, con diferentes distancias con respecto al punto donde se aplicó la carga. A continuación se muestran dos imágenes con el equipo de medición y el modo en que se registran las deflexiones que se registran.



**Figura 12.** Equipo de deflectometría de impacto.

Fuente: LanammeUCR, 2008.

La clasificación utilizada para categorizar los resultados obtenidos de deflectometría son tomados a partir de un estudio realizado por LanammeUCR, en el cual se determinaron rangos para las diferentes deflexiones asociadas a distintas categorías de TPD y dependientes del tipo de base (granular o estabilizada con cemento) que compone la estructura del pavimento. En la Figura 13 se presentan los rangos de deflectometría esperados para una estructura de pavimento con base granular y estabilizada.

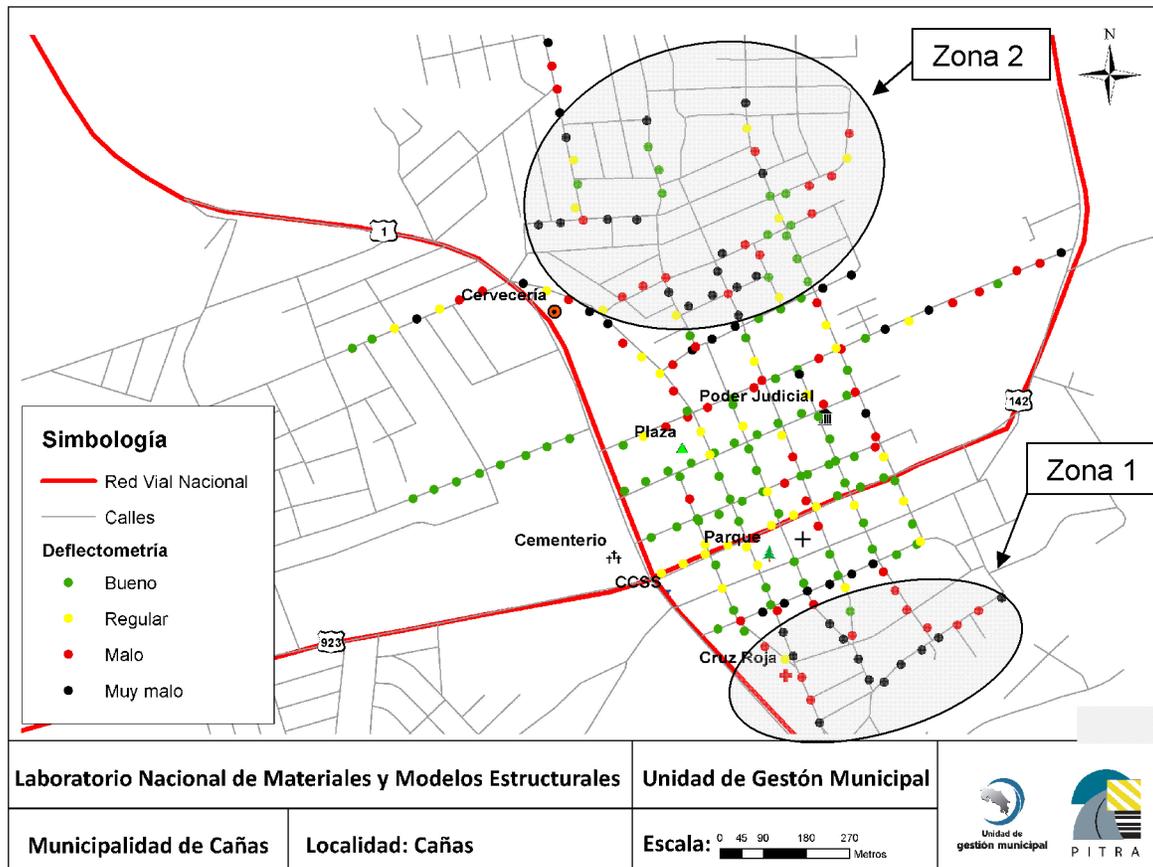


**Figura 13.** Condición del pavimento a partir de deflectometría y TPD para bases granulares (izquierda) y estabilizadas (derecha).

Fuente: LanammeUCR, 2008.



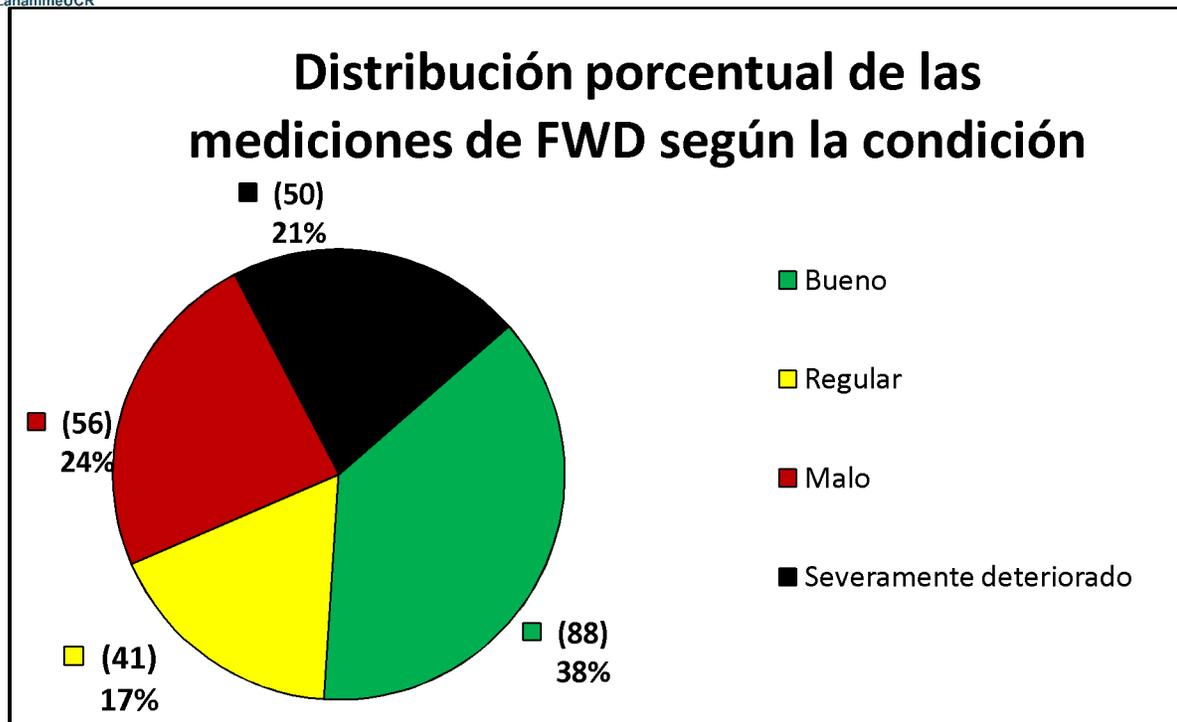
En la Figura 14 se puede observar los diferentes puntos de medición con la respectiva clasificación, las mediciones más deficientes se hallaron hacia el sector sur y norte de los cuadrantes centrales de Cañas, identificados como zona 1 y zona 2 respectivamente en la Figura 14.



**Figura 14.** Condición del FWD para las mediciones realizadas en Junio del 2010.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

El detalle de la distribución porcentual de las mediciones se puede observar en la Figura 15, donde un 38% de las mediciones realizadas indican una buena condición estructural, por otra parte un 45% de las mediciones corresponden a una condición malo o muy mala y un 17% se encuentra en una condición regular.



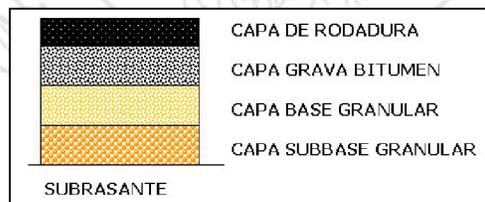
El valor entre paréntesis corresponde a al total de mediciones en la correspondiente condición.

**Figura 15.** Distribución porcentual de las mediciones de FWD según la condición.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

### 3.2.5 Caracterizar la estructura del pavimento

En esta sección se realiza un análisis de la estructura y el tipo materiales que componen el pavimento. La Figura 16 muestra un ejemplo de la estructura de un pavimento; en Costa Rica sin embargo frecuentemente no se cuenta con la capa grava bitumen (base estabilizada).



**Figura 16.** Ejemplo de estructura de pavimento.



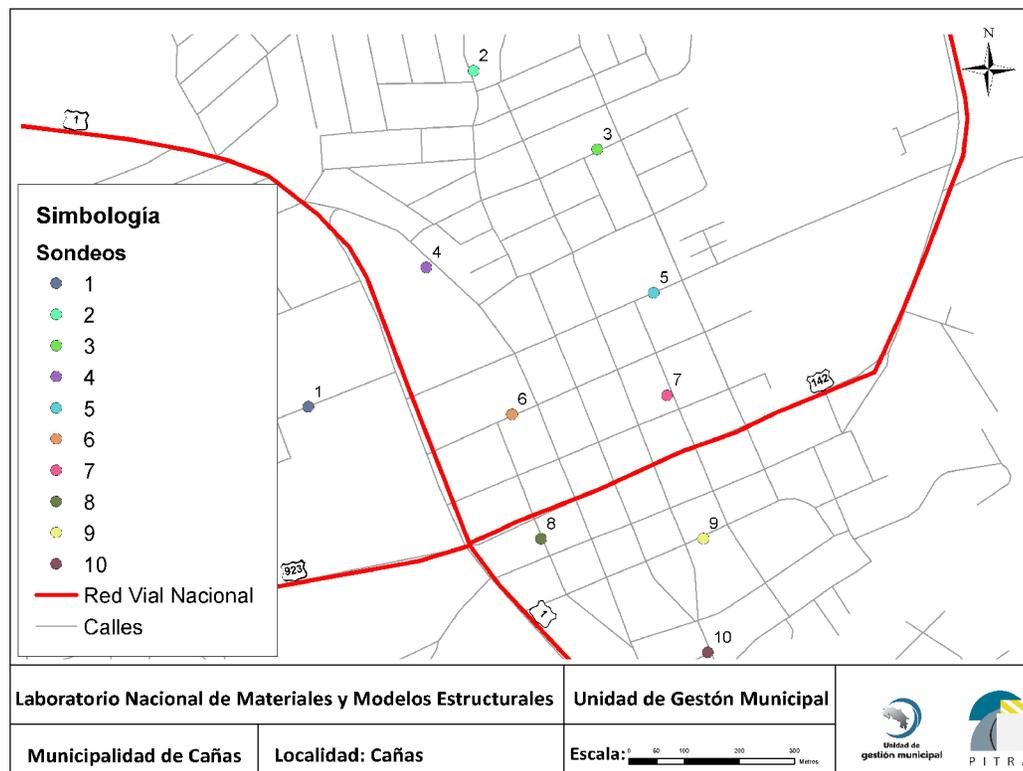
La caracterización consiste en diversos ensayos de laboratorio y ensayos en campo, donde resultados se dividen en tres grupos:

1. Estructura del pavimento.
2. Caracterización de la sub-rasante
3. Clasificación de sub-rasante según CBR.

### 3.2.5.1 Estructura del pavimento

Se realizan excavaciones para determinar los espesores de las capas del pavimento: carpeta, base, sub-base y características de la sub-rasante.

Las excavaciones se realizan en puntos estratégicos tomando en cuenta la clasificación de las vías del cantón y la deflectometría, considerando además las vías principales de la RVC. La Tabla 2 muestra los datos obtenidos por el LanammeUCR a partir de los sondeos realizados, además en la siguiente figura se observa la ubicación de los sondeos.



**Figura 17.** Ubicación de los sondeos realizados en la localidad de Cañas.  
Fuente: LanammeUCR, 2012.



**Tabla 2.** Espesores de las capas del pavimento según los sondeos realizados.

Sondeo	CA	BE	BG	SB	Otro
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1	6	0	24	61,3	0
2	10	0	10	25	0
3	8	0	8,5	0	17
4	5**	0	9	40	0
5	8	0	26	0	0
6	10,5	0	30	0	6,5
7	8,4	0	18	0	20
8	7,5	0	29,5	0	0
9	7,6	0	30	0	0
10	9,5	0	21	0	0

\*\*Este valor no se encuentra registrado en el informe I-1012-10, pero fue extraído del registro fotográfico, por lo que es un dato aproximado.

La nomenclatura utilizada en los encabezados se describe a continuación:

CA: Capa asfáltica, tratamiento superficial o carpeta asfáltica.

BE: Base estabilizada.

BG: Base granular.

SB: Sub-base.

