

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

LM-PI-GM-02-2012

INFORME DE AVANCE

EJECUCIÓN DE CONVENIO DE COOPERACIÓN MUNICIPALIDAD DE ZARCERO



Preparado por:

Unidad de Gestión Municipal

San José, Costa Rica

22 de Febrero de 2012



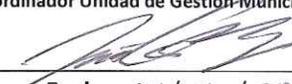
1. Informe LM-PI-GM-10-2012		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: INSPECCIÓN SOBRE CONDICIÓN DE ACERAS CALLE SAN LUIS DE FLORENCIA		4. Fecha del Informe Mayo, 2011
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
6. Notas complementarias Ninguna		
7. Resumen En este informe se presentan las observaciones de la inspección visual y evaluación de la acera en la calle de acceso a la localidad de San Luis de Florencia. Esta evaluación es un producto del convenio de cooperación y asesoría técnica sobre gestión vial suscrito entre la Municipalidad de San Carlos y el Lanamme UCR.		
8. Palabras clave Aceras, inspección, evaluación, Municipalidad, San Carlos.	9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 16
11. Inspección realizada por: Ing. Josué Quesada Campos Ing. Sharline Lopez Ramírez Ingenieros Unidad de Gestión Municipal   Fecha: 24 / 05 / 12	12. Informe preparado por: Ing. Josué Quesada Campos Ingeniero Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 24 / 5 / 12	13. Colaboradores: Téc. Fernando Porras Fonseca Téc. Andrey Chavarría Quesada Técnicos Unidad de Gestión Municipal
14. Revisado por: Ing. Jaime Allen Monge, MSc. Coordinador Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 24 / 5 / 2012	15. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Fecha: / /	16. Aprobado por: Ing. Guillermo Loria Salazar, PhD. Coordinador General PITRA  Fecha: 24 / 05 / 2012

TABLA DE CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES.....	4
1.1	ASESORÍA TÉCNICA.....	4
1.2	CAPACITACIÓN.....	5
1.3	VENTA DE SERVICIOS.....	5
1.4	RECURSOS FINANCIEROS.....	5
1.5	LEY 8114: REGLAMENTO SOBRE EL MANEJO, NORMALIZACIÓN Y RESPONSABILIDAD PARA LA INVERSIÓN PÚBLICA EN LA RED VIAL CANTONAL.....	5
1.6	PROGRAMA DE TRABAJO.....	6
2.	PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL.....	6
3.	DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL DE LA MUNICIPALIDAD DE ZARCERO.....	9
3.1	OBJETIVO.....	9
3.2	ACTIVIDADES.....	9
3.2.1	CLASIFICACIÓN DE LA RVC.....	9
3.2.2	TRANSITO VEHICULAR DIARIO.....	13
3.2.3	IDENTIFICACIÓN DE CONDICIÓN FUNCIONAL.....	21
3.2.3.1	DETERIOROS SUPERFICIALES.....	21
3.2.3.2	INDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI).....	29
3.2.4	IDENTIFICACIÓN DE CONDICIÓN ESTRUCTURAL.....	34
3.2.5	CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO.....	40
3.2.5.1	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	40
3.2.5.2	CARACTERIZACIÓN DE SUBRASANTE.....	43
3.2.5.3	CLASIFICACIÓN DE SUBRASANTES SEGÚN CBR.....	54
3.3	ACTIVIDADES RESTANTES.....	60
4.	BIBLIOGRAFÍA.....	61

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 modificó el Artículo 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 Zarcero 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 Zarcero y la Universidad de Costa Rica suscriben un convenio de cooperación, que presenta las siguientes actividades principales:

1.1 Asesoría Técnica

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

- Evaluar la operación y uso de la red vial cantonal del casco central y de los principales centros poblacionales del cantón de Zarcero.
- Evaluar la condición superficial y estructural de los pavimentos existentes.
- Desarrollar e implementar una metodología para clasificar y priorizar la RVC.
- Definir Políticas y Normas de Ejecución para conservar la RVC.
- Definir las intervenciones técnicas de los proyectos a ejecutar.
- Elaborar un Plan de Inversiones para implementar el Plan de Conservación.
- Definir Indicadores de Evaluación del Cumplimiento del Plan de Conservación.
- Elaborar un Plan de Conservación de estructuras de puentes.

1.2 Capacitación

El 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

El LanammeUCR realizará sondeos a cielo abierto, 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 Zarceró y los principales centros poblacionales del cantón.

1.4 Recursos Financieros

La Municipalidad asignará un monto específico de contrapartida de recursos monetarios para realizar sondeos, ensayos de laboratorio y campo únicamente.

Para desarrollar las actividades específicas de Asesoría Técnica, Capacitación y Venta de Servicios, las partes suscribieron un convenio marco de cooperación, además de la realización de reuniones de coordinación; en donde se definieron las actividades a realizar, los productos a obtener, y los recursos humanos y financieros requeridos. Estos acuerdos de implementación fueron aprobados por los responsables asignados por las partes para la implementación de este convenio.

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 (UTGV).

En el artículo 14 se estipulan las funciones que debe cumplir la UTGV. Una de las principales funciones con las que debe cumplir es el 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, debe 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.

LM-PI-GM-02-2012	Fecha de emisión: Febrero de 2012	Página 5 de 61
------------------	-----------------------------------	----------------

1.6 Programa de Trabajo

Como parte de los trabajos de coordinación realizados durante el inicio de la ejecución del convenio de cooperación entre la Municipalidad de Zarcero y el LanammeUCR, se llevó a cabo la programación de un esquema de trabajo donde se definieron fechas tentativas para el cumplimiento de cada uno de los tópicos concernientes al diagnóstico de la RVC y al trabajo posterior de elaboración del Plan Quinquenal de intervención.

Se presenta a continuación el programa de trabajo que se estableció para los fines mencionados anteriormente:

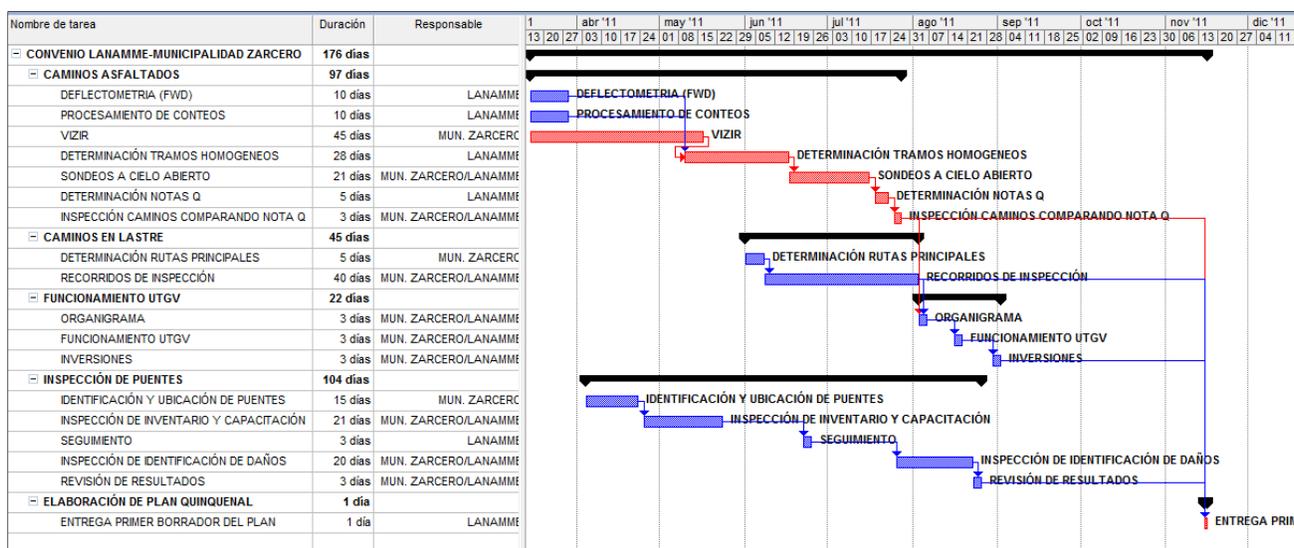


Figura 1: Plan de trabajo establecido para ejecución de convenio
Fuente: LanammeUCR, 2011

Durante la ejecución del plan en el año 2011 se presentó un retraso en la ejecución de la evaluación funcional de las vías por el método del VIZIR, lo cual acarreo una demora de aproximadamente un mes y medio. Como parte del trabajo restante se espera readecuar las actividades faltantes detalladas en el programa de trabajo acordado entre las partes para cumplir con el plazo de ejecución establecido en el convenio.

2. Proceso de Gestión de Infraestructura Vial

El organismo encargado de la infraestructura, específicamente de los pavimentos, debe ser capaz de establecer y aplicar sistemas de gestión, de manera que se facilite el establecimiento de los proyectos individuales que se pretenden ejecutar, para que se dé una mejora de la condición la red vial a su cargo.

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 conseguir un adecuado sistema de gestión es útil conocer algunos de sus requerimientos esenciales:

- Capacidad de ser fácilmente utilizado, posibilitando agregar y actualizar datos, así como modificarlo con nueva información sin mayor complicación.
- 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 usar información de retroalimentación para conocer las consecuencias de las decisiones.

Los pavimentos son estructuras complejas que se ven afectadas por diferentes variables: combinaciones de cargas que soportan, solicitudes de medio ambiente, propiedades de los materiales y formas de construcción, mantenimiento, entre otros. Es importante entender claramente los factores técnicos y económicos que involucran su construcción, utilización y mantenimiento para poder hacer una apropiada gestión de pavimentos.

El comienzo de una gestión integral de los elementos de la infraestructura vial puede iniciar con uno de sus elementos más importantes, el pavimento, pero en forma progresiva deben ir agregándose las herramientas que permitan gestionar la conservación de todos los demás elementos (alcantarillados, puentes, señalización, etc.) que proveen al usuario de una operación segura y de bajo costo (De Solminihac, 1998).

Para establecer un sistema de gestión vial es necesario delimitar todas sus fases y destacar los productos asociados a cada proceso. El siguiente esquema demuestra el flujo grama para el proceso de gestión vial en el ámbito municipal, aplicado específicamente a la Municipalidad.

Proceso de gestión vial

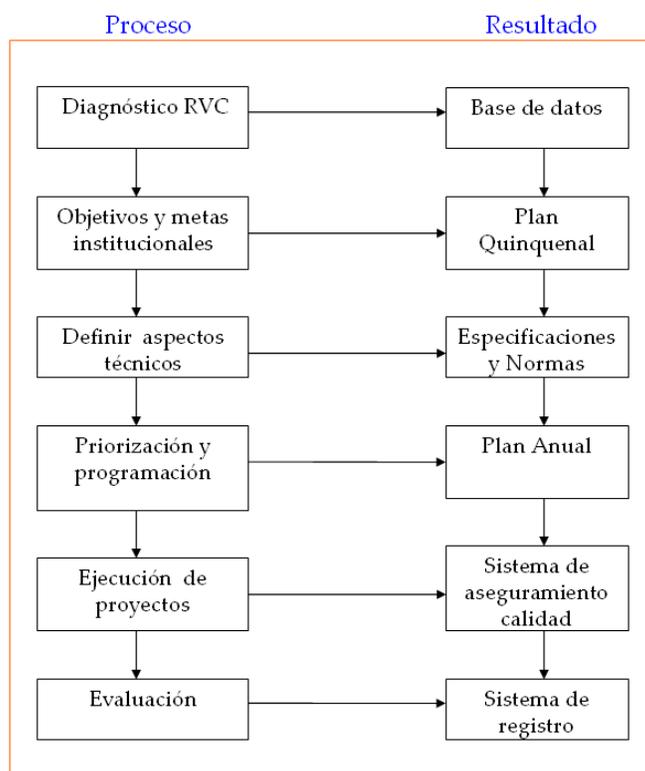


Figura 2: Esquema de proceso de gestión vial
Fuente: LanammeUCR, 2008.

En el caso de Zarcero, hasta la fecha se ha trabajado principalmente en el diagnóstico de la Red Vial Cantonal (RVC), el producto principal hasta el momento es la creación de la base de datos. A partir del diagnóstico se puede proceder a definir los objetivos y metas institucionales, y con esto definir el plan quinquenal. A continuación se presenta el detalle del diagnóstico de la RVC de la Municipalidad de Zarcero.

3. Diagnóstico de la Red Vial Cantonal de la Municipalidad de Zarcero

3.1 Objetivo

Realizar una evaluación de la RVC de Zarcero, para obtener una base de datos con diferentes características técnicas de la infraestructura vial de la red. El diagnóstico también es insumo para definir los objetivos y metas institucionales, con el objetivo principal de desarrollar un plan quinquenal de conservación de la RVC de Zarcero.

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 las estructuras de pavimento presentes
6. Definir tramos homogéneos
7. Definir las notas de calidad Q asociadas a cada tramo homogéneo

3.2.1. Clasificación de la RVC

Se evalúa el uso y operación de la RVC y se categorizan las rutas según su función o 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. También se realiza un recorrido preliminar por la RVC, para determinar puntos estratégicos de mayores volúmenes y observar un panorama general de la movilidad en la RVC. Se adjuntan los mapas con la clasificación de la RVC del casco central de la Municipalidad de Zarcero y de los principales centros poblacionales.

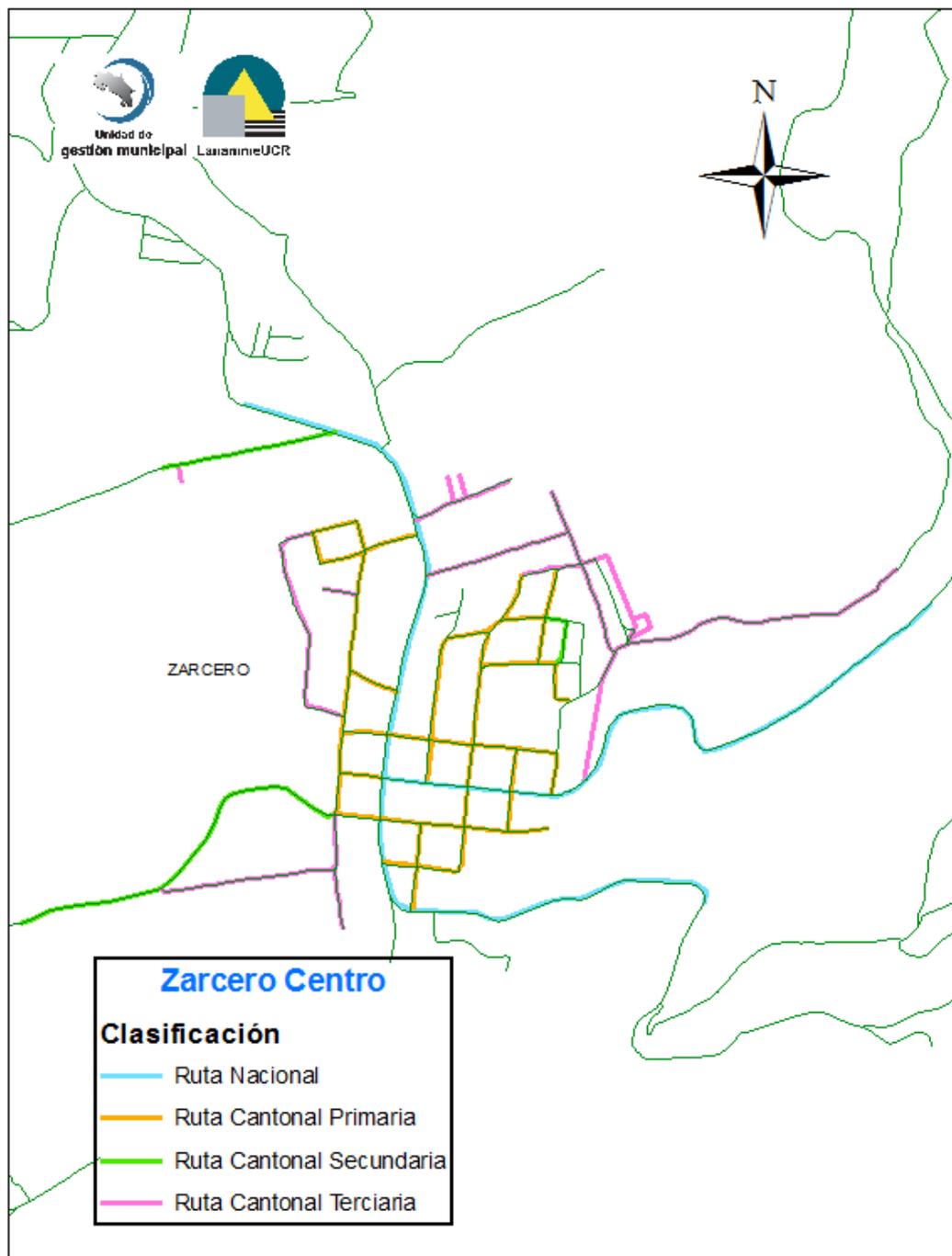


Figura 3: Clasificación de vías en casco central de Zarcero
Fuente: LanammeUCR, 2011.

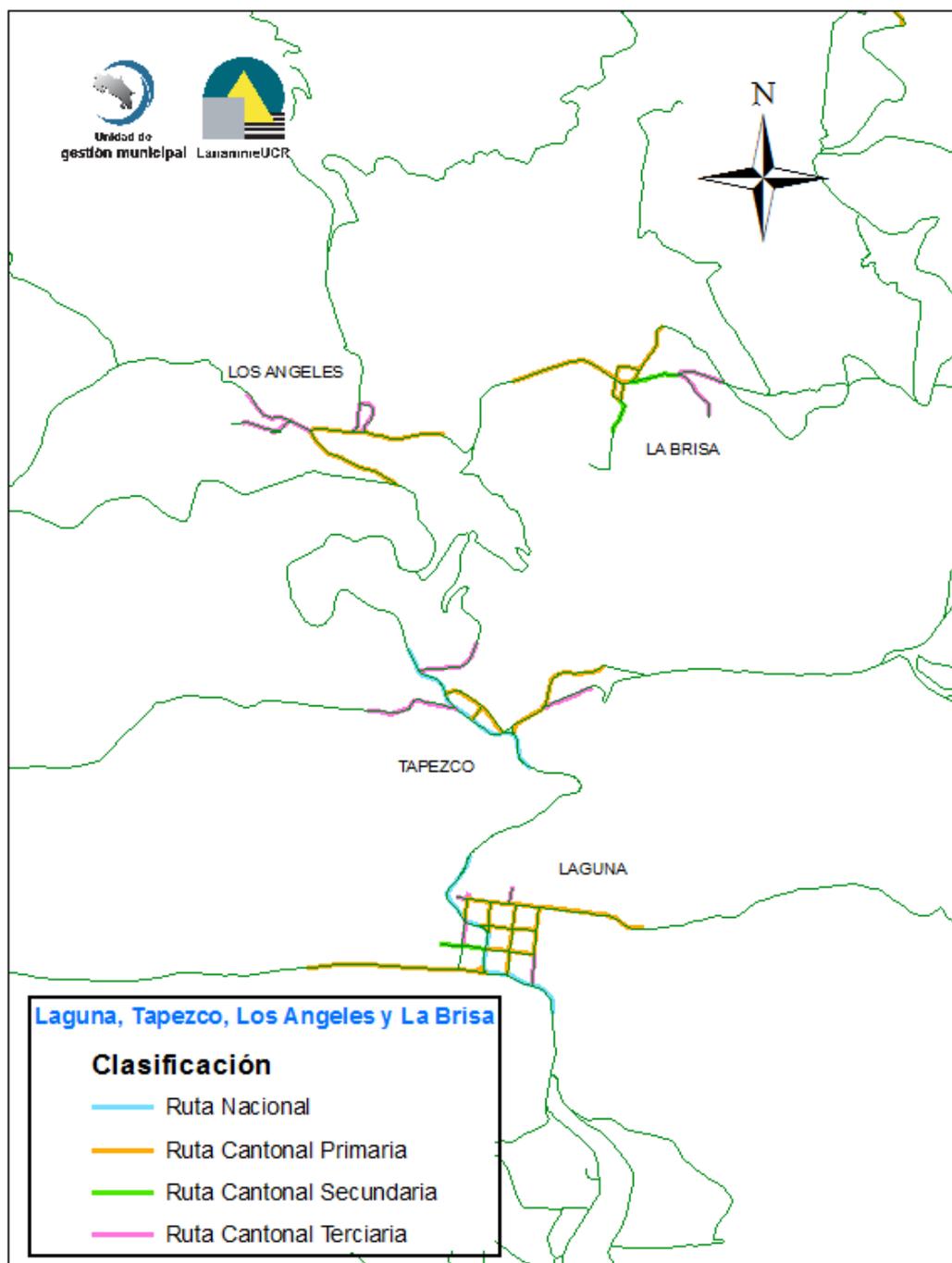


Figura 4: Clasificación de vías en Laguna, Tapezco, Los Ángeles y La Brisa
Fuente: LanammeUCR, 2011.