### 3.2.5.2 Caracterización de la sub-rasante

Se realizaron ensayos de laboratorio para conocer las características de la sub-rasante que componen la estructura del pavimento. Entre las pruebas realizadas a los materiales de las capas inferiores, se incluyen:

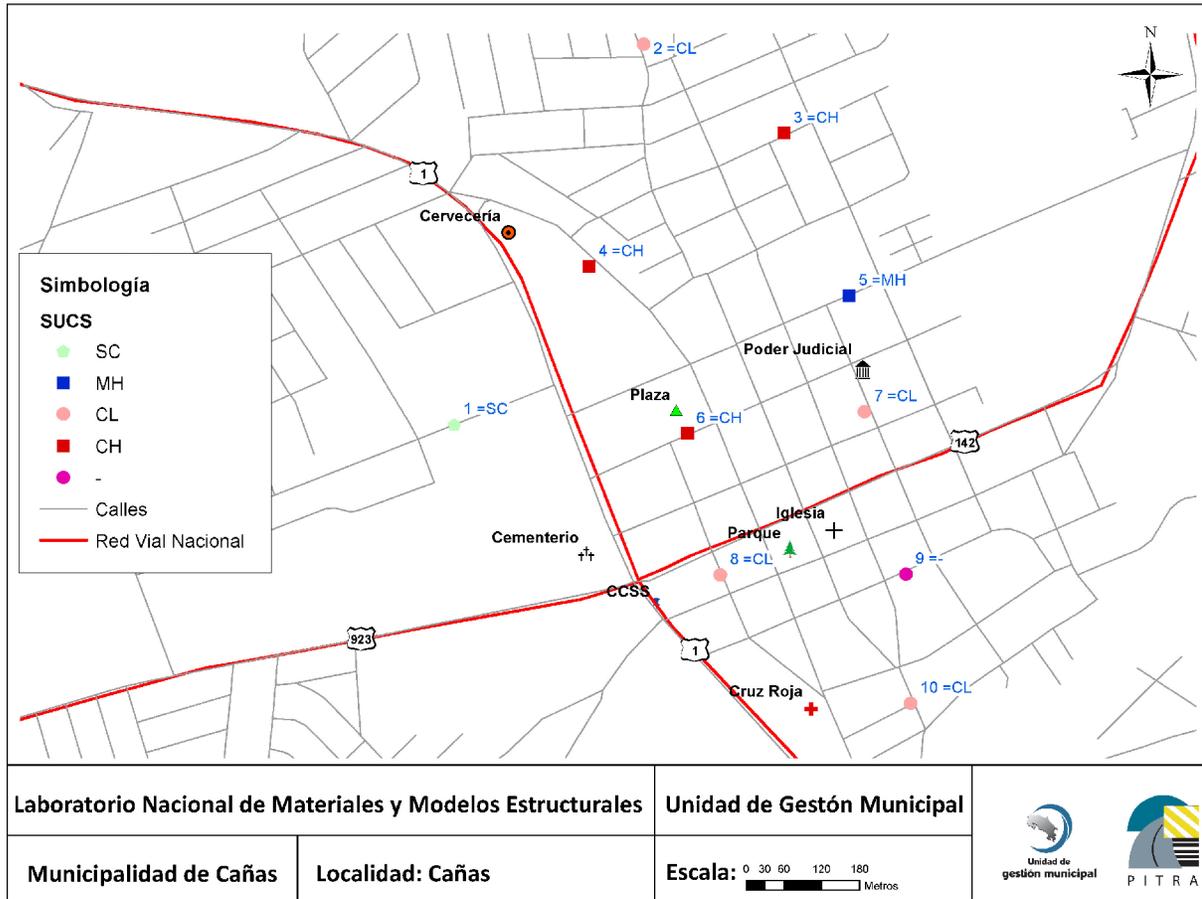
- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Gravedad Específica

El objetivo es caracterizar la sub-rasante que compone la estructura del pavimento con mayor detalle, con el fin de poder tomar decisiones a futuro sobre las intervenciones a nivel de proyecto en los diferentes tramos de la Red Vial Cantonal.

A partir de los datos generados en el laboratorio, referentes a la granulometría y a los límites de consistencia, se clasificó la sub-rasante según el sistema de clasificación del SUCS. A continuación se presenta la simbología utilizada y la descripción general de cada uno de los grupos de suelos, según el Instituto Colombiano de Geología y Minería (2004):

- CL: Arcillas inorgánicas de plasticidad media a baja, arcillas con gravas, arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.
- CH: Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.
- SC: Arenas arcillosas, mezcla de arena mal graduada y arcillas.
- SM: Arenas limosas, mezclas de arena mal graduada y limo.
- ML: Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.
- MH: Limo inorgánico, limo micáceos o diatomáceos, limos elásticos.
- SC-SM: posee características de suelos SC y SM, es decir, es una mezcla de arena con arcilla y limos.

La distribución de los tipos de suelo según la clasificación SUCS se presenta en la Figura 18, donde se observa que el suelo predominante son arcillas de baja y alta plasticidad, estos son suelos en general de mala calidad y pueden presentar problemas en estado húmedo como cambios de volumen, por lo tanto es muy importante que la humedad del suelo no presente grandes variaciones.



**Figura 18.** Tipo de suelo según la clasificación SUCS en la localidad de Cañas.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

### Clasificación AASHTO

Se realizó la clasificación del suelo según la metodología AASHTO, la cual analiza el suelo como material para carreteras. La descripción general del tipo de suelos, según esta clasificación, es tomada de las normas para realizar ensayos de laboratorio en la Escuela de Ingeniería Civil de La Universidad Nacional de Colombia.

Materiales granulares: Contienen 35% o menos de material que pase el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (#200).

- Grupo A-1: El material típico de este grupo es una mezcla bien gradada de fragmentos de piedra o grava, arena gruesa, arena fina, y un ligante de suelo no



plástico o de baja plasticidad. Sin embargo, este grupo incluye también fragmentos de roca, grava, arena gruesa, cenizas volcánicas, etc., sin un ligante de suelo.

- Subgrupo A-1-a: Incluye aquellos materiales que consisten predominantemente de fragmentos de roca o grava con o sin un ligante bien gradado de material fino.
- Subgrupo A-1-b: Incluye aquellos materiales que consisten predominantemente de arena gruesa con o sin un ligante de suelo bien gradado.
- Grupo A-3: El material típico de este grupo es la arena fina de playa o la arena fina de desierto, sin finos de arcilla, limo o con una pequeña cantidad de limo no plástico. Este grupo también incluye las mezclas aluviales de arena fina mal gradada con pequeñas cantidades de arena gruesa y grava.
- Grupo A-2: Este grupo incluye una amplia variedad de materiales granulares, que se encuentran en el límite entre los materiales que se clasifican en los grupos A-1 y A-3, y los materiales tipo limo y arcilla que se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Incluye todos los materiales que contienen 35% o menos de material que pasa el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (#200) que no pueden ser clasificados en los grupos A-1 o A-3, debido al contenido de finos o a los índices de plasticidad, o ambos, por encima de las limitaciones de estos grupos.
  - Los subgrupos A-2-4 y A-2-5 incluyen varios materiales granulares que contienen 35% o menos de material que pasa el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (#200) y con una porción que pasa el tamiz de 425  $\mu\text{m}$  (#40) que tiene las características de los grupos A-4 y A-5 respectivamente. Estos grupos comprenden materiales tales como grava y arena gruesa con contenidos de limo e IP por encima de las limitaciones del grupo A-1, y arena fina con un contenido de limo no plástico por encima de las limitaciones del grupo A-3.
  - Los subgrupos A-2-6 y A-2-7 incluyen materiales similares a los descritos en los subgrupos A-2-4 y A-2-5 excepto en que la porción fina contiene arcilla plástica que tiene las características de los grupos A-6 y A-7 respectivamente.



Material limo-arcilloso: contiene más de 35% de material que pasa la malla de 75  $\mu\text{m}$  (#200).

- Grupo A-4: El material típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, que normalmente tiene el 75% o más de material que pasa el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (#200). Este grupo también incluye mezclas de suelo limoso fino y hasta 64% de arena y grava retenida sobre el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (#200).
- Grupo A-5: El material típico de este grupo es similar al descrito en el grupo A-4, salvo que usualmente tiene un carácter diatomáceo o micáceo y puede ser muy elástico, como lo indica su alto LL.
- Grupo A-6: El material típico de este grupo es una arcilla plástica que usualmente tiene el 75% o más del material que pasa el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (#200). Este grupo también incluye mezclas de suelo arcilloso y hasta el 64% de arena y grava retenida sobre el tamiz #200. Los materiales de este grupo normalmente presentan grandes cambios de volúmenes entre los estados seco y húmedo.
- Grupo A-7: El material típico de este grupo es similar al descrito en el grupo A-6, salvo que tiene el LL elevado, característico del grupo A-5, y puede presentar elasticidad o alto potencial de expansión.
  - Subgrupo A-7-5: Incluye materiales con IP moderados en relación con el LL y que pueden presentar un alto potencial de expansión.
  - Subgrupo A-7-6: Incluyen materiales con un alto IP en relación con el LL y presentan un alto potencial de expansión.

Suelos orgánicos: como su nombre los dice, son suelos orgánicos, incluida la turba, pueden clasificarse en el grupo A8. La clasificación de estos materiales se basa en la inspección visual y no depende del porcentaje que pasa por el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (#200), el LI y el IP. El material se compone principalmente de materia orgánica parcialmente descompuesta; generalmente tiene una textura fibrosa, un color negro o pardo oscuro y olor a descomposición. Estos materiales orgánicos son inadecuados para su utilización en terraplenes y sub-rasantes. Tales materiales son altamente compresibles y tienen una baja resistencia al corte.



Además de la clasificación por grupos para identificar el tipo de suelo y sus características esta metodología también permite clasificar el suelo para uso como sub-rasante mediante el índice de grupo (IG) y permite decidir dentro de una misma categoría cual es de mejor calidad. Este valor se deriva de parámetros como: porcentaje que pasa la malla #200, límite líquido e índice plasticidad, según este valor la sub-rasante puede clasificarse como muy buena si posee valores cercanos a 0 ó muy mala para valores iguales o superiores a 20.

En la siguiente figura puede observarse la distribución del tipo de suelo según la clasificación AASTHO.

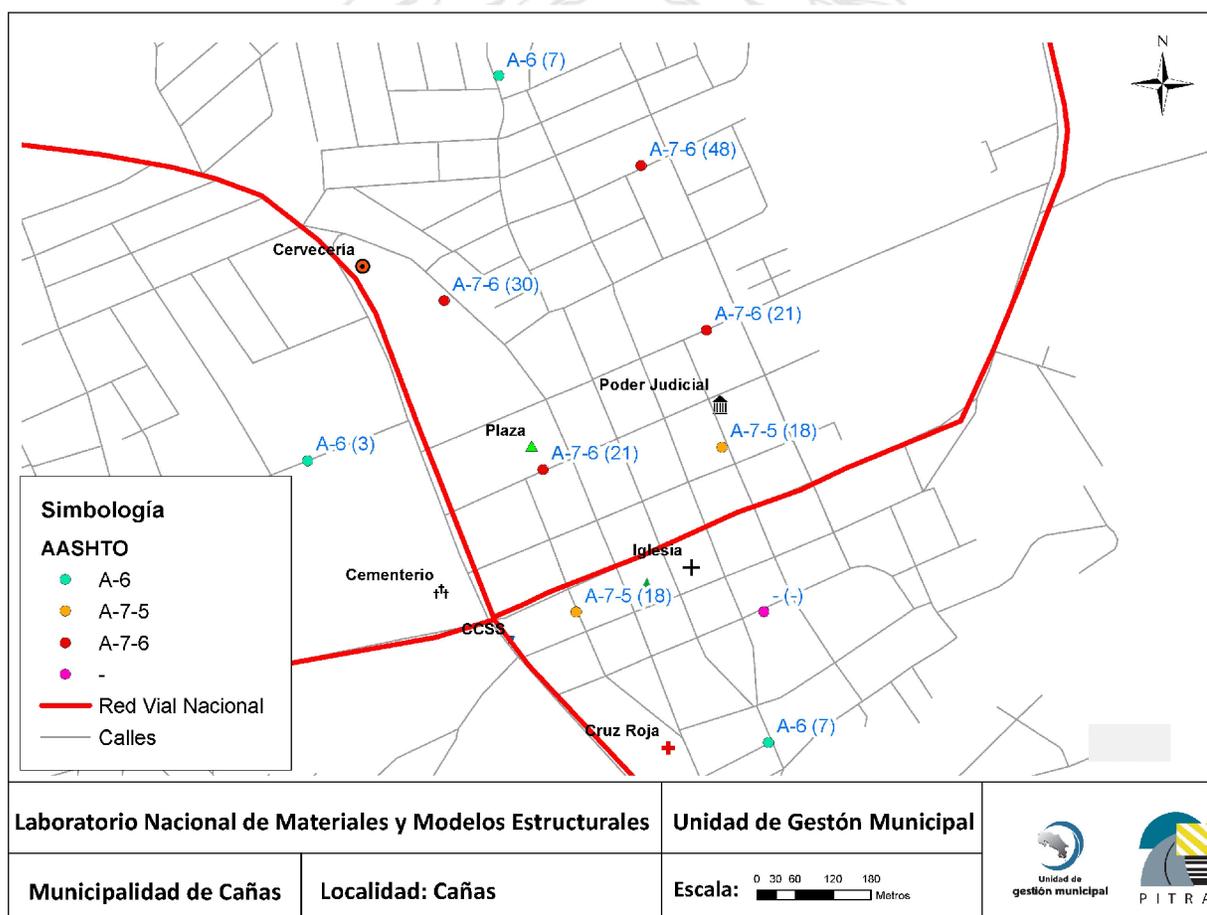


Figura 19. Tipos de suelo según la clasificación AASTHO en la localidad de Cañas.

Fuente: LanammeUCR, 2012.



Los suelos predominantes son los del sub grupo A-7-6, estos son suelos pueden presentar grandes cambios de volumen, producto de variaciones en la humedad y en general poseen una permeabilidad baja.

En la siguiente Tabla puede observarse el detalle de la clasificación de suelos, según los ensayos de laboratorio realizados por el LanammeUCR, cabe aclarar que para el sondeo 9 no fue posible realizar la prueba de límites de Atterberg por falta de material.