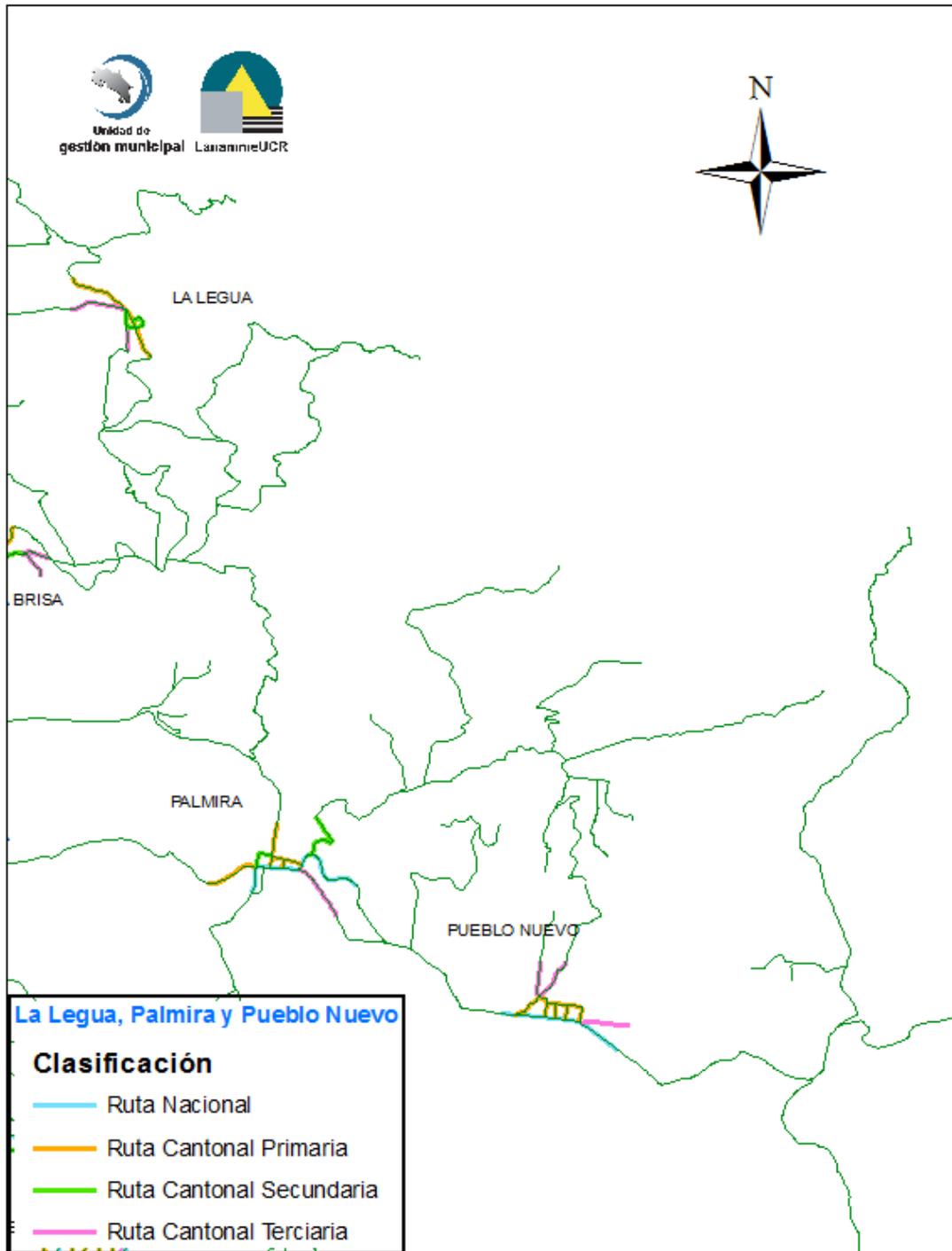


Figura 5: Clasificación de vías en La Legua, Palmira y Pueblo Nuevo
Fuente: LanammeUCR, 2011.

El enfoque del diagnóstico, así como del análisis de los datos asociados a la red se orienta hacia las vías primarias y secundarias definidas por la misma UTGV como las más importantes al estar en los principales centros poblacionales, no obstante, se aclara que las vías que no se contemplan en el presente estudio deben ser gestionadas a través de otra manera.

3.2.2. Tránsito vehicular diario

Conocer las principales características del tránsito, tanto en cantidad como tipo de vehículos, que circulan sobre la red vial cantonal es fundamental para el planeamiento de la inversión a realizar sobre las diferentes vías. 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 correctivas para la rehabilitación o mantenimiento oportuno. Es por esto que el desarrollar el hábito de medir el tránsito al menos cada año en puntos estratégicos de la red es esencial para una adecuada gestión vial.

Para determinar el TPD se deben realizar conteos vehiculares que incluyan la clasificación vehicular en las vías primarias y de travesía de la RVC. El propósito de los conteos de tránsito es conocer la cantidad y tipos de vehículos que transitan por la RVC. En este sentido, se realizó un trabajo conjunto entre el LanammeUCR y la UTGV para brindar asesoría en el tema de la colocación de los instrumentos de medición y recolección de los datos; además, se facilitaron los equipos para la realización de los conteos.

Los conteos vehiculares se realizan sobre sitios representativos de la red vial, principalmente sobre los puntos de mayor tránsito en la zona de estudio. Estas mediciones se realizaron 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.
- Tomar en cuenta ambos periodos de hora pico en los conteos.
- 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.



Figura 6. Cables y contadores automáticos en sitio.
Fuente: LanammeUCR, 2008.

En el casco central del cantón de Zarcero y en los principales centros poblacionales se realizaron 34 conteos en total, los cuales fueron realizados, en su mayoría, sobre vías primarias. Los conteos se realizaron durante períodos de tiempo superiores a las 24 horas.

En las siguientes figuras se presentan los sitios en donde se realizaron los conteos en el casco central del cantón de Zarcero y en los principales centros poblacionales del cantón. Para la clasificación de los conteos se utilizaron símbolos en diferentes colores para diferenciar los tipos de tránsito utilizados según indica la leyenda en cada caso. Los colores representan una clasificación interna, realizada con los volúmenes vehiculares obtenidos a través de los conteos, para la cual se hizo uso de percentiles. El tránsito bajo (color verde) es considerado como un tránsito inferior a los 200 vehículos, el tránsito medio (color amarillo) se encuentra entre los 200 y los 600 vehículos diarios, el tránsito medio alto (color naranja) se encuentra entre los 600 y los 900 vehículos diarios y se considera tránsito alto (color rojo) a partir de los 900 vehículos diarios.

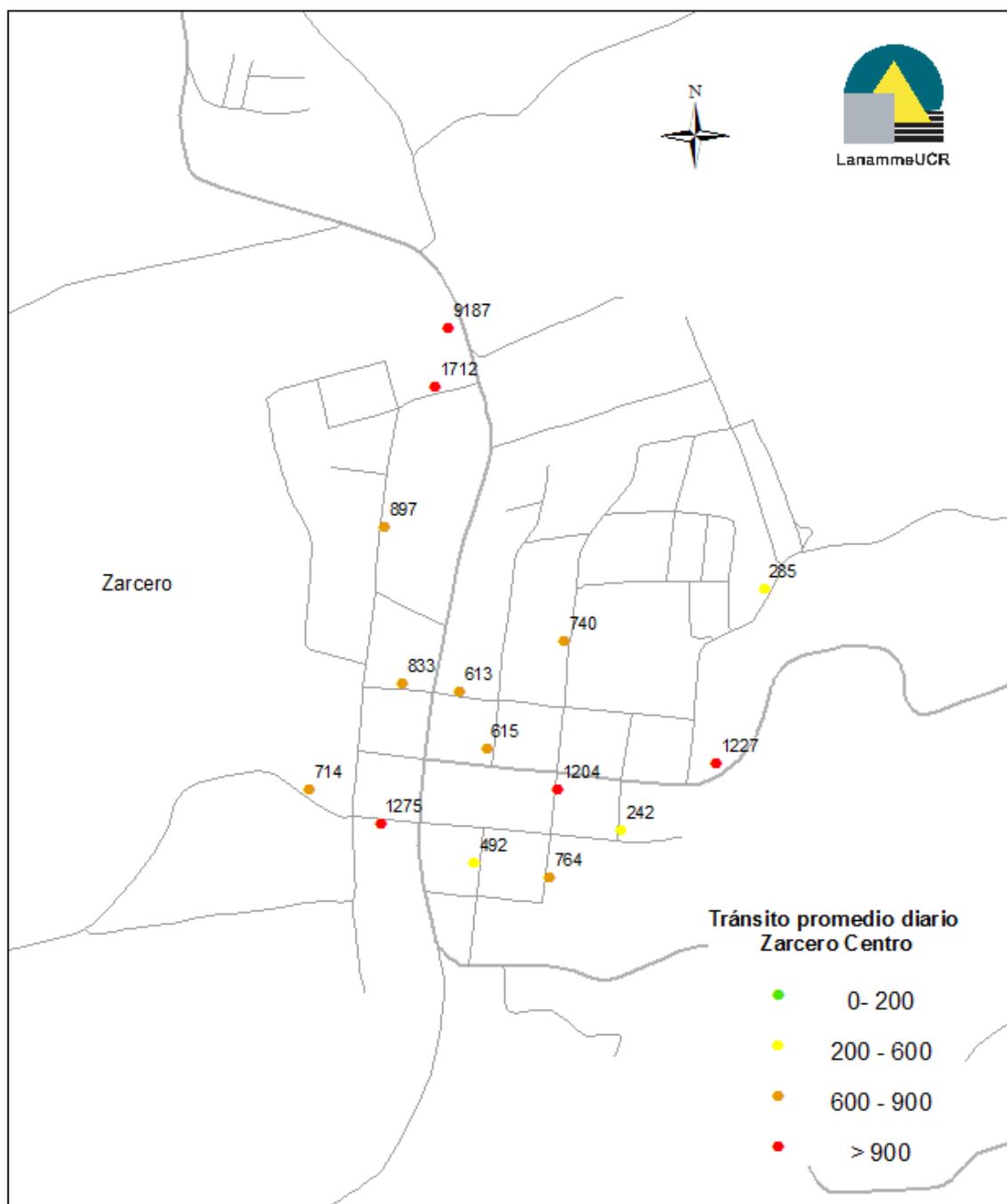


Figura 7: Conteos vehiculares en casco central de Zarcoero

Fuente: LanammeUCR, 2011.