**Tabla 3.** Clasificación del tipo de suelo de la sub-rasante, en los sondeos realizados.

Sondeo	Porcentaje Pasando				FG	FS	CF	LL	LP	SUCS	AASHTO
	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200							
1	100	100	73,6	48,4	0	51,6	48,4	35	23	SC	A-6 (3)
2	100	100	93,3	61,3	0	38,7	61,3	36	21	CL	A-6 (7)
3	100	100	96,7	92,8	0	7,2	92,8	72	27	CH	A-7-6 (48)
4	100	100	88,8	78,6	0	21,4	78,6	61	25	CH	A-7-6 (21)
5	100	100	93,8	84,5	0	15,5	84,5	51	29	MH	A-7-6 (21)
6	100	100	87,9	63,9	0	36,1	63,9	62	28	CH	A-7-6 (21)
7	100	100	91,5	74,1	0	25,9	74,1	50	26	CL	A-7-5 (18)
8	100	100	88,6	79,4	0	20,6	79,4	47	26	CL	A-7-5 (18)
9	100	100	87,7	75,8	0	24,2	75,8	n	n	----	-----
10	100	100	93,8	71,9	0	28,1	71,9	31	18	CL	A-6 (7)

La nomenclatura utilizada en los encabezados se describe a continuación:

FG: Fracción gruesa.

FS: Factor arena.

CF: Cantidad de finos.

Gs: gravedad específica.

LL: Límite Líquido.

LP: Límite Plástico.

Nº4: Tamiz Nº, 4.750 mm de diámetro.

Nº10: Tamiz Nº10, 2.000 mm de diámetro.

Nº40: Tamiz Nº40, 0.425 mm de diámetro.

Nº200: Tamiz Nº200, 0.075 mm de diámetro.

### 3.2.5.3 Clasificación de sub-rasante según CBR

En esta sección se analiza la RVC tomando en cuenta el valor de CBR obtenido en sitio, el mismo proporciona un índice de la resistencia de la sub-rasante para resistir carga, en la siguiente imagen se muestra la prueba realizada en sitio.



**Figura 20.** Prueba de CBR en sitio.

Fuente: LanammeUCR, 2008.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para CBR y los sitios donde se realizó el ensayo. El CBR obtenido es una medida indirecta adquirida a partir del penetrómetro, el cual registra la resistencia a la penetración, también llamado, índice del cono (CI) en unidades (psi) libras por pulgada cuadrada. El valor de CBR se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$CBR = a * (CI)^b$$

Donde:

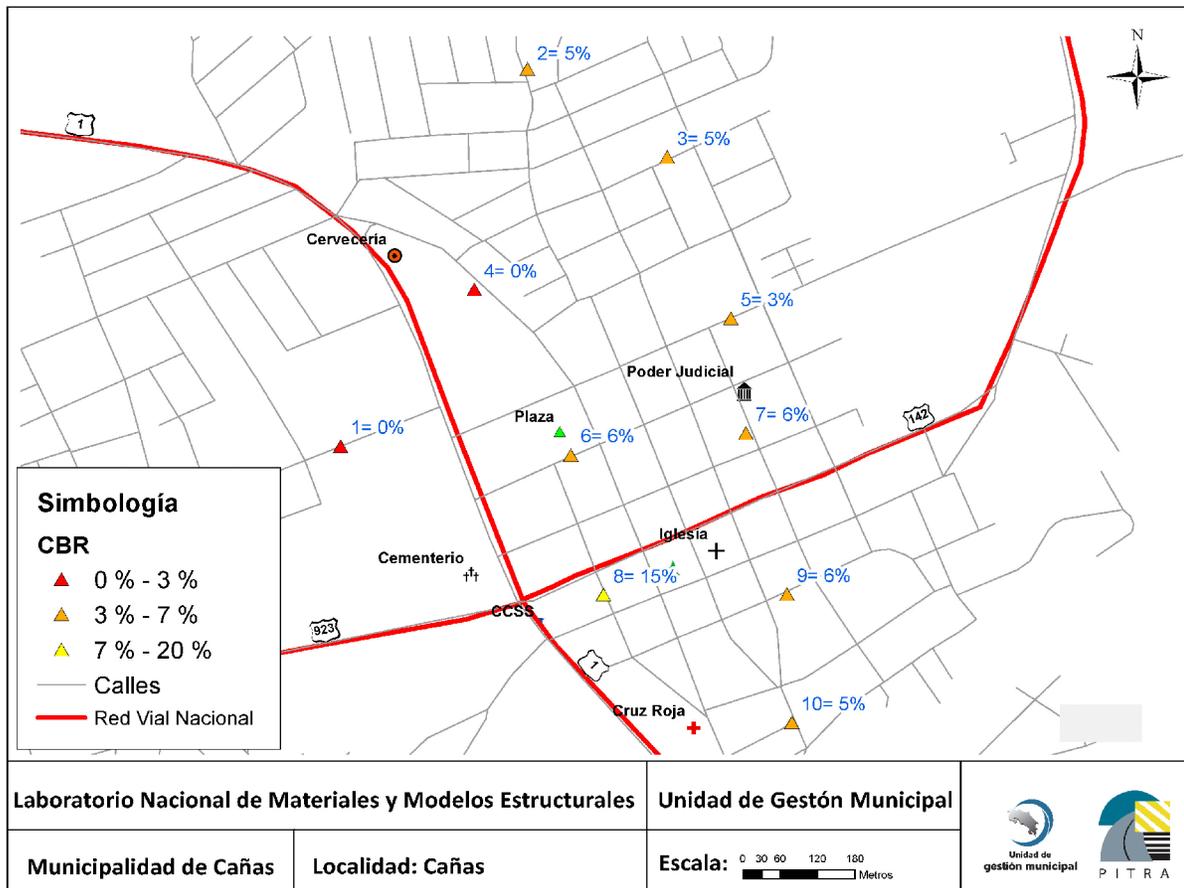
- a y b son coeficientes asociados al tipo de suelo según la clasificación del suelo SUCS.
- CI es el índice del cono.

La clasificación utilizada para categorizar los valores de CBR es establecida por J. Bowles (1981), la cual se presenta en el Tabla 4. En la siguiente figura puede observarse el CBR obtenido para los sondeos realizados, agrupados según la clasificación propuesta por Bowles.

**Tabla 4.** Clasificación del CBR.

CBR	Clasificación	Usos
0%-3%	Muy Pobre	Subrasante
3%-7%	Pobre a Regular	Subrasante
7%-20%	Regular	Sub-base
20%-50%	Bueno	Base-Sub-base
Mayor a 50%	Excelente	Base

Fuente: Bowles, J. 1981.



**Figura 21.** Clasificación del CBR según Bowles, localidad Cañas.

Fuente: LanammeUCR, 2012.



Como se observa en la Figura 21, 7 de los 10 sondeos realizados poseen valores de CBR entre 3% y 7% estos son suelos que pueden clasificarse dentro de la categoría de regular a pobre y solo uno registra un valor superior al 7%. En la siguiente Tabla se puede observar en detalle las pruebas de CBR en sitio.

**Tabla 5.** Índice de resistencia CBR.

Sondeo	CI	a	b	CBR
1	-			-
2	171.7	0.1266	0.6986	4.6
3	214.4	0.1264	0.6979	5.4
4	-			-
5	181.7	0.0820	0.7174	3.4
6	224.5	0.1264	0.6979	5.5
7	240.8	0.1266	0.6986	5.8
8	944.3	0.1266	0.6986	15.2
9	247.3	0.1264	0.6979	5.9*
10	168.9	0.1266	0.6986	4.6

Fuente: LanammeUCR, 2012.

\*Valor estimado de CBR.

El sondeo 9 no cuenta con el análisis por límites de Atterberg, necesario para clasificar el suelo según metodología SUCS y AASHTO, sin embargo con base en la granulometría del suelo es posible aproximar las características que posee dicha muestra según la clasificación del Departamento de agricultura de los Estados Unidos, que clasifica el suelo en función de su textura o tamaño de sus partículas, según esta clasificación el suelo se encuentra dentro de la categoría arcilla marga, para efectos de obtener una aproximación del valor de CBR se utilizan los coeficientes correspondientes al de arcillas de alta plasticidad. En los sondeos 1 y 4 no se logró la falla mediante el anillo de penetración por lo tanto es recomendable realizar pruebas de laboratorio para estimar el CBR de la subrasante.

### 3.2.6 Definir tramos homogéneos

Los tramos homogéneos son secciones de la vía que poseen características similares, se definen con el objetivo de seccionar las vías para aplicar una solución única por tramo, ya que a nivel operativo no es funcional que el tipo o diseño de la intervención requerida varíe en pocos metros.



Se consideraron los siguientes criterios para determinar los tramos homogéneos, los mismos se basaron en los valores de las deflexiones obtenidas en la evaluación de la red vial.

- Preferiblemente la longitud mínima de cada tramo es de 300 m.
- Los tramos con un coeficiente de variación mayor que 0,45 (45%) se considerará como un tramo no uniforme.

Los tramos homogéneos finales se obtuvieron por medio del método de diferencias acumuladas establecido por el AASHTO 93, a partir de la información de deflectometría. Existen vías con un coeficiente de variación mayor a 0,45, esto con el fin de no seccionar más el tramo homogéneo determinado y tratar de mantener tramos con una longitud mínima de 300 m.

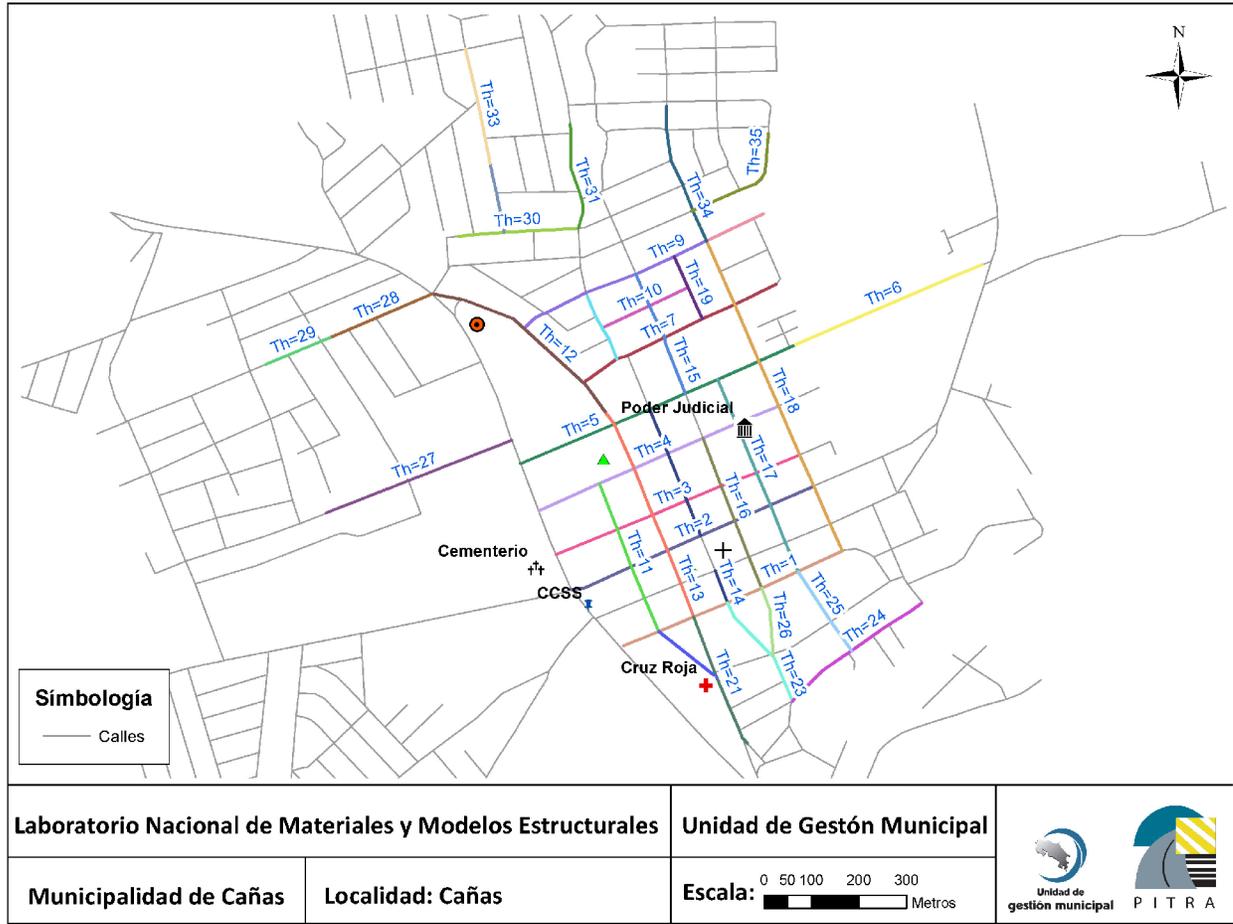
En el estudio realizado para la Municipalidad de Cañas se obtuvieron 35 tramos homogéneos a partir de aproximadamente 11,5 km evaluados, a continuación se tabula el número de tramo y la longitud aproximada de cada uno, además en la Figura 22 se muestra su ubicación en la red.

**Tabla 6.** Longitud de los diferentes tramos homogéneos ubicados en Cañas.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Tramo homogéneo	Longitud (m)	Tramo homogéneo	Longitud (m)
1	501	19	143
2	555	20	144
3	553	21	291
4	550	22	155
5	629	23	251
6	426	24	343
7	455	25	201
8	131	26	145
9	426	27	419
10	200	28	233
11	335	29	147
12	459	30	252
13	464	31	225
14	245	32	147
15	271	33	245
16	338	34	299
17	437	35	261
18	710		

Fuente: LanammeUCR, 2012.