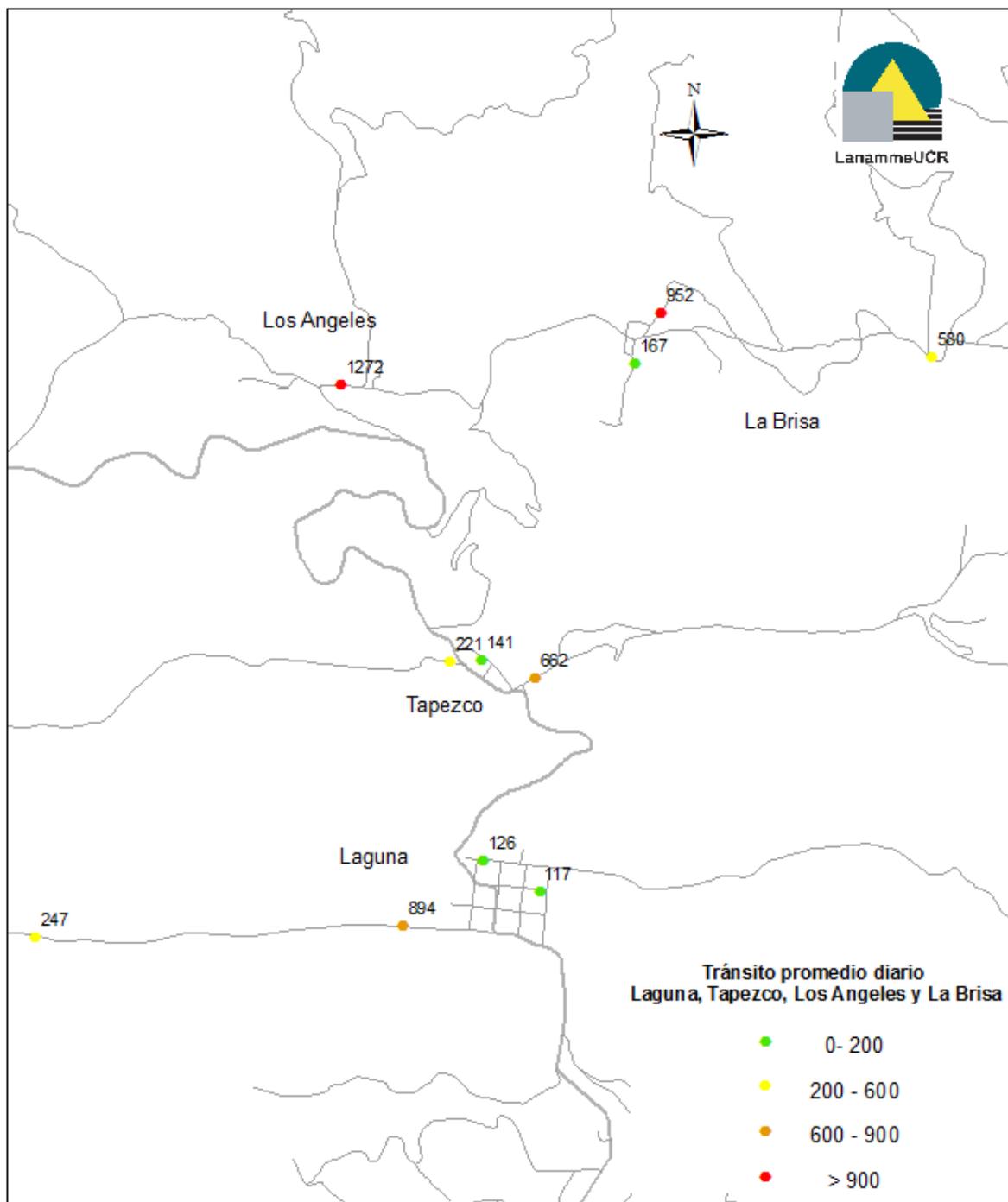


Figura 8: Conteos vehiculares en Laguna, Tapezco, Los Ángeles y La Bresa
Fuente: LanammeUCR, 2011.

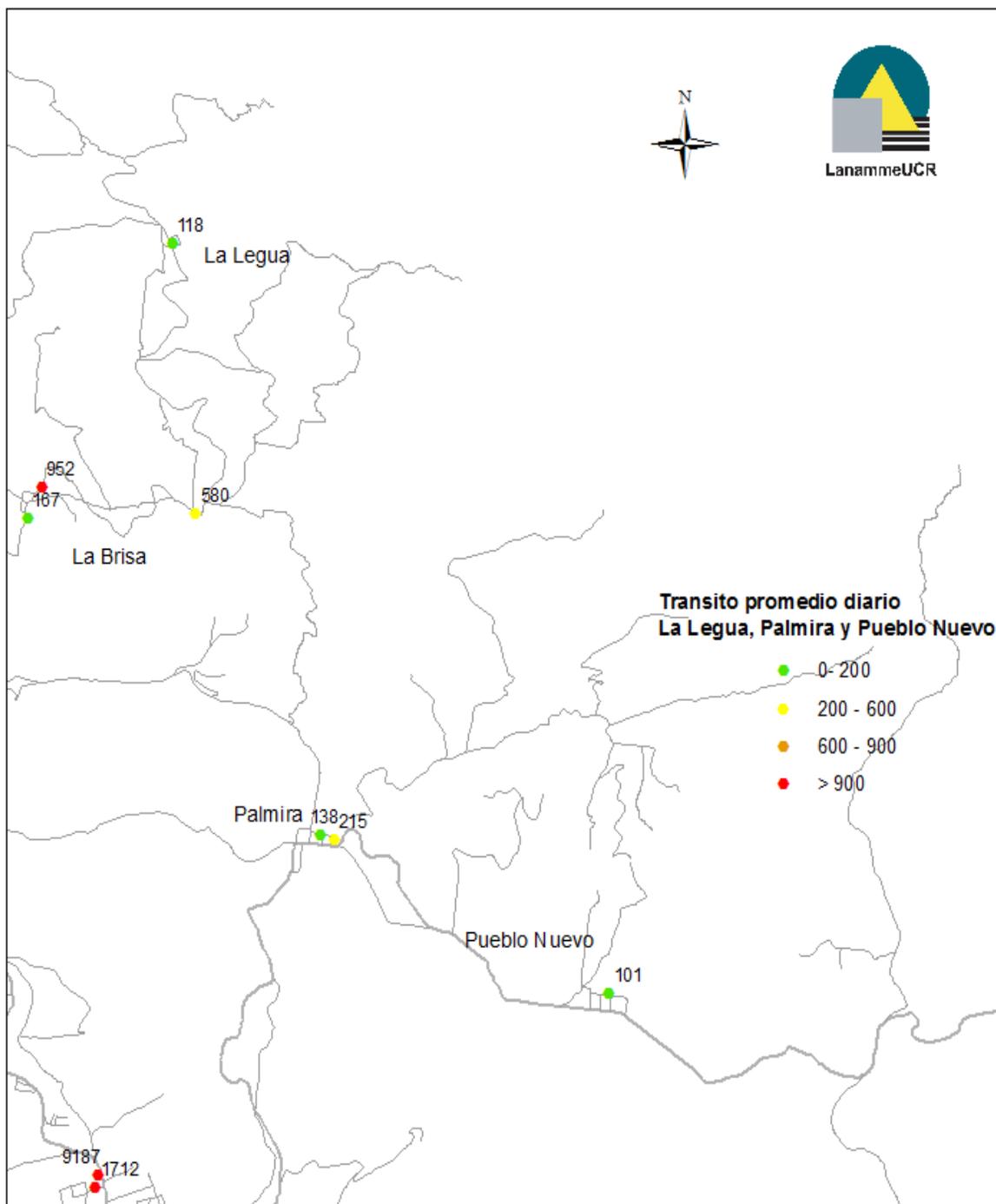


Figura 9: Conteos vehiculares en La Legua, Palmira y Pueblo Nuevo
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Es importante mencionar que el volumen de 24 horas es representativo de las condiciones del sitio, no obstante, para poder considerarlo como tránsito promedio diario anual (TPDA) es necesario calibrarlos con factores de expansión. Para esto es necesario que la municipalidad realice conteos semanales en al menos tres sitios de la red, con el objetivo de calibrar los conteos según el día de la semana que se realizaron.

Además de la cantidad de vehículos que circulan diariamente en las vías, es importante conocer la cantidad de vehículos pesados, ya que este tipo de vehículos ejercen un mayor desgaste del pavimento, con respecto a los vehículos livianos. En las siguientes figuras se presentan los porcentajes de vehículos pesados que transitan sobre diferentes vías.

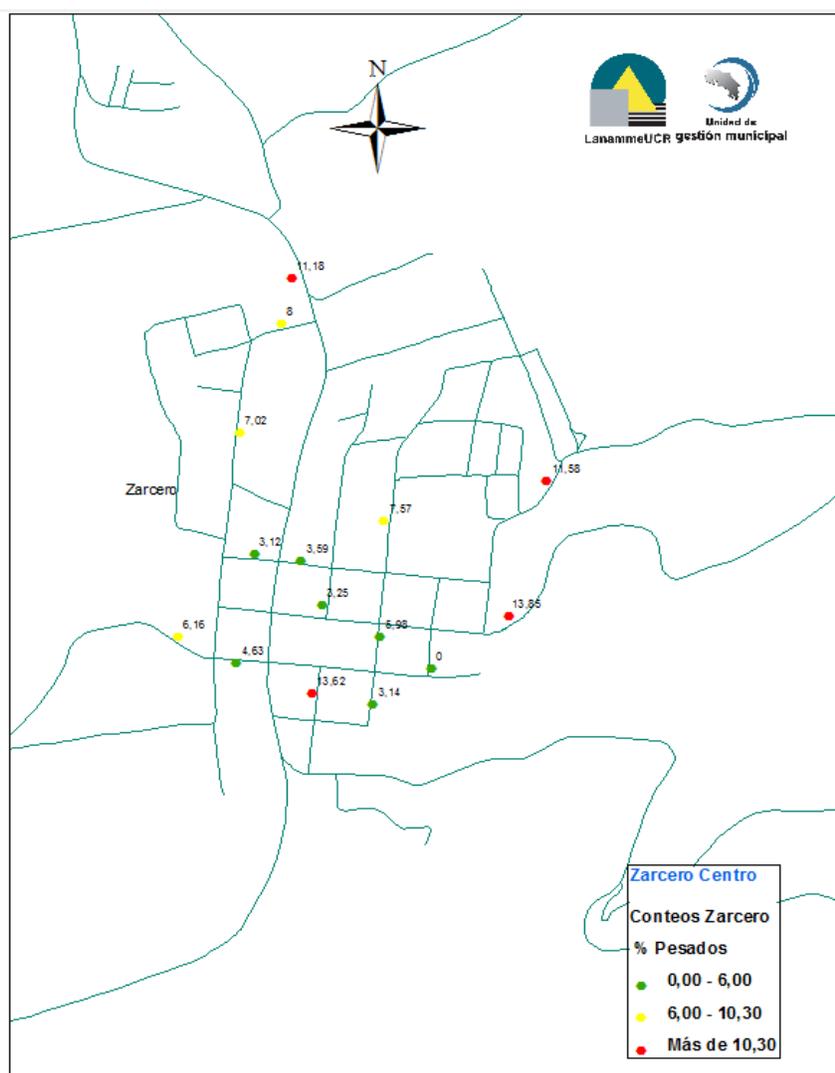


Figura 10: Porcentajes de vehículos pesados en Zarcoero Centro
Fuente: LanammeUCR, 2011.

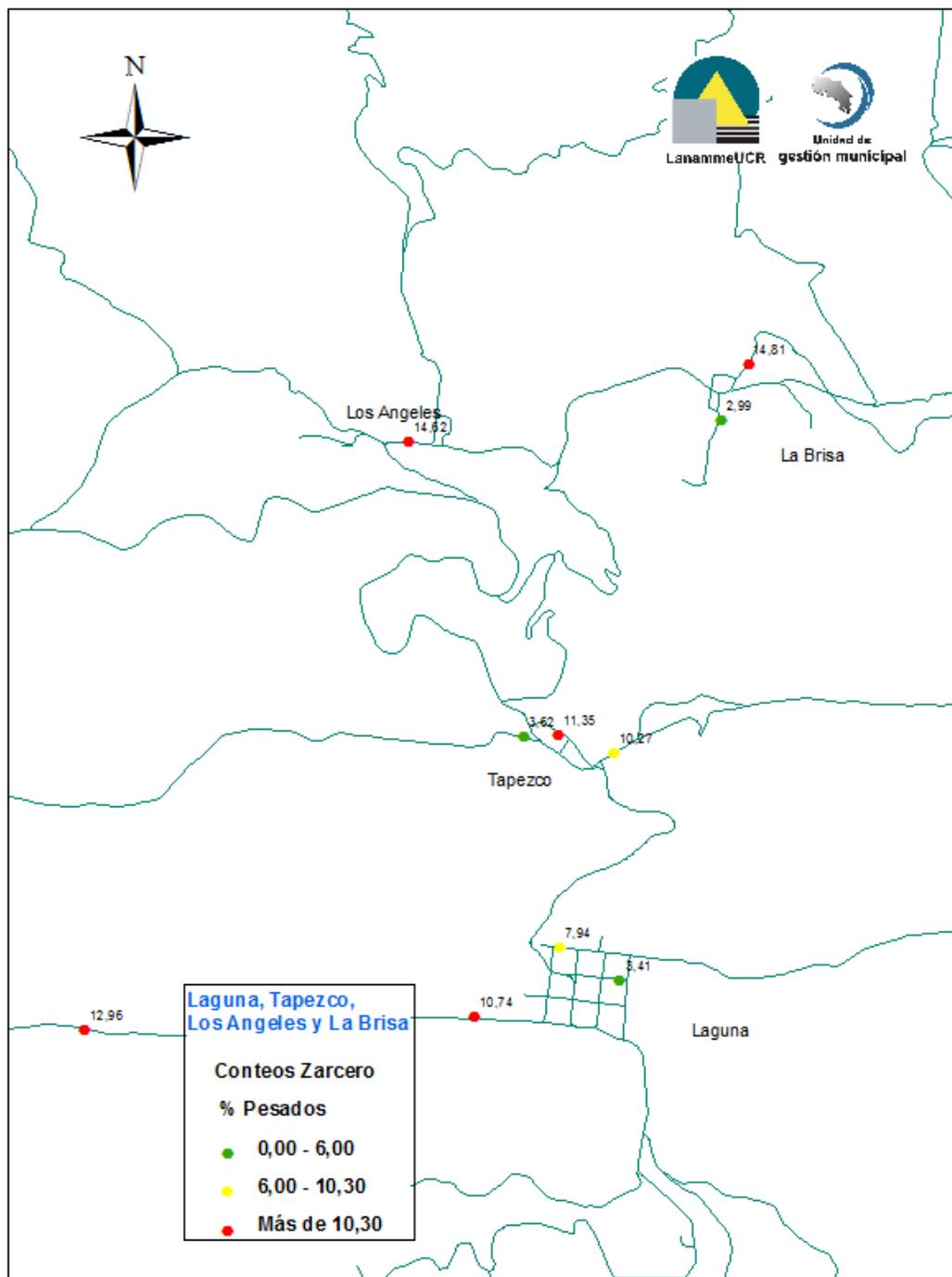


Figura 11: Porcentajes de vehículos pesados en Laguna, Tapezco, Los Ángeles y La Brisa

Fuente: LanammeUCR, 2011.

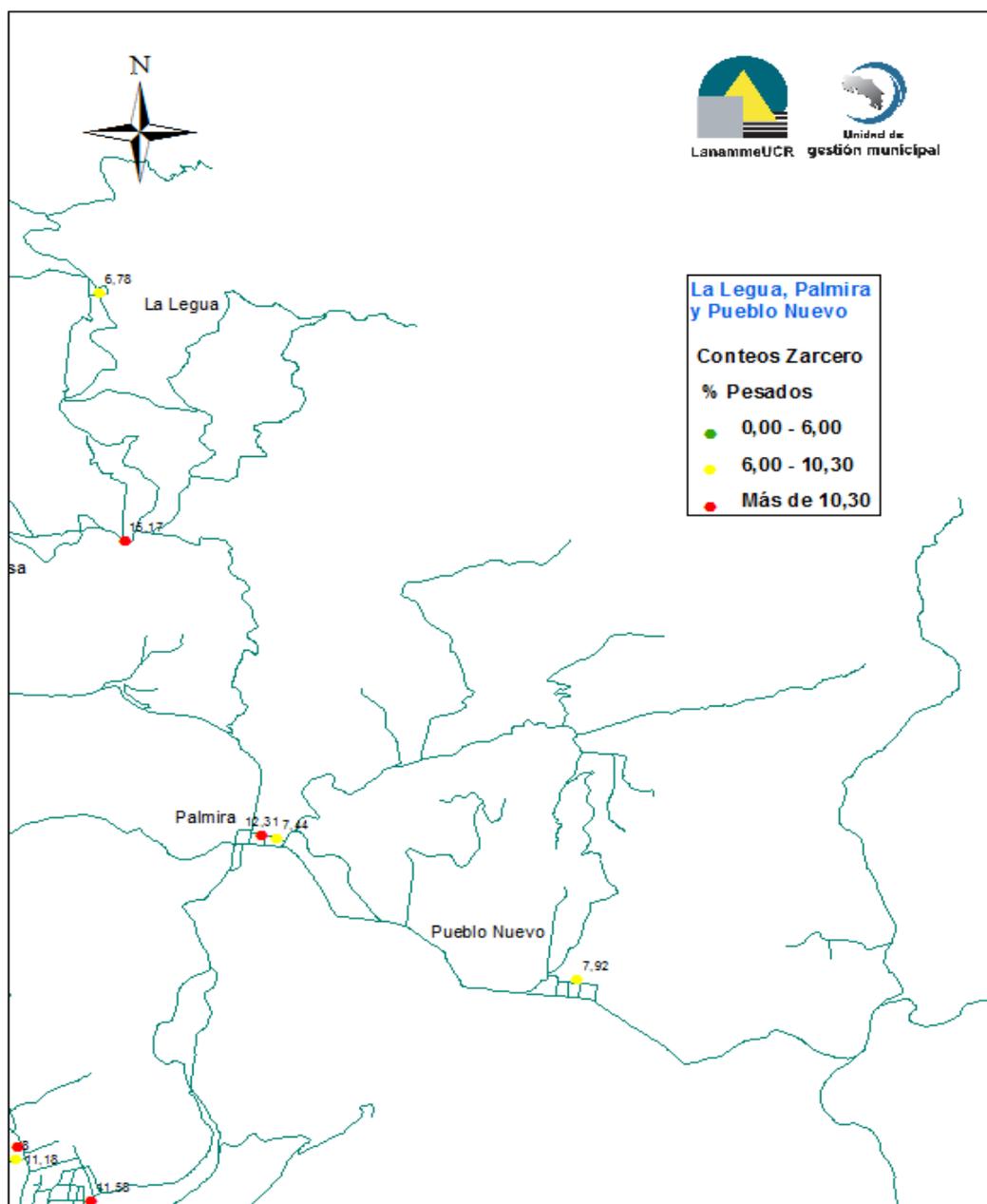


Figura 12: Porcentajes de vehículos pesados en La Legua, Palmira y Pueblo Nuevo
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Como puede observarse, en todos los centros poblacionales existe una predominancia porcentajes mayores al 6%, incluso en muchos casos mayores al 10%, por lo que el desgaste de estos pavimentos es acelerado en vista de la presencia de un gran número de vehículos pesados. Esta consideración es muy importante al momento de estimar los ejes equivalentes de diseño en cualquier intervención, pues los ejes equivalentes aumentan cuando aumenta el porcentaje de pesados.