**Figura 22.** Ubicación de los diferentes tramos homogéneos en Cañas.

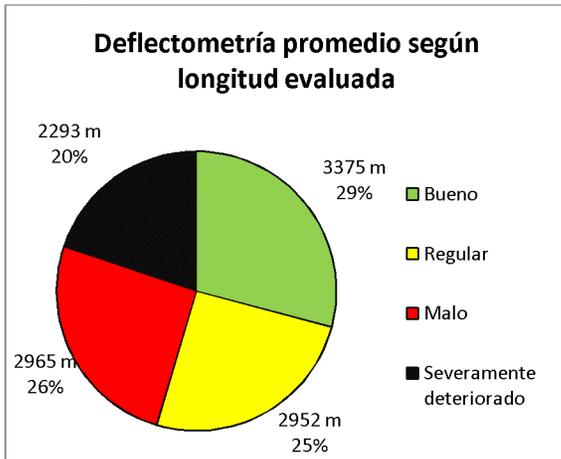
Fuente: LanammeUCR, 2012.

Es importante aclarar que aunque los valores promedio asociados a cada tramo ofrecen una idea de la condición general del mismo, no es un valor representativo de las condiciones reales del tramo, ya que a cada tramo se le asocia cierta dispersión producto de la variabilidad de la evaluación del IRI o la deflectometría, por lo tanto es necesario realizar un análisis más detallado de las deflexiones e IRI si se desea utilizar esta información a nivel de proyecto.

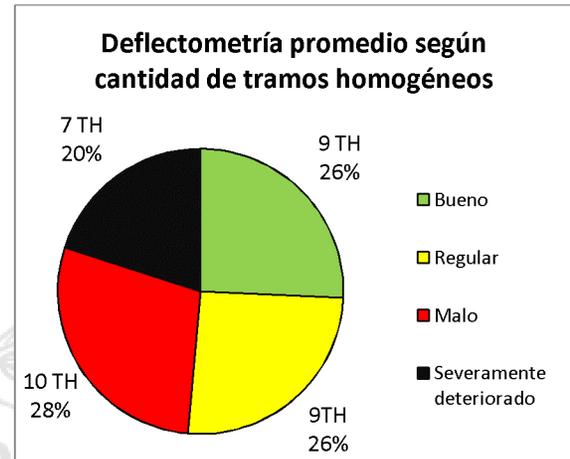
### 3.2.6.1 *Deflexión Promedio*

Para categorizar el estado estructural de cada tramo homogéneo se utiliza la clasificación que se presenta en la Figura 13, donde se consideran diferentes rangos de deflectometría





**Figura 24.** Porcentaje de metros lineales, clasificados según FWD promedio.  
Fuente: LanammeUCR, 2012.



**Figura 25.** Porcentaje de tramos homogéneos, clasificados según el FWD promedio.  
Fuente: LanammeUCR, 2012.

En las figuras anteriores es posible observar que cerca del 29% (3,4 km) de la distancia evaluada posee una estructura del pavimento en buen estado ya que presenta deflexiones bajas, por otro lado un 26% (2,9 km) presenta deflexiones altas por lo que la capacidad estructural se ha visto reducida, un 20% (2,3 km) posee deflexiones muy altas y por lo tanto deficiente capacidad para soportar las cargas de tránsito a las que se ve sometida y un 25% se encuentra en condición regular.

### 3.2.6.2 IRI promedio

De forma similar a la sección anterior se asociaron mediciones de IRI a cada tramo homogéneo generado y se calculó el IRI promedio de cada tramo. Con el fin de clasificar la RVC en función de IRI se utiliza la misma simbología del Tabla 1.

El análisis mediante IRI promedio permite identificar que en los cuadrantes centrales de Cañas se presenta una condición de regular a buena (ver Figura 26), mientras que en la periferia se observan condiciones más deficientes en cuanto a regularidad superficial.

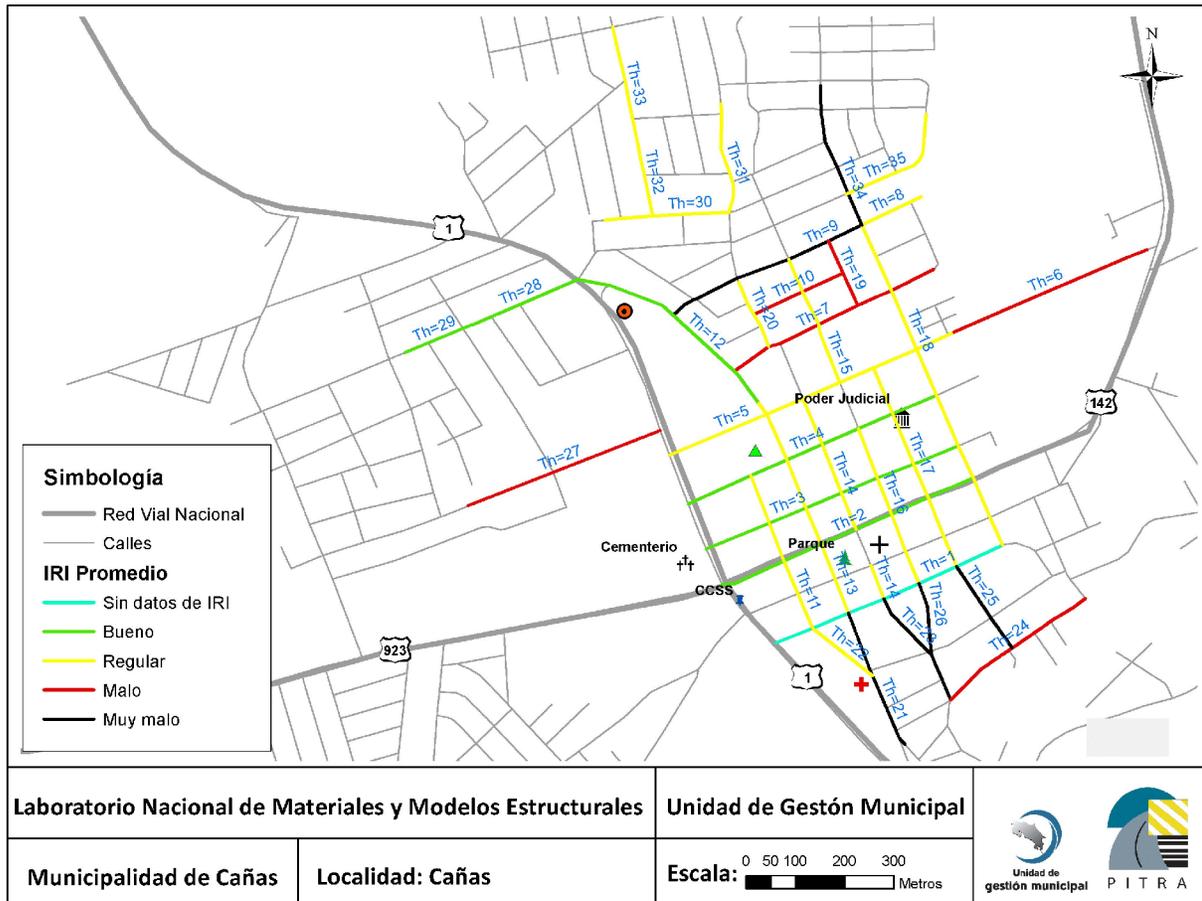
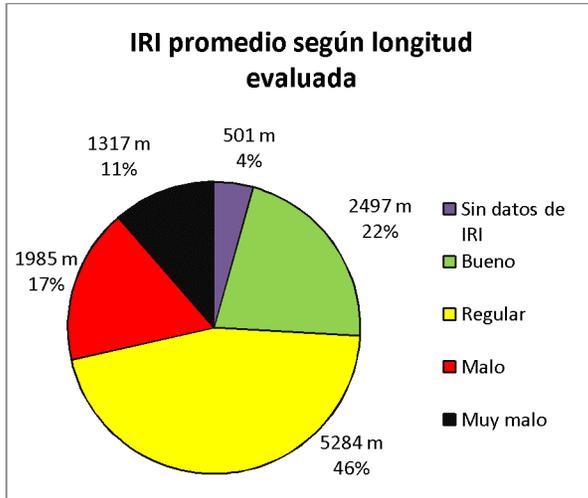


Figura 26. IRI promedio para las vías analizadas en Cañas.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

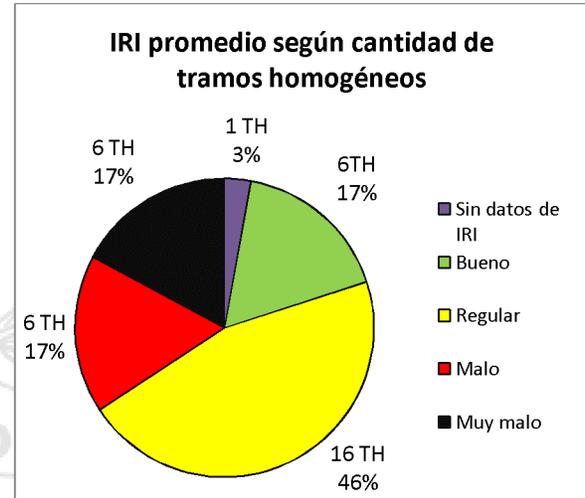
La distribución de la cantidad de tramos homogéneos y de los metros lineales asociados a cada categoría de IRI se muestra en las siguientes figuras. De los cuales se destaca que el 34% (ver Figura 28) de los tramos evaluados en Cañas poseen un IRI superior a 6,4 m/km, correspondiente a una vía con irregularidades importantes. La irregularidad en la superficie de ruedo implica un mayor costo de operación para los usuarios, mayor tiempo en el traslado y un viaje poco confortable sobre estos tramos, por otro lado ocasiona un deterioro acelerado de la estructura debido a las cargas dinámicas a la que se ve sometida, ocasionadas por el golpeteo de los vehículos al transitar por una ruta irregular.

Por otro lado un 68% (7,7 km) (ver Figura 27) de la longitud evaluada presenta un IRI promedio inferior a 6,4 m/km, lo cual se asocia a una condición superficial de confort regular para las velocidades de operación en una ruta cantonal.



**Figura 27.** Porcentaje de metros lineales, clasificados según el IRI promedio.

Fuente: LanammeUCR, 2012.



**Figura 28.** Porcentaje de tramos homogéneos, clasificados según el IRI promedio.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

### 3.2.7 Notas Calidad

El estado de cada uno de los tramos es analizado funcional y estructuralmente, mediante la unión de estos dos aspectos se puede determinar la condición en el que se encuentra un tramo en el momento de su evaluación, a este nuevo indicador se le denominará nota de calidad, la cual permitirá definir la estrategia de intervención más adecuada para cada tramo.

La metodología plantea matrices que relacionan la capacidad estructural (valores de deflectometría) con la capacidad funcional (IRI) evaluada, de manera que se genera una "nota" según el estado general en el que se encuentra un tramo. Hay diferentes matrices según el nivel de flujo vehicular asociado a una ruta, ya que la caracterización de la capacidad estructural de una ruta es función del tránsito vehicular, ya que una ruta de alto tránsito requiere una mayor capacidad (menor deflexión) para soportar las cargas que una ruta de bajo tránsito.

La metodología utilizada para la evaluación de la red vial municipal es una adaptación de la metodología utilizada para analizar la red vial nacional 2010-2011, la cual se presenta en el informe LM-PI-UE-05-11 emitido por el LanammeUCR.

Se propone una serie matrices que establecen notas de calidad en función de los valores de IRI y deflectometría. Cada nota se encuentra asociada a la condición que presenta la ruta al ser evaluada, en las siguientes tablas se muestran las matrices utilizadas.

**Tabla 7.** Notas de calidad para un tránsito inferior a los 5000 vehículos diarios para una estructura con base granular.

IRI m/km	Deflexión 10 <sup>-2</sup> mm			
	<76,5	76,5-88,5	88,5-115,7	>115,7
Bueno (0-3,6 m/km)	Q1	Q3	Q6	R-1
Regular (3,6-6,4 m/km)	Q2	Q5	Q8	R-2
Malo (6,4-10,0 m/km)	Q4	Q7	Q9	R-3
Muy malo (mayor 10,0 m/km)	M-RF	RH-RF	R-3	NP

Fuente: LanammeUCR, 2012.

**Tabla 8.** Notas de calidad para un tránsito superior a los 5000 vehículos diarios e inferior a 15000 vehículos diarios para una estructura con base granular.

IRI m/km	Deflexión 10 <sup>-2</sup> mm			
	<70,8	70,8-83,3	83,3-112,9	>112,9
Bueno (0-3,6 m/km)	Q1	Q3	Q6	R-1
Regular (3,6-6,4 m/km)	Q2	Q5	Q8	R-2
Malo (6,4-10,0 m/km)	Q4	Q7	Q9	R-3
Muy malo (mayor 10,0 m/km)	M-RF	RH-RF	R-3	NP

El uso de colores en las tablas anteriores refleja, de manera general, el tipo de intervención que requiere cada una de las categorías a nivel de red. Los colores verdes representan actividades de mantenimiento, los tramos en amarillos se refieren a tramos que requieren recuperación de la capacidad funcional, el azul requiere un proceso de análisis a nivel de proyecto ya que se encuentra en una condición intermedia, los colores rosados representan tramos que requieren rehabilitación menor, los colores naranjas y rojos representan una rehabilitación mayor y los negros requieren reconstrucción, en la siguiente sección se amplía la descripción de los diferentes tipos de intervenciones.



Cada una de las categorías que se muestran en las tablas 7 y 8 están asociadas a una descripción que caracteriza las condiciones generales en las que se encuentran los tramos en estudio, así como la intervención que se recomienda. Esta descripción, al igual que las Tablas 7 y 8, son una adaptación a las condiciones municipales de las notas de calidad expuestas en el informe LM-PI-UE-05-11.

### 3.2.7.1 Definición de las notas de calidad

- Q1: Es la condición ideal de un pavimento desde el punto de vista funcional y estructural. Son estructuras que brindan un buen servicio al usuario, disminuyendo los costos de operación. A pesar de esto pueden presentar deterioros que no son percibidos por la deflectometría de campo y la evaluación realizada con el perfilómetro (IRI), tales como: desprendimientos leves, desnudamiento o exudaciones. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones del tipo mantenimiento de preservación de bajo costo.
- Q2: Son pavimentos con muy buena capacidad estructural, sin embargo, poseen una capacidad funcional regular. En pavimentos flexibles los defectos superficiales que se pueden presentar son deformaciones en la mezcla asfáltica, baches reparados y agrietamientos de baja severidad. Estas estructuras son candidatas a mantenimientos de preservación de bajo costo, enfocadas a corregir la pérdida de capacidad funcional.
- Q3: En estos pavimentos se presenta una pérdida de la capacidad estructural, sin embargo, se mantiene una condición funcional buena. Por lo que los deterioros funcionales no percibidos por el deflectómetro o el perfilómetro (IRI) en el campo pueden tener un mayor nivel de extensión o severidad. Los pavimentos que califican con esta nota son candidatos a mantenimientos de preservación de bajo costo, enfocadas a atender la pérdida de capacidad estructural, con el objetivo de detener o retardar su avance.
- Q4: Existe un deterioro en el pavimento que puede afectar la velocidad del tránsito. En pavimentos flexibles pueden presentarse grandes baches o grietas profundas,

entre los deterioros se incluye pérdida de agregados y ahuellamiento, los cuales se encuentran en más del 50% de la superficie. Aunque la condición estructural es buena, la condición funcional presenta un deterioro importante que afecta la durabilidad del pavimento, aumentando la tasa de deterioro estructural de forma elevada. Debido al deterioro de la capa de ruedo estos pavimentos pasarán a las categorías M-RF o Q7 en el mediano plazo. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de mediano costo que se enfoquen a atender la pérdida de capacidad funcional en el corto plazo.

- M-RF: En esta categoría se encuentran estructuras con un deterioro funcional extremo que afecta significativamente la velocidad del tránsito. Presentan grandes baches y grietas profundas en la carpeta asfáltica. El deterioro se presenta en más de la mitad de la superficie, comprometiendo la capacidad estructural del pavimento. Debido al deterioro en la capa de ruedo, en el corto plazo estos pavimentos pasarán a la categoría RH-RF. Los tramos que presentan esta categoría son candidatos a intervenciones de tipo de mantenimiento de alto costo, enfocadas en recuperar la pérdida de capacidad funcional en el corto plazo para evitar un mayor deterioro de la capacidad estructural.
- Q5: Estas estructuras se encuentran en una condición de capacidad estructural y funcional intermedia por lo que es necesario realizar un análisis más detallado a nivel de proyecto.
- Q7: Los pavimentos en esta categoría tienen una condición de ruedo similar a los que se encuentran en la categoría Q4, sin embargo, presentan una peor condición estructural, por lo que deterioros como ahuellamientos, agrietamientos por fatiga o agrietamientos transversales y longitudinales es mayor. En estos pavimentos la velocidad del deterioro estructural y funcional se intensifica, por lo que se encuentran propensos a pasar a las categorías RH-RF o Q9 en el mediano plazo. Estos tramos son candidatos a intervenciones de tipo rehabilitación menor, enfocadas a la recuperación de la pérdida de capacidad funcional en el mediano plazo con el fin de retardar o evitar un mayor deterioro de la capacidad estructural.



- RH-RF: Los pavimentos es esta categoría poseen una condición de ruedo similar a M-RF, sin embargo, presentan una peor condición estructural, por lo que la presencia de deterioros es mayor. En estos tramos la velocidad de deterioro se intensifica por lo que son propensos a pasar a la categoría R3 a corto plazo. Estas estructuras son candidatas a intervenciones de tipo rehabilitación menor, enfocadas a en recuperar la pérdida de capacidad funcional y estructural en el corto plazo para evitar o retardar un mayor deterioro.
- Q6, Q8 y Q9: Estos tramos presentan una condición estructural muy deficiente, en el caso de que presenten una buena condición funcional en el momento de su evaluación, normalmente se debe a recapados o tratamientos superficiales recientes pero que no han contribuido a dar aporte estructural significativo, por lo tanto son trabajos de poca durabilidad. La condición de pérdida acelerada de la capacidad estructural y funcional de estos pavimentos los convierte en candidatos a intervenciones de tipo rehabilitación mayor que debería ser atendida a corto plazo.
- R-1, R-2: Estos pavimentos presentan una condición estructural muy deficiente. Los tramos que se encuentran categorizados en esta condición y poseen una buena condición de la capa de ruedo se debe, principalmente, a la presencia de sobrecapas o tratamientos superficiales recientes pero que no han contribuido, de manera significativa, a nivel estructural, por lo tanto, son trabajos de poca durabilidad y existe una rápida migración a notas como R-3 y NP, donde la alternativa de intervención es una reconstrucción del pavimento. Estos tramos son candidatos a intervenciones del tipo rehabilitación mayor que debería ser atendida de forma inmediata.
- R-3, NP: Estos pavimentos presentan un altísimo nivel de deterioro. Donde la transitabilidad y la capacidad estructural son inferiores a los niveles aceptables para una carretera pavimentada. Estos tramos son candidatos a las inversiones de más alto costo, siendo tramos candidatos a una reconstrucción.

### 3.2.7.2 Notas de calidad red vial analizada

Las notas de calidad se asignaron según el procedimiento descrito en la sección 3.2.7, donde los parámetros utilizados para la asignación de cada nota de calidad son el IRI promedio y la deflectometría promedio caracterizada según el tipo de base asociada.

En el siguiente Tabla se puede observar el detalle de los valores promedio de IRI y deflectometría para cada tramo homogéneo, además se indica la nota de calidad asociada a los valores obtenidos.

**Tabla 9,** Nota de calidad asignada a cada de tramo analizado en la localidad de Cañas.

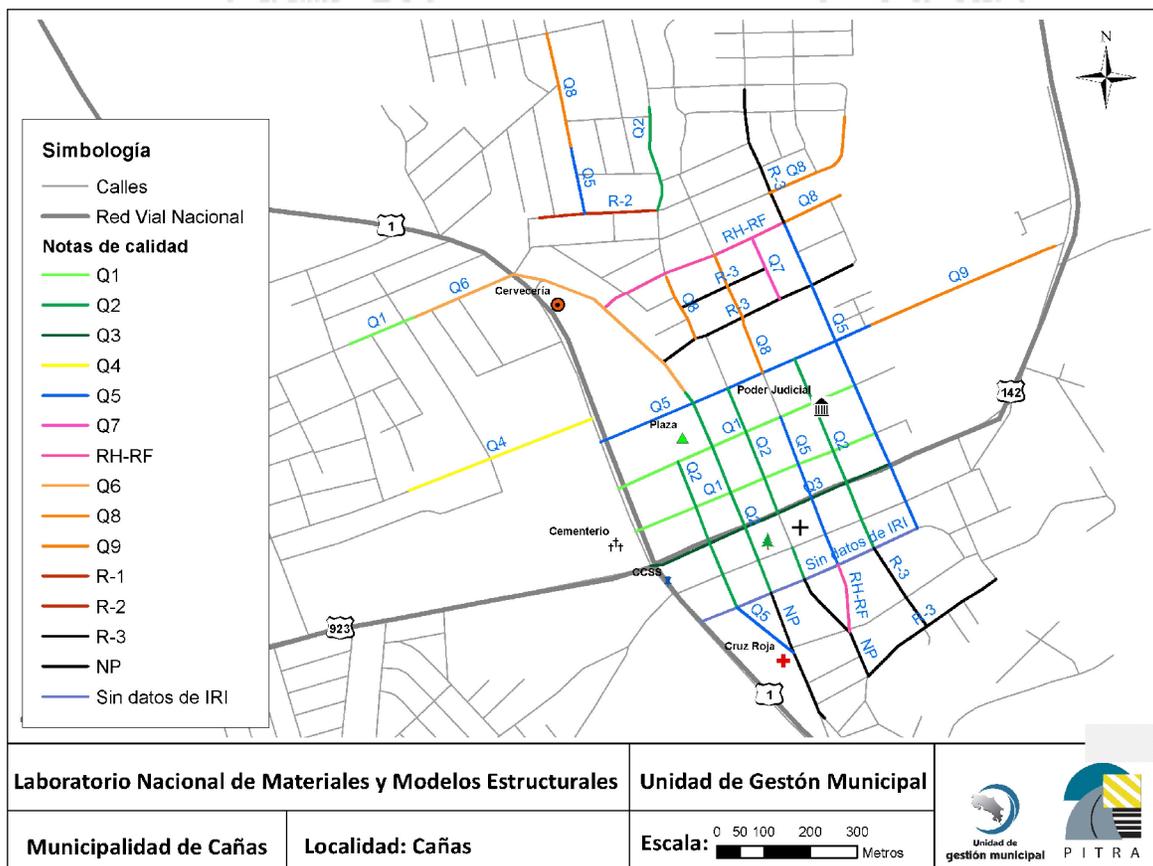
Tramo homogéneo	Longitud (m)	Deflectometría promedio	IRI Promedio	Notas de calidad
1	501	121,40	Sin datos de IRI	Sin datos de IRI
2	555	80,00	3	Q3
3	553	61,69	3	Q1
4	550	60,61	3	Q1
5	629	83,75	4	Q5
6	426	103,66	7	Q9
7	455	116,91	7	R-3
8	131	82,62	13	RH-RF
9	426	100,76	5	Q8
10	200	135,66	7	R-3
11	335	75,07	5	Q2
12	459	102,62	3	Q6
13	464	68,90	5	Q2
14	245	67,23	5	Q2
15	271	113,50	4	Q8
16	338	79,26	4	Q5
17	437	75,23	5	Q2
18	710	81,75	4	Q5
19	143	84,56	7	Q7
20	144	102,34	4	Q8
21	291	137,45	11	NP
22	155	77,53	6	Q5
23	251	147,52	13	NP
24	343	135,88	9	R-3
25	201	97,87	12	R-3
26	145	83,20	11	RH-RF
27	419	58,60	8	Q4
28	233	99,39	3	Q6

**Tabla 9,** Nota de calidad asignada a cada de tramo analizado en la  
localidad de Cañas (cont.)

Tramo homogéneo	Longitud (m)	Deflectometría promedio	IRI Promedio	Notas de calidad
29	147	55,11	3	Q1
30	252	150,66	5	R-2
31	225	74,93	4	Q2
32	147	77,66	5	Q5
33	245	114,46	5	Q8
34	299	105,24	10	R-3
35	261	89,33	6	Q8

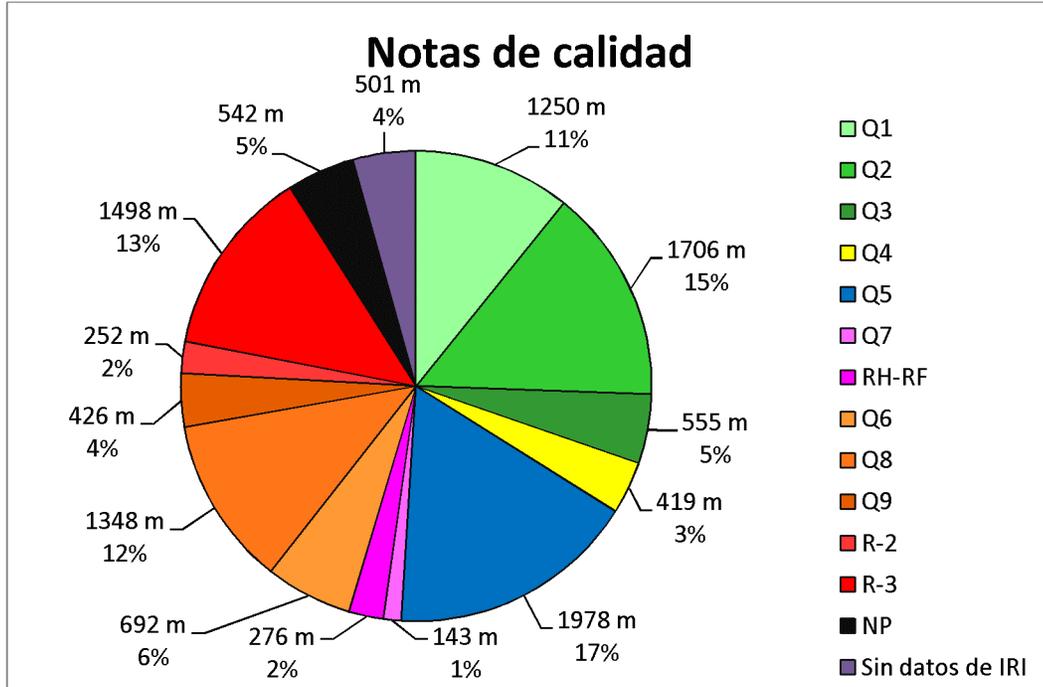
Fuente: LanammeUCR, 2012.

En las Figura 29 puede observarse cada tramo homogéneo clasificado según la metodología de notas de calidad.



**Figura 29.** Notas de Calidad para los diferentes tramos homogéneos analizados en Cañas.  
Fuente: LanammeUCR, 2012.

En la Figura 30 puede observarse la distribución porcentual de las diferentes notas de calidad asignadas, según datos de FWD promedio e IRI promedio, en este caso se puede apreciar que existe una gran dispersión de los resultados, lo que indica que los pavimentos en estudio poseen características distintas y por lo tanto soluciones diferentes.



**Figura 30.** Distribución de las diferentes notas de calidad asignadas.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

### 3.2.8 Tipos de intervención

La nota de calidad asignada a cada tramo es producto de la caracterización de la capacidad estructural y funcional de la red en estudio. El análisis realizado a los tramos homogéneos permite recomendar para cada uno de ellos, el tipo de estrategia de intervención que se requiere.