3.2.3. Identificación de Condición Funcional

La parte funcional se refiere a la habilidad de la vía para cumplir la función de proporcionar servicio a los usuarios, con respecto a funcionalidad, se van a medir dos variables:

1. Deterioro Superficial (Vizir).
2. Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

3.2.3.1 Deterioros Superficiales

La evaluación consiste en la identificación y clasificación de los deterioros superficiales (visuales) de los pavimentos, que ocasionan que la circulación vehicular sea menos segura y confortable, y que los costos de operación y tiempos de viaje sean mayores. Para cuantificar los daños se puede realizar un levantamiento del deterioro que presentan las vías, utilizando la metodología Vizir como herramienta, los daños se clasifican en dos categorías: a) Daños Estructurales, b) Daños Superficiales.

Dicha metodología se fundamenta en la auscultación visual. Se recomienda contar con un catálogo fotográfico de toda la RVC cada 50 metros, que incluya la superficie de la vía de rodamiento y un archivo fotográfico de los drenajes. Esto puede servir como insumo para analizar condición funcional de toda la RVC y su evolución con el tiempo. La metodología VIZIR además de basarse en tipos de daños estructurales (Tipo A) y superficiales (Tipo B), contempla la gravedad y dimensión del daño. La metodología se fundamenta en el siguiente esquema de clasificación de deterioros.

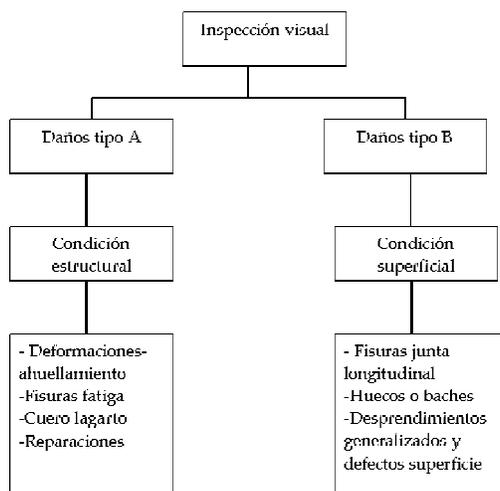


Figura 13. Esquema de inspección visual en metodología VIZIR
Fuente: LanammeUCR, 2008

La Figura 14 presenta un esquema para determinar los diferentes niveles de gravedad de los distintos tipos de deterioros superficiales (Tipo B), los deterioros tipo A se determinan con criterios similares a los utilizados para evaluar los deterioros estructurales.

NIVELES DE GRAVEDAD DE LOS DETERIOROS DEL TIPO B

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD					
	1		2		3	
Grieta longitudinal de junta de construcción	Fina y única		<ul style="list-style-type: none"> Ancha (10 mm o más) sin desprendimiento o Fina ramificada 		Ancha con desprendimientos o ramificada	
Grietas de contracción térmica	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas		Anchas con desprendimientos	
Grietas parabólicas	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Grietas d borde	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Abultamientos	F < 20 mm		20 mm ≤ F ≤ 40 mm		F > 40 mm	
Ojos de pescado* (por cada 100 metros)	cantidad	< 5	5 a 10	< 5	> 10	5 a 10
	Diametro (mm)	≤ 300	≤ 300	≤ 1000	≤ 300	≤ 1000
Desprendimientos: <ul style="list-style-type: none"> Perdida de película de ligante Perdida de agregados 	Perdidas aisladas		Perdidas continuas		Perdidas generalizadas y muy marcadas	
Descascaramiento	Prof. (mm)	≤ 25	≤ 25	> 25	> 25	
	Area (m ²)	≤ 0.8	> 0.8	≤ 0.8	> 0.8	
Pulimento agregados	No se definen niveles de gravedad					
Exudación	Puntual		Continua sobre la banda de rodamiento		Continua y muy marcada	
Afloramientos: <ul style="list-style-type: none"> de mortero de agua 	Localizados y apenas perceptibles		Intensos		Muy intensos	
Desintegración de los bordes del pavimento	Inicio de la desintegración		La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más		Erosión extrema que conduce a la desaparición del revestimiento asfáltico	
Escalonamiento entre calzada y berma	Desnivel de 10 a 50 mm		Desnivel entre 50 y 100 mm		Desnivel superior a 100 mm	
Erosión de las bermas	Erosión incipiente		Erosión pronunciada		La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios	

* Cuando el número de ojos de pescado supere el número y el tamaño descritos en la tabla, se deberán enfrentar como deterioros del tipo A

Figura 14. Niveles de gravedad de deterioros Tipo B.
Fuente: Guía Metodológica para el diseño de obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras.

Las siguientes imágenes muestran ejemplos de daños superficiales, con los respectivos índices de gravedad, acorde con la metodología VIZIR.



Figura 15. Ejemplos de daños superficiales con metodología VIZIR
Fuente: VIZIR, técnicas y métodos

LM-PI-GM-02-2012	Fecha de emisión: Febrero de 2012	Página 23 de 61
------------------	-----------------------------------	-----------------

La metodología VIZIR cuenta con dos índices: índice de deformación e índice de fisuración. En la Figura 16 se observa la tabla que permite determinar el índice de deterioro superficial a partir del índice de deformación y fisuración.

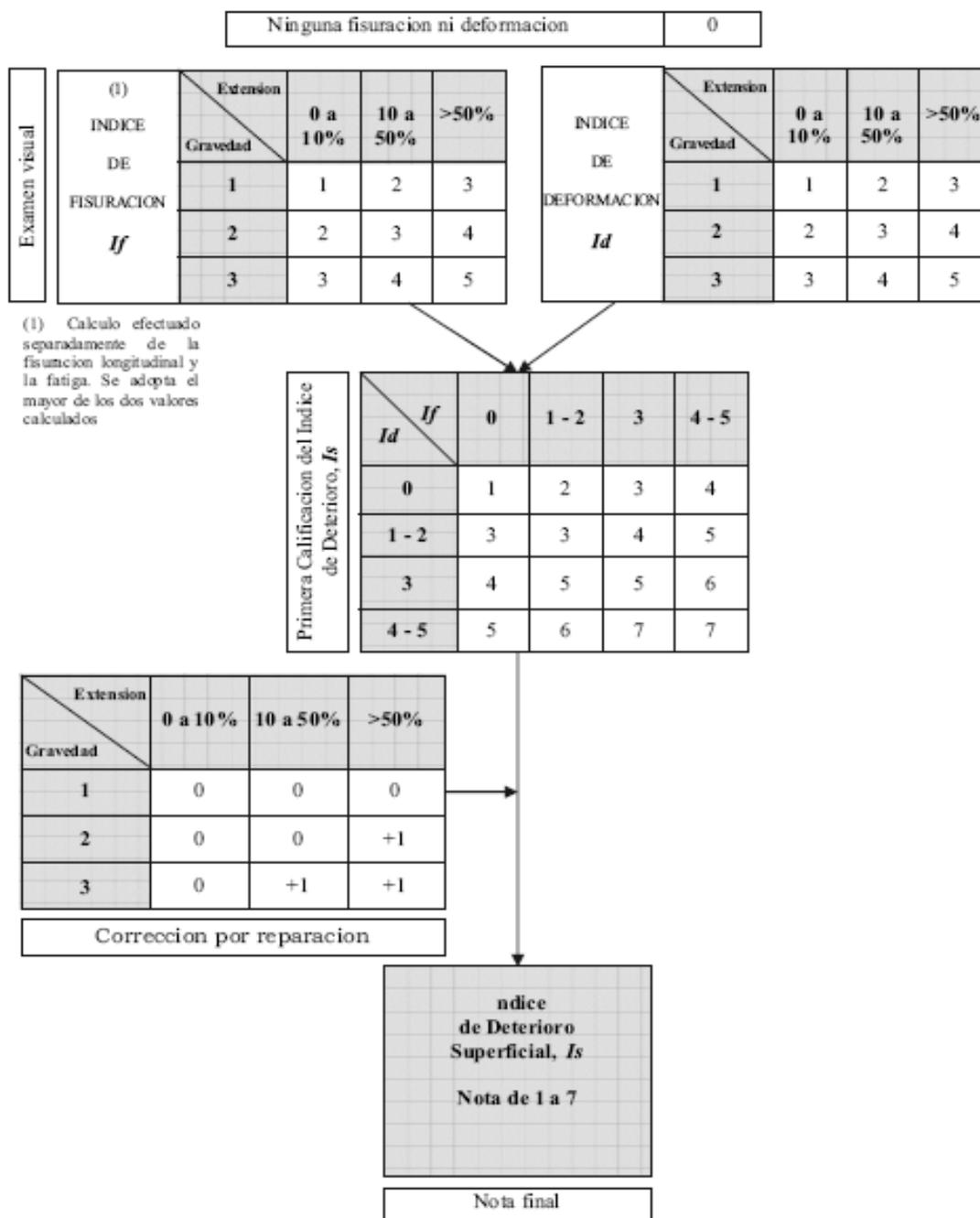


Figura 16. Obtención del Índice de Daño con metodología VIZIR
Fuente: VIZIR, técnicas y métodos

Luego de la ejecución de la evaluación visual de los deterioros superficiales por el método de Vizir a cargo de personal de la UTGV de la Municipalidad con asesoría del personal del LanammeUCR se obtuvieron los siguientes resultados.