Las intervenciones recomendadas son generales y se enfocan en el análisis a nivel de red, por lo que es una herramienta útil para la gestión en la definición de estrategias de



intervención en un determinado periodo de tiempo, con el objetivo fundamental de mejorar el estado de la red vial de manera paulatina y sostenidamente.

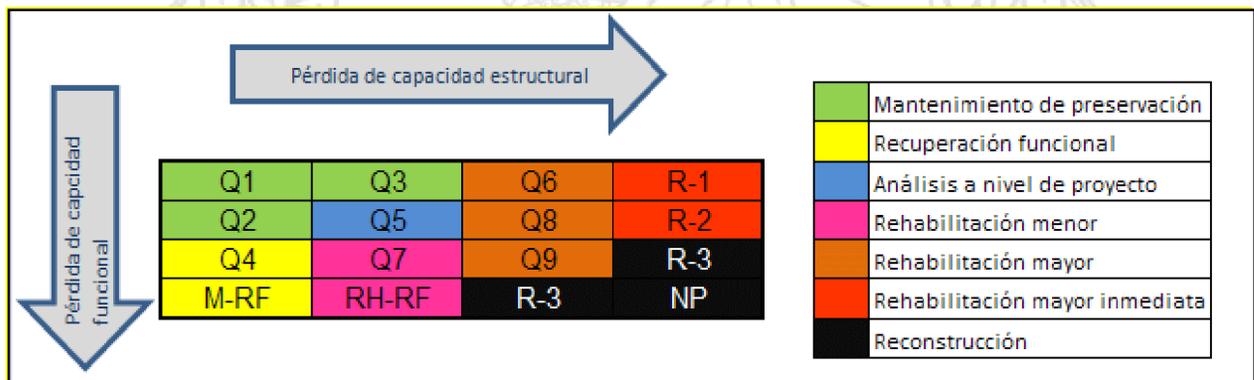
Es necesario que las estrategias presentadas a nivel de red sean ajustadas para ser aplicadas a un nivel táctico-operativo, con el objetivo de generar el diseño de las intervenciones a nivel de proyecto y determinar así el presupuesto específico necesario para ejecutar cada uno de los proyectos que se definen como prioritarios por el municipio.

Los tipos de intervención a los que se hace referencia en cada una de las notas de calidad son una adaptación de las utilizadas en el informe LM-PI-UE-05-11 del Lanamme para evaluar la condición de la red vial nacional y se mencionan a continuación:

- **Mantenimiento de Preservación:** Son aplicables a estructuras que se encuentran en buen estado (funcional y estructural), son intervenciones de bajo costo relativo. Existen diferentes tipos de intervenciones de este tipo, entre ellos: *sand seal, slurry seals, fog seal, chip seals*, sellados de grietas y microcarpetas entre otros. El objetivo fundamental de este tipo de intervenciones es prologar la vida útil del pavimento y corregir deterioros funcionales de leve intensidad.
- **Mantenimiento de recuperación funcional (IRI):** Su objetivo es mejorar la condición funcional del tramo, por lo que no necesariamente aportan estructuralmente. En estos casos se puede considerar labores de sustitución de la superficie de ruedo, recuperando los espesores existentes con material nuevo, o el uso de geotextiles para retardar el reflejo de grietas y una labor de perfilado o recuperación de la calzada. Este tipo de intervenciones deberían ser ejecutadas con prioridad alta, para evitar que la gran irregularidad superficial provoque un daño en la capacidad estructural.
- **Análisis a nivel de proyecto:** Se requiere de una evaluación detallada del tramo con el fin de definir mejor el tipo de intervención adecuada.
- **Rehabilitación Menor:** Permite recuperar la capacidad estructural en niveles intermedios así como la capacidad funcional en niveles críticos. En estos tramos se podría aplicar un perfilado y una sobrecarpeta.

- **Rehabilitación Mayor:** Los tramos que califican para este tipo de intervención requieren una recuperación importante de la capacidad estructural. Por lo que se recomienda un perfilado y la colocación de una nueva sobrecarpeta que responda a un diseño estructural que considere la capacidad estructural remanente de la sección existente para un período de diseño determinado.
- **Reconstrucción:** Renovación de la estructura del camino, con previa demolición parcial o total de la estructura del pavimento. Este tipo de intervención es la de más alto costo y requiere de un diseño estructural formal.

En la siguiente figura se muestra de manera sencilla la categorización de cada nota de calidad según el tipo de intervención que se recomienda. Es necesario hacer la diferencia entre el tipo de intervención identificada con color naranja y rojo, ya que a pesar de que ambos tipos de intervenciones se refieren a una rehabilitación mayor, las notas de calidad representadas con el color rojo requieren que la intervención se realice de forma inmediata, ya que de no ser así estos tenderán a deteriorarse rápidamente siendo requerida una reconstrucción del pavimento.



**Figura 31.** Tipo de intervención recomendada para cada nota de calidad.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

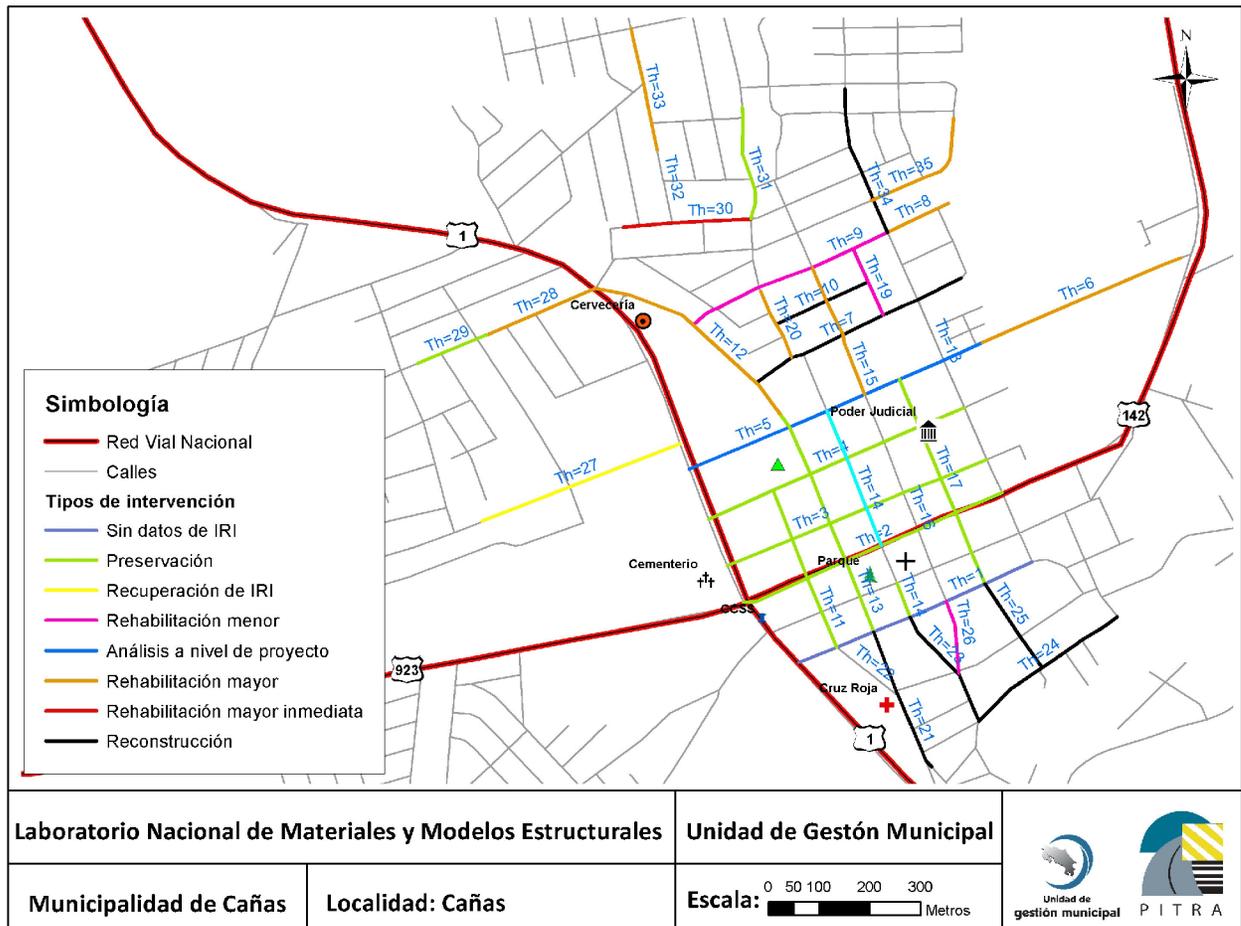
En la siguiente Tabla se muestra un resumen de cada uno de los tramos homogéneos, así como la nota de calidad asignada y el tipo de intervención requerida, con base en las mediciones y evaluaciones realizadas durante el año 2010.

**Tabla 10.** Tipo de intervención requerida para cada tramo evaluado en Cañas.

Tramo homogéneo	Longitud (m)	Notas de calidad	Tipo de intervención
1	501	Sin datos de IRI	Sin datos del IRI
2	555	Q3	Preservación
3	553	Q1	Preservación
4	550	Q1	Preservación
5	629	Q5	Análisis a nivel de proyecto
6	426	Q9	Rehabilitación mayor
7	455	R-3	Reconstrucción
8	131	RH-RF	Rehabilitación menor
9	426	Q8	Rehabilitación mayor
10	200	R-3	Reconstrucción
11	335	Q2	Preservación
12	459	Q6	Rehabilitación mayor
13	464	Q2	Preservación
14	245	Q2	Preservación
15	271	Q8	Rehabilitación mayor
16	338	Q5	Análisis a nivel de proyecto
17	437	Q2	Preservación
18	710	Q5	Análisis a nivel de proyecto
19	143	Q7	Rehabilitación menor
20	144	Q8	Rehabilitación mayor
21	291	NP	Reconstrucción
22	155	Q5	Análisis a nivel de proyecto
23	251	NP	Reconstrucción
24	343	R-3	Reconstrucción
25	201	R-3	Reconstrucción
26	145	RH-RF	Rehabilitación menor
27	419	Q4	Recuperación funcional
28	233	Q6	Rehabilitación mayor
29	147	Q1	Preservación
30	252	R-2	Rehabilitación mayor inmediata
31	225	Q2	Preservación
32	147	Q5	Análisis a nivel de proyecto
33	245	Q8	Rehabilitación mayor
34	299	R-3	Reconstrucción
35	261	Q8	Rehabilitación mayor

Fuente: LanammeUCR, 2012.

En la Figura 32 se puede observar los diferentes tramos homogéneos clasificados según el tipo de intervención al momento de la evaluación, es importante destacar que las mejores condiciones se presentan en los cuadrantes centrales.



**Figura 32.** Tipo de intervención requerida para cada tramo evaluado en Cañas.

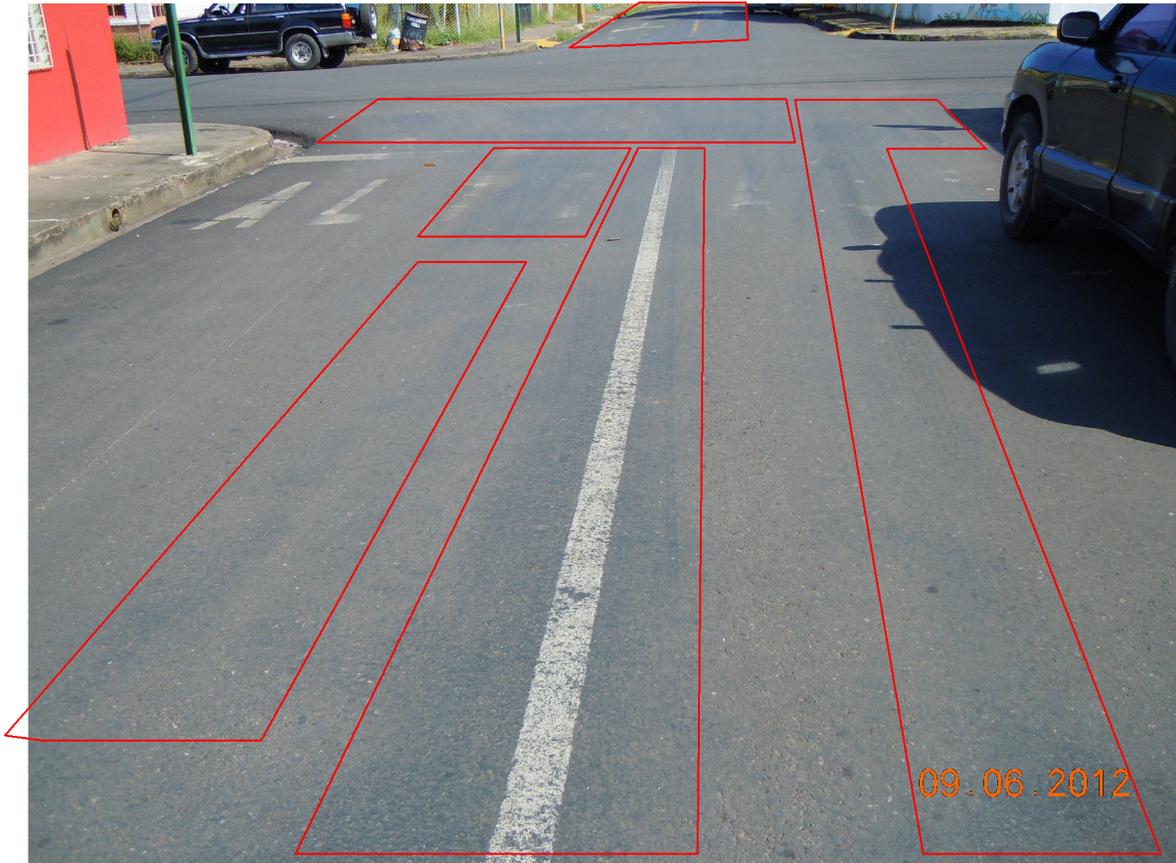
Fuente: LanammeUCR, 2012.

Como se mencionó anteriormente las mejores condiciones tanto estructurales como funcionales se encuentran en los cuadrantes centrales (ver figura 33), no obstante estas rutas presentan problemas que no son detectables por los equipos, como los desnudamientos leves y exudación, este último se presenta de una forma generalizada en estos tramos.



**Figura 33.** Cuadrantes centrales Cañas, tramo homogéneo 3.  
Fuente: LanammeUCR, 2012.

En la siguiente figura puede observarse un ejemplo del nivel de exudación presente en los tramos de los cuadrantes centrales, en ocasiones estos problemas se presentan por un exceso de asfalto en la mezcla, no es un problema que afecte la vida útil del asfalto pero sí representa un riesgo para los conductores, ya que se da una disminución en la adherencia entre las llantas y el pavimento, siendo más probable que se den accidentes por derrape de los vehículos. Por lo tanto, estos tramos deben ser complementados con un análisis adicional que permita determinar la opción de mantenimiento más favorable y que permita corregir el problema de exudación.

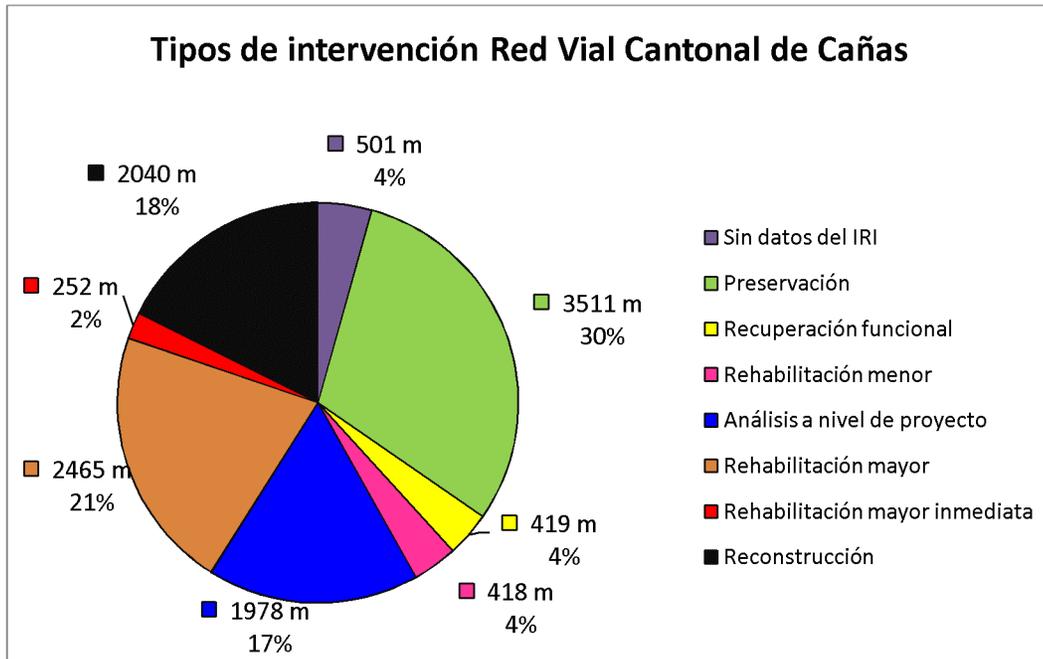


**Figura 34.** Cuadrantes centrales Cañas, ejemplo de pavimento exudado, tramo homogéneo 13.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Es importante hacer énfasis en que estos resultados son válidos al momento de la evaluación, por lo tanto para realizar las diferentes intervenciones es importante hacer una revisión de los datos con un mayor nivel de detalle y contrastar esos resultados con lo observado en sitio al momento de los trabajos.

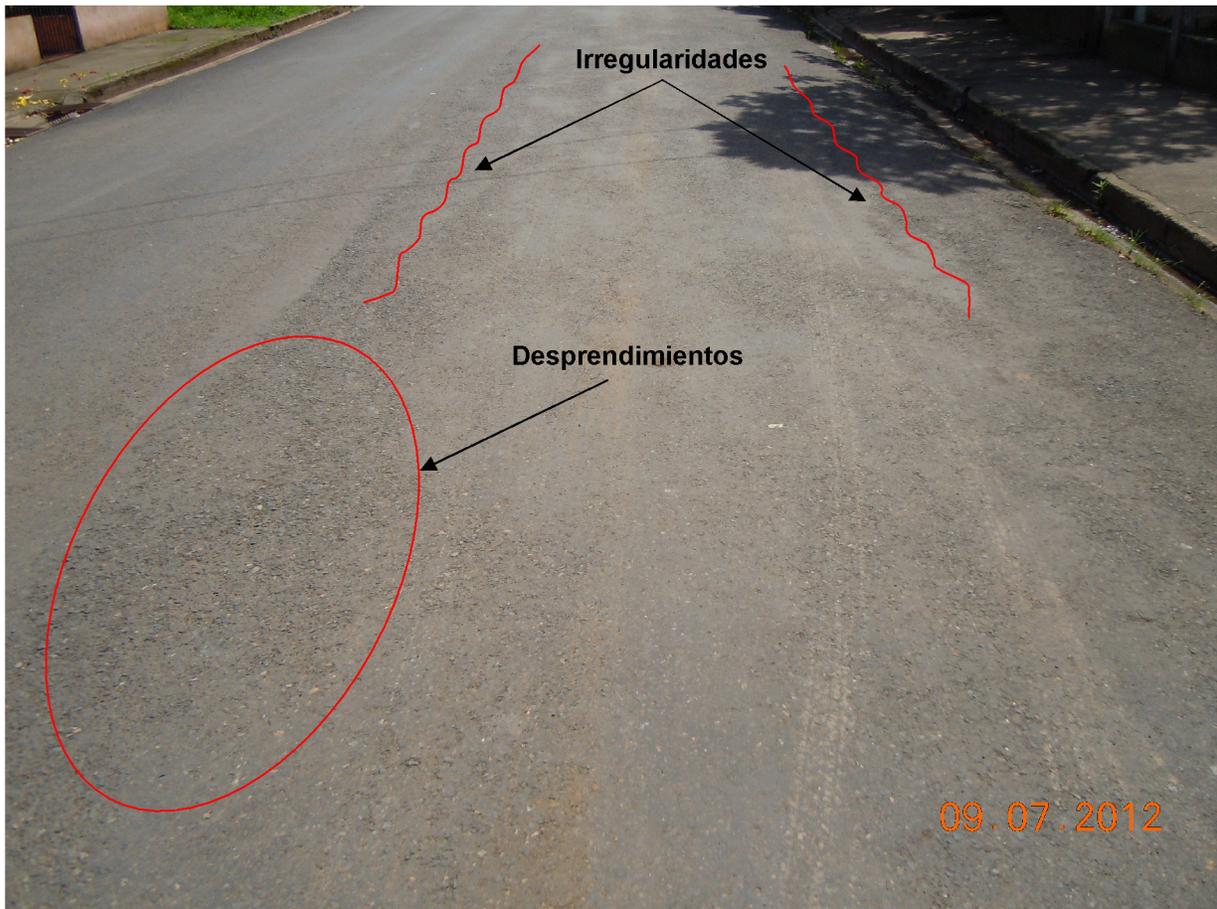
En la siguiente figura puede observarse la distribución porcentual de los tipos de intervención requerida según la cantidad de kilómetros analizados (aproximadamente 11,5 km), es de apreciar que un 30% (3,5 km) de la longitud evaluada posee una buena condición estructural y funcional, un 17% necesita una valoración a nivel de proyecto que permita determinar la condición actual del pavimento ya que se encuentra en una condición intermedia en cuanto a condición estructural y funcional.



**Figura 35.** Distribución de los diferentes tipos de intervención según las notas de calidad asignadas.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

Por otro lado un 23% (2,7 km) son candidatos para trabajos relacionados con una rehabilitación mayor, ya que la capacidad estructural ha disminuido considerablemente, un 4% necesita una recuperación funcional que permita mejorar el IRI del pavimento, ya que este se encuentra con una buena condición estructural pero la superficie de ruedo presenta daños como desprendimiento de agregado, lo que aumenta la rugosidad del pavimento y presenta irregularidades importantes (ver Figura 36). De los tramos evaluados dos son candidatos para una rehabilitación menor (0,4 km), mientras que cinco tramos (2 km) necesitan una reconstrucción parcial o total del pavimento ya que este ha llegado al final de su vida útil y presenta daños severos.



**Figura 36.** Tramo 27, ejemplo recuperación de la condición funcional (IRI).  
Fuente: LanammeUCR, 2012.

### 3.2.9 Diseño y Costos de los Tratamientos

Como se mencionó anteriormente se considerarán diferentes tipos de intervención según el estado actual en el que se encuentra cada uno de los tramos analizados:

- Mantenimiento de preservación.
- Recuperación de funcional (IRI).
- Análisis a nivel de proyecto.
- Rehabilitación menor.
- Rehabilitación mayor.
- Reconstrucción.



Para diseñar las diferentes intervenciones es necesario conocer las propiedades de los materiales de las capas que componen la estructura del pavimento. Para conocer la capacidad de los materiales se puede realizar retro cálculo de los módulos resilientes o se pueden estudiar los materiales a nivel del laboratorio, que aunque es una opción más certera requiere de una mayor inversión.

El retrocálculo se realiza considerando datos de deflectometría y utilizando los espesores de las diferentes capas, información generada a partir de los sondeos. El objetivo de realizarlo es estimar el valor del módulo para cada una de las capas que componen la estructura e incorporarlo como dato al diseñar las diferentes intervenciones que requieran los tramos, ya que se requiere realizar el diseño para diferentes “estructuras tipo” de la red vial cantonal.

Los costos generales de cada tipo de tratamiento se obtienen realizando una investigación del costo que representa para la municipalidad aplicar cada una de las intervenciones. Los costos totales de cada intervención se estiman al determinar los costos de intervenciones realizadas con anterioridad, ya sea por administración o por contrato. Si la municipalidad no cuenta con registros de costos, suficientes para determinar la inversión necesaria para cada tipo de intervención entonces podrá considerar costos de intervenciones realizadas sobre vías nacionales, por medio de investigación de licitaciones realizadas por el estado: CONAVI y MOPT. La investigación interna de costos y ajuste de los mismos al año actual debe realizarse como parte de las labores con las que el municipio se debe apoyar para el avance y desarrollo del plan quinquenal.

Es importante recalcar que los costos son generados para estructuras características de las rutas municipales de Cañas para un análisis a nivel estratégico, para presupuestar o definir con exactitud el costo específico para un proyecto se debe realizar un análisis y diseño formal del tipo de intervención para cada proyecto, es decir, realizar un análisis a nivel de proyecto.

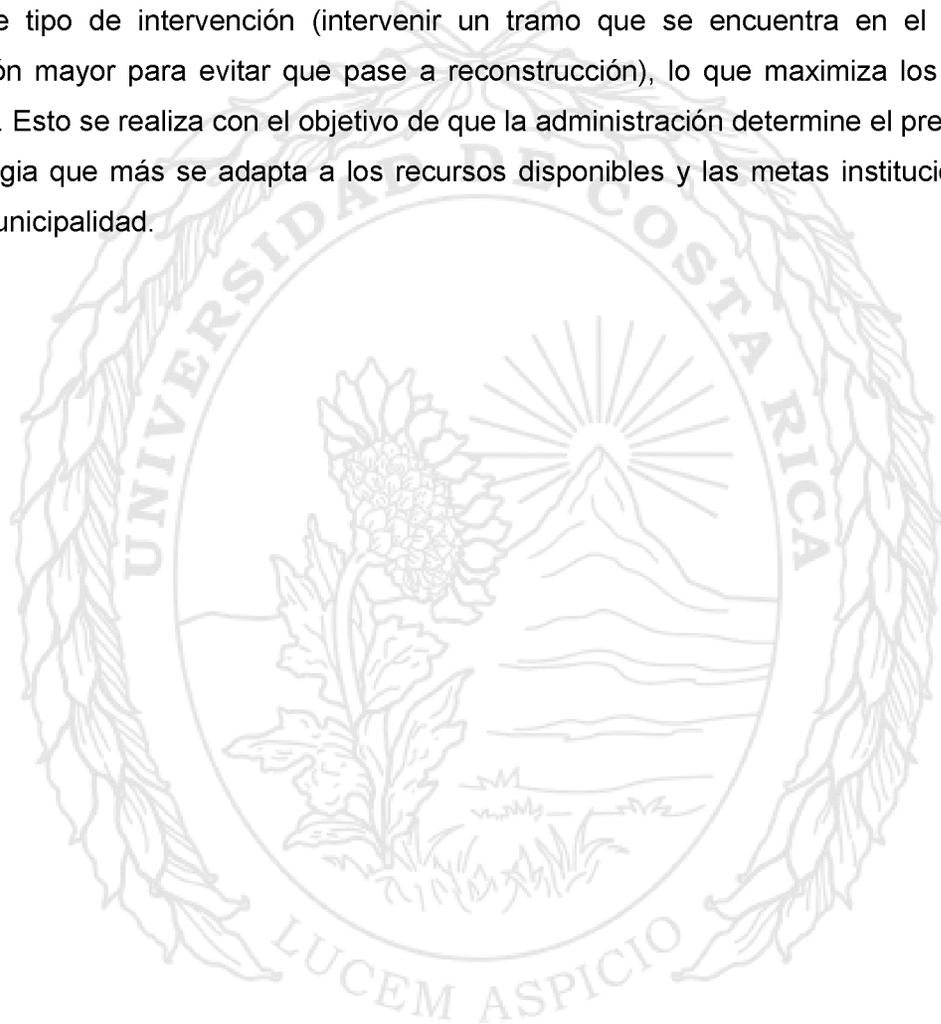
### *3.2.10 Escenarios de inversión*

Una vez que se cuente con la información actualizada de los costos según el tipo de intervención, es necesario que la municipalidad defina el presupuesto que se va a intervenir



en carreteras durante los próximos 5 años, así como las políticas que se pretenden aplicar para priorizar las rutas o tramos homogéneos que se pretenden intervenir, los cuales se incorporarán al plan quinquenal del gobierno local.