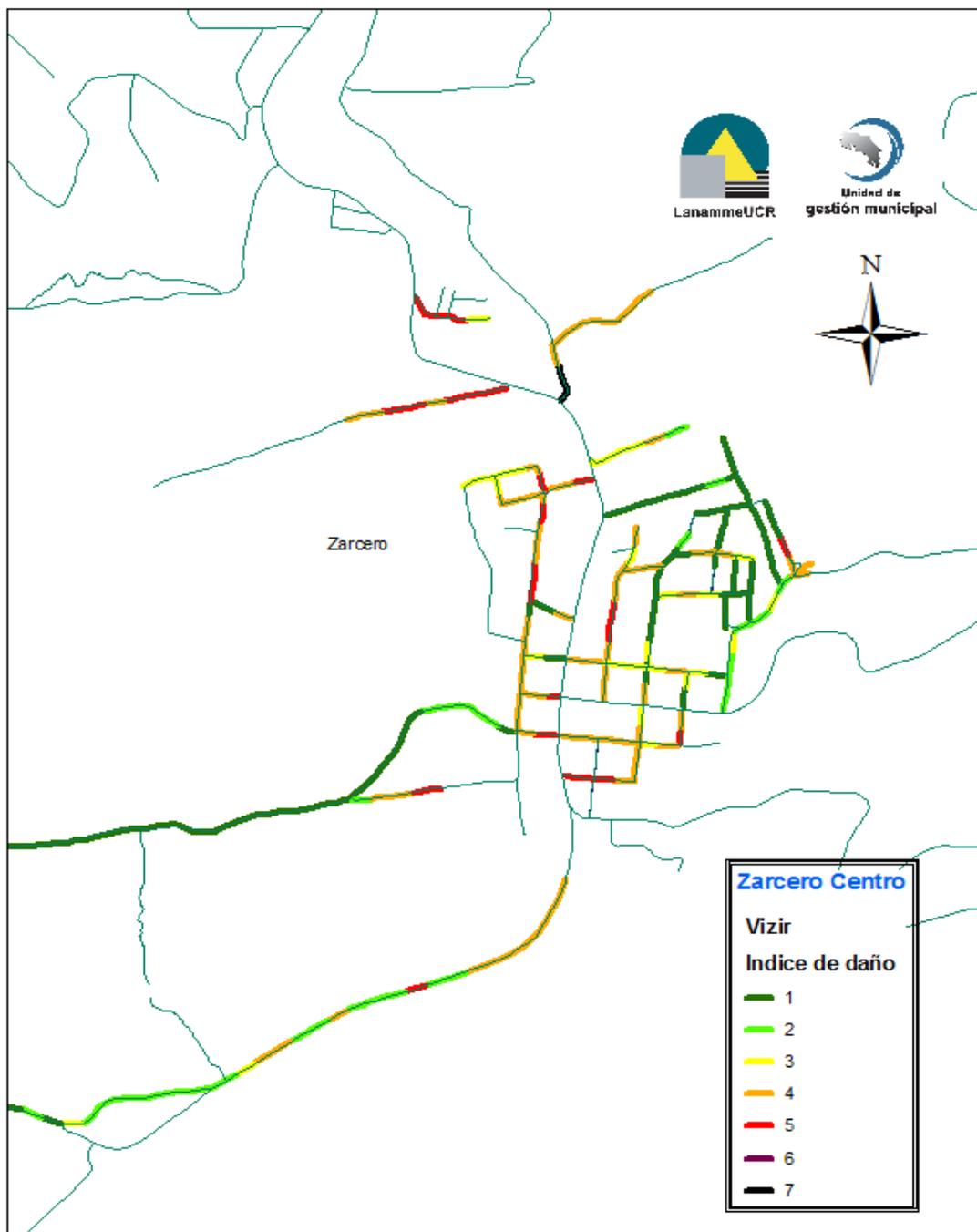


Figura 17. Evaluación de deterioro superficial por medio de Vizir casco central de Zarcoero
Fuente: LanammeUCR, 2011

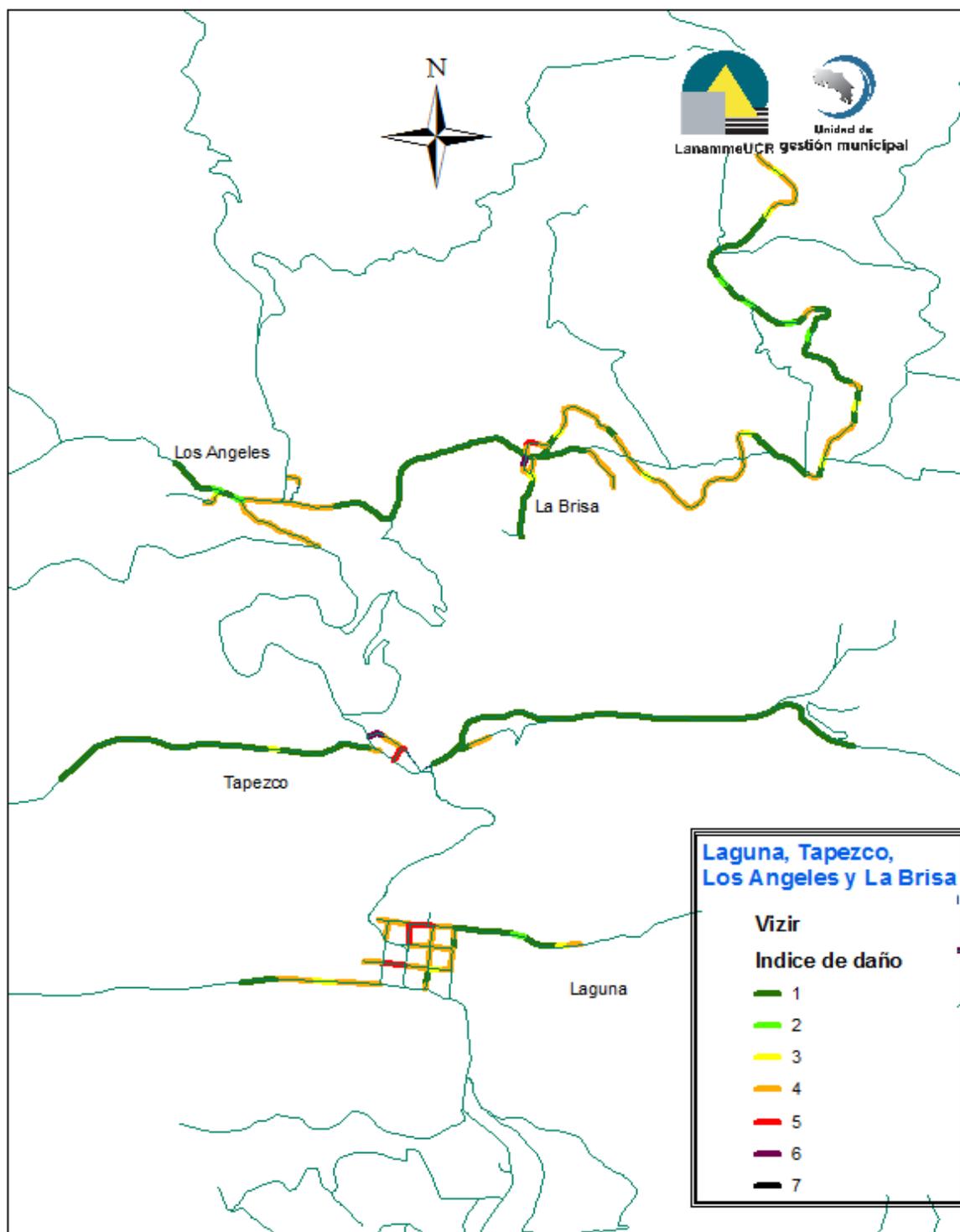


Figura 18. Evaluación de deterioro superficial por medio de Vizir en Laguna, Tapezco, Los Ángeles y La Brisa
Fuente: LanammeUCR, 2011

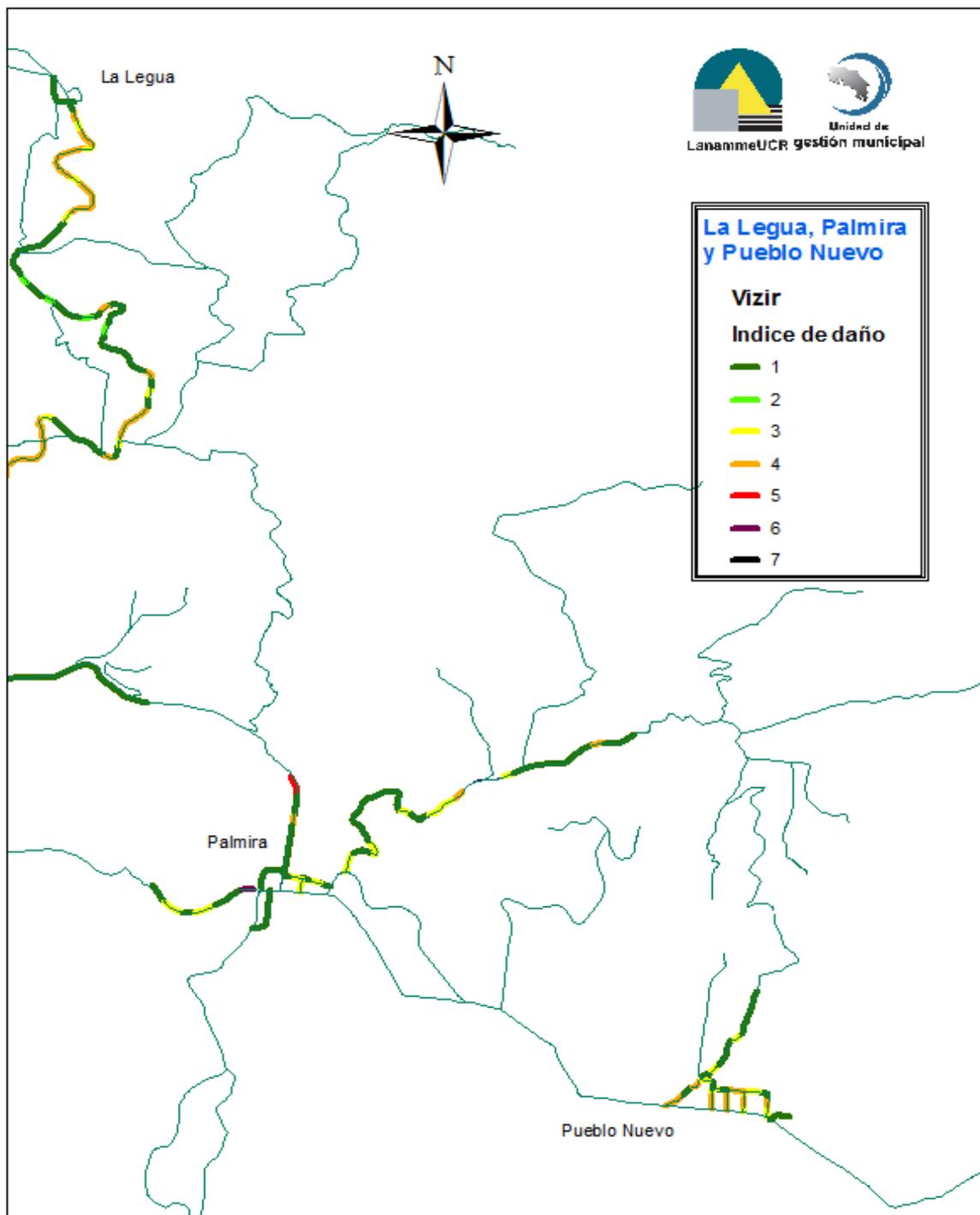


Figura 19. Evaluación de deterioro superficial por medio de Vizir en La Legua, Palmira y Pueblo Nuevo
Fuente: LanammeUCR, 2011

De los resultados obtenidos se puede observar que un alto porcentaje de los caminos evaluados fueron calificados como en buena o regular condición superficial (54,1% calificaron como en categoría IS 1). Tanto la prueba de evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) como la prueba de deflectometría (FWD) permitirán tener un panorama más claro en cuanto a las medidas de intervención adecuadas para cada sector, siendo que las medidas recomendadas producto del diagnóstico contarán con la participación de todos los elementos aquí mencionados.