Es posible realizar diferentes escenarios de intervención, en los cuales se puede considerar tanto diferentes presupuestos como estrategias de intervención, tales como intervenir las vías de mayor tránsito, con un mayor deterioro o intervenir las carreteras antes de que cambien de tipo de intervención (intervenir un tramo que se encuentra en el límite de rehabilitación mayor para evitar que pase a reconstrucción), lo que maximiza los recursos disponibles. Esto se realiza con el objetivo de que la administración determine el presupuesto y la estrategia que más se adapta a los recursos disponibles y las metas instituciones que posee la Municipalidad.





## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

Los conteos realizados indican flujos vehiculares que en su mayoría son inferiores a 5000 vehículos diarios, con porcentajes de pesados que varía desde valores bajos como 2,8 % hasta valores altos como 8,2 %, es importante destacar que la ruta con el mayor flujo de vehículos pesados también es la ruta que posee el TPDA más alto; 5021 vehículos.

Las mediciones del IRI, indican que cerca de un 71% de las mediciones realizadas corresponden a una condición de regularidad superficial regular o buena y un 29% está asociado a una condición mala o muy mala.

Las deflexiones obtenidas indican que cerca de un 38% de las mediciones se deben a una buena condición estructural, por otro lado un 45% de las mediciones indican una estructura de pavimento deficiente.

Las estructuras de pavimento según los sondeos realizados están formadas en su mayoría por carpetas asfálticas que van desde los 5 cm hasta los 10,5 cm aproximadamente, con bases granulares que varían su espesor entre 8,5 cm y 30 cm y en casos particulares acompañados de una sub-base u otro material de relleno.

Los ensayos realizados indican que la sub-rasante se encuentra formada en su mayoría por suelos de baja calidad, mayoritariamente arcillas con una plasticidad de media a alta y con CBR inferiores al 6%, a excepción del sondeo 8, donde el valor registrado es de aproximadamente el 15% que corresponde a un CBR regular.

Se generaron 35 tramos homogéneos que tienen como objetivo definir unidades discretas para facilitar la gestión municipal en cuanto al mantenimiento y mejoramiento de la red. Cada uno de los tramos requiere de un tipo de intervención particular a lo largo de su longitud.

Los cuadrantes centrales de Cañas presentan las mejores condiciones estructurales y de regularidad superficial, esto se ve reflejado con la presencia de notas como Q1, Q2 y Q3, sin embargo es importante destacar que en estos tramos existe un problema importante de



exudación que debe ser atendido en el corto plazo ya que representa un riesgo para la seguridad de los conductores y peatones.

Según los resultados obtenidos un 30% de la red vial evaluada se encuentra en condiciones de preservación y mantenimiento, por otro lado un 21% necesita algún tipo de rehabilitación mayor, mientras un 18% debe reconstruirse total o parcialmente.

Es importante recalcar que los diferentes tipos de intervenciones sugeridos en este informe son generales y se enfocan en un nivel de análisis estratégico, por lo que pueden ser utilizadas como una herramienta de gestión por el municipio, sin embargo, es necesario realizar un diseño específico que considere los diferentes parámetros requeridos para un diseño a nivel de proyecto antes de la planeación y la ejecución de la obra.

Las recomendaciones de intervención se establecen basadas en la condición del pavimento en el momento de ejecutar los ensayos de laboratorio y campo (año 2010), además se proponen como soluciones óptimas generales de cada tramo homogéneo, es decir, si un tramo homogéneo requiere reconstrucción y se aplica una solución de menor costo, se solucionará el problema temporalmente, sin embargo, a corto o mediano plazo presentará deficiencias, por lo que no se estarían optimizando los recursos disponibles.

## 4.2 Recomendaciones

Realizar la clasificación de la red vial cantonal, tomando en cuenta flujos vehiculares e importancia de las diferentes rutas, con el fin obtener una jerarquización actualizada de las diferentes vías.

Actualizar de forma periódica los conteos, ya que estos son un indicador directo de los requerimientos estructurales de la red vial y permite detectar cambios en el flujo vehicular que podrían afectar a rutas de baja capacidad.

Generar un plan de inversiones a mediano plazo, plan quinquenal, en donde se definan los tramos homogéneos que se intervendrán cada año, el cual considere el presupuesto

Informe LM-PI-GM-07-12	Fecha de emisión: Octubre de 2012	Página 61 de 68
------------------------	-----------------------------------	-----------------



disponible, los tipos de intervención sugeridos y los costos de ejecución del municipio. Así mismo, se recomienda intervenir tramos que se encuentren dentro de la categoría rehabilitación mayor, para evitar tener que hacer mayores intervenciones a un corto plazo, ya que tramos con esta condición se deterioran con rapidez, pasando a notas de calidad R2-R3, donde lo que se requeriría es una reconstrucción y por lo tanto inversiones mayores, de igual forma deberían tener prioridad los tramos en la condición de preservación, para prolongar la vida útil de los mismos y maximizar la inversión realizada.

Es necesario que el municipio realice un diagnóstico interno de la organización, funciones desempeñadas y las responsabilidades de los diferentes miembros de la Unidad Técnica de Gestión Municipal, con el objetivo de identificar los aspectos que se requieren fortalecer, para realizar una gestión más eficiente y eficaz del mantenimiento y mejora de la red vial cantonal que administra.

Antes de definir un plan quinquenal es adecuado que institucionalmente se definan las metas a alcanzar y las políticas que se ejecutarán, las cuales deberían estar basadas en el diagnóstico de la condición actual, de manera que se encuentren acordes a la realidad de la red en cuestión y los recursos disponibles.

-----UL-----



## 5 REFERENCIAS

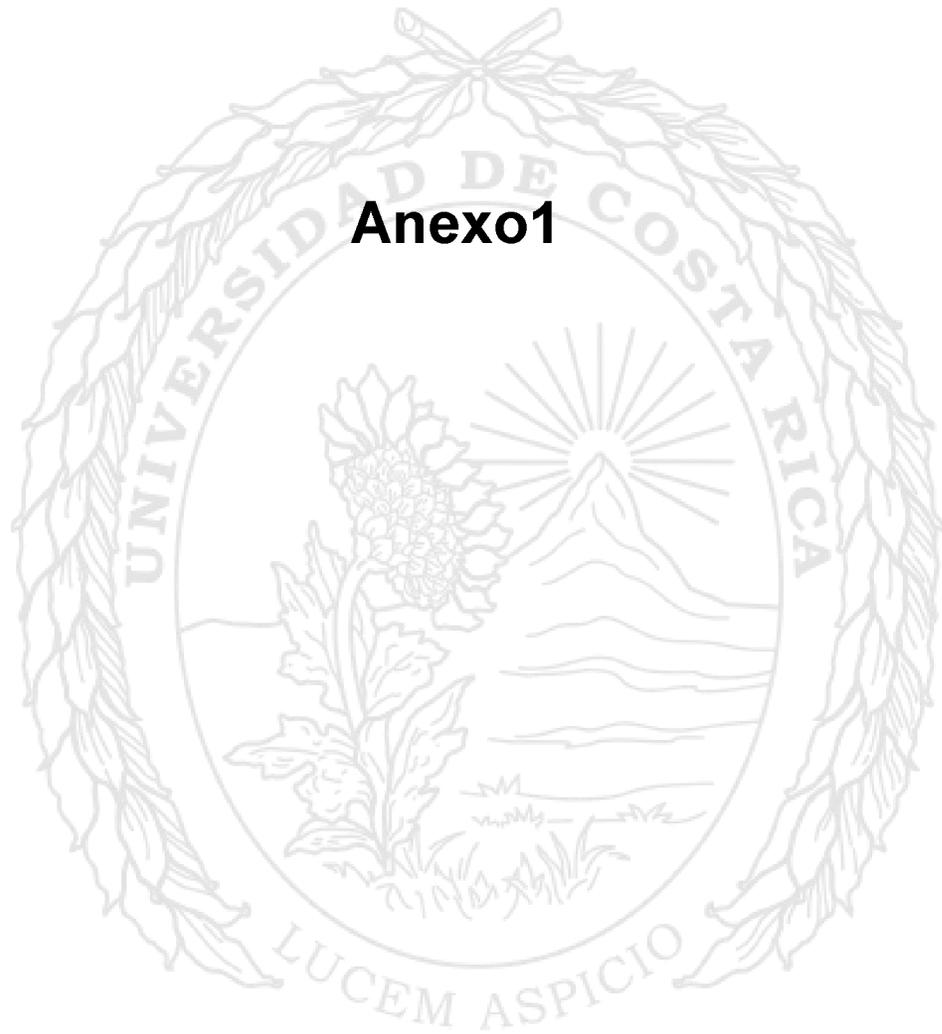
- Amador, Luis; Mrawira Donath. (Enero 2008) Performance Modeling for Asset Management: What to when you only have two data points; University of New Brunswick.
- Badilla V., G. "Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)" Infraestructura Vial, N°21 (Febrero 2009).
- Hass, R.; Hudson, W.R.; Zaniewski, J. (1993). Modern Pavement Management. R.E. Krieger Publishing Company, Florida.
- Autret P, Brousse J. (1996). VIZIR Método con ayuda de computador para la estimación de necesidades en el mantenimiento de una red carretera; Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
- Informe LM-PI-PM-04-09, Informe de Avance: Desarrollo de un sistema para la conservación vial en la municipalidad de La Unión. Proyecto Municipal, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José, Costa Rica. Agosto, 2009.
- López Ramírez, Sharline. Sistema piloto de administración de pavimentos en la Municipalidad de La Unión, Heredia. Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica – San José, Costa Rica. Febrero, 2009.
- Orozco Santoyo R. V. Evaluación de Pavimentos con Métodos no Destructivos. Tesis para obtener el Grado de Doctor en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 2005.
- Proyecto N° UI-PC-04-08, Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices de red vial nacional, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José Costa Rica. Noviembre, 2008.
- Proyecto N° UI-PC-03-08, Variaciones a los Rangos para la Clasificación Estructural de la Red Vial Nacional de Costa Rica. Unidad de Investigación en Infraestructura Vial



(UIIVI), Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José Costa Rica. Agosto, 2008.

- Solminihac H. (1998). Gestión de Infraestructura Vial; Editorial Universidad Católica de Chile, Chile.
- Wave; Department of Transportation of New Brunswick. (2005). Appendix Document, Asset Management Business Framework, New Brunswick Department of Transportation.





Conteo	Coord_x	Coord_y	Tipo Conteo	TPDA	% Motos	% livianos	%C2+Bus	% C3	% T3-S2	ESALs 10	ESALs 15	ESALs 20
1	416781.150	267784.440	Parcial	4124	8.63	84.70	5.52	0.97	0.18	1.10E+06	1.84E+06	2.74E+06
2	416920.770	267794.030	Total	5021	5.61	86.23	6.16	1.32	0.68	1.88E+06	3.08E+06	4.58E+06
3	417133.290	267838.890	Parcial	2716	8.24	88.10	3.26	0.16	0.24	4.02E+05	6.71E+05	9.98E+05
4	416790.580	267513.220	Parcial	1937	6.31	88.63	4.39	0.48	0.18	3.86E+05	6.44E+05	9.58E+05
5	417273.510	267633.840	Total	2284	7.51	84.43	7.74	0.28	0.05	6.54E+05	1.09E+06	1.62E+06
6	416826.580	267351.460	Parcial	3517	8.77	85.92	4.66	0.34	0.31	7.57E+05	1.26E+06	1.88E+06
7	416860.320	267292.390	Total	2084	7.14	86.51	5.89	0.23	0.23	5.05E+05	8.43E+05	1.25E+06
8	416773.560	267612.170	Total	2088	8.05	86.06	5.04	0.52	0.33	5.03E+05	8.38E+05	1.25E+06
9	416452.760	267648.770	Total	1734	7.23	84.78	7.40	0.53	0.06	5.08E+05	8.43E+05	1.25E+06
11	416584.870	268084.740	Total	1210	7.26	84.60	7.35	0.61	0.17	3.72E+05	6.21E+05	9.23E+05
12	416997.880	268135.720	Parcial	2607	7.95	89.22	2.49	0.04	0.31	3.18E+05	5.30E+05	7.88E+05
13	416786.000	268147.240	Parcial	2604	9.10	86.63	3.61	0.61	0.04	4.30E+05	7.17E+05	1.07E+06
14	417074.190	267454.410	Total	1875	6.13	87.59	5.47	0.51	0.30	4.72E+05	7.87E+05	1.17E+06
15	416973.560	267500.220	Total	2898	7.37	88.55	3.40	0.32	0.36	5.10E+05	8.50E+05	1.26E+06
16	417189.920	267504.650	Parcial	2445	9.01	87.23	3.50	0.09	0.18	3.55E+05	5.92E+05	8.80E+05