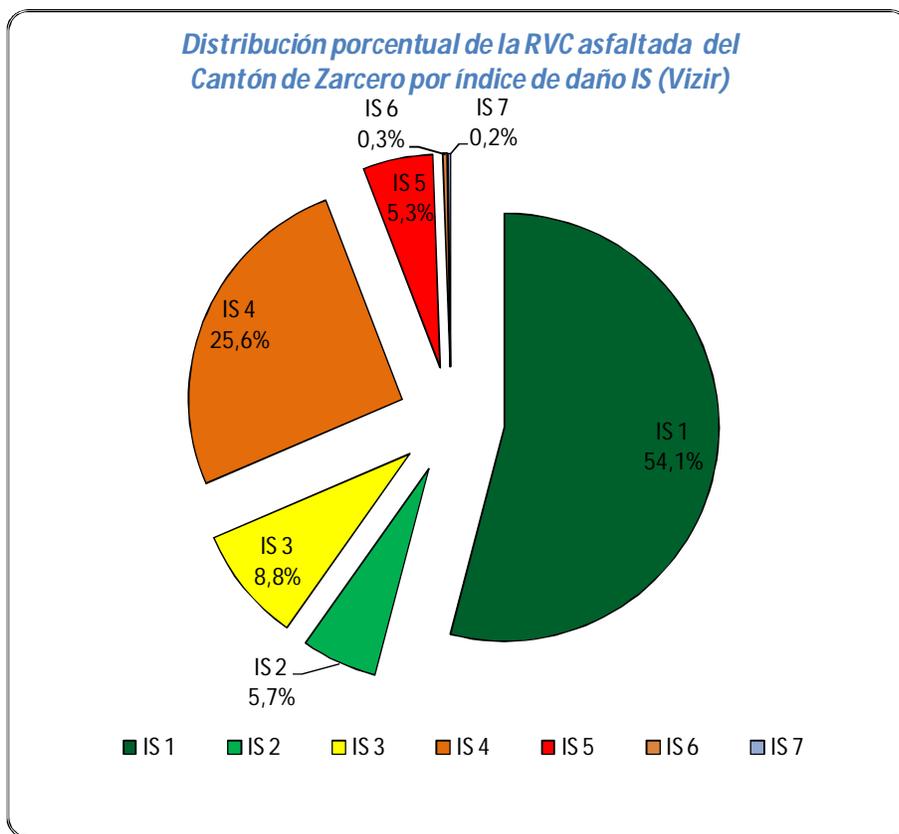


Gráfico 1. Distribución porcentual índice de daño IS (Vizir) de Zarcero. Datos recopilados por UTGV Municipalidad de Zarcero
Fuente: Gráfico por LanammeUCR, 2011

3.2.3.2. Índice de Regularidad 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 Índice de Regularidad Internacional resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de 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 rectificadora (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 20.

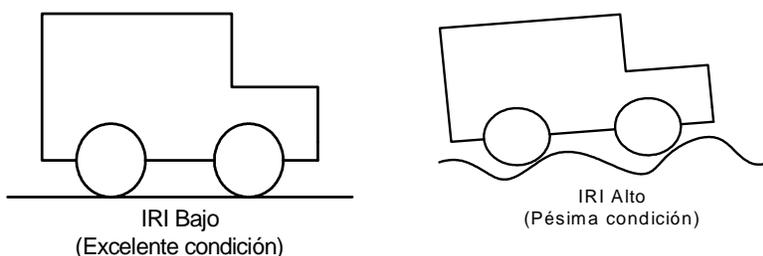


Figura 20. Representación física del Índice de Rugosidad Superficial
Fuente: LanammeUCR, 2008

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. 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.

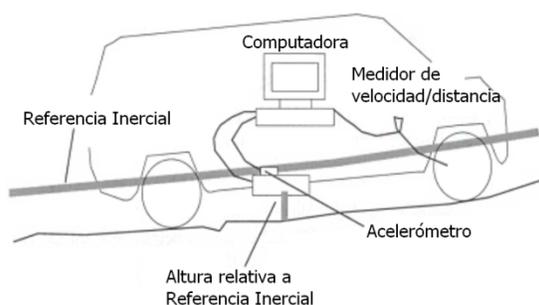


Figura 21. Perfilómetro Inercial Láser.
Fuente: LanammeUCR, 2008

El IRI se midió sobre la red vial pavimentada del casco central de Zarcero y los principales centros poblacionales a cada 25 metros, esta evaluación se realizó con el perfilómetro láser del LanammeUCR, y se hizo en el mes de julio del 2011 abarcando una longitud aproximada de 30 Km (Ver Figuras 22 a 24).

Los rangos de IRI que se utilizan en el caso de la evaluación de las redes viales cantonales son distintos a los utilizados normalmente para las evaluaciones de las rutas nacionales, esto por cuanto las condiciones de cantidad de vehículos y velocidades de operación son diferentes (normalmente en redes cantonales estos valores son significativamente menores).

En este sentido la escala que se utiliza toma valores mayores de IRI en cada una de las categorías, por cuanto las condiciones de servicio en las vías cantonales no son tan exigentes como en la red vial nacional. Por lo tanto, los análisis que se presenta en este informe se basan en los rangos establecidos para la red vial cantonal.

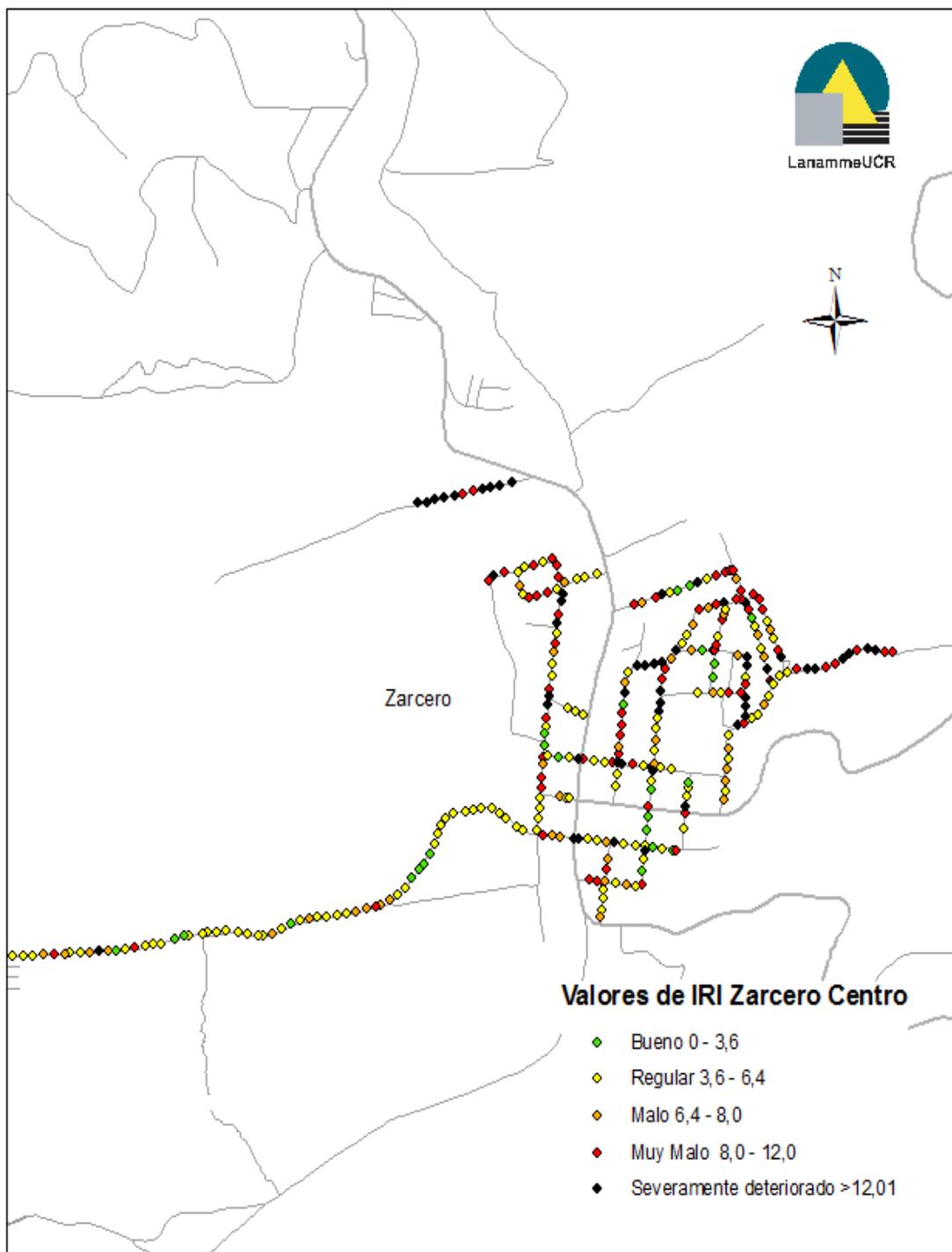


Figura 22. Valores de IRI del casco central de Zarceró
Fuente: LanammeUCR, 2011

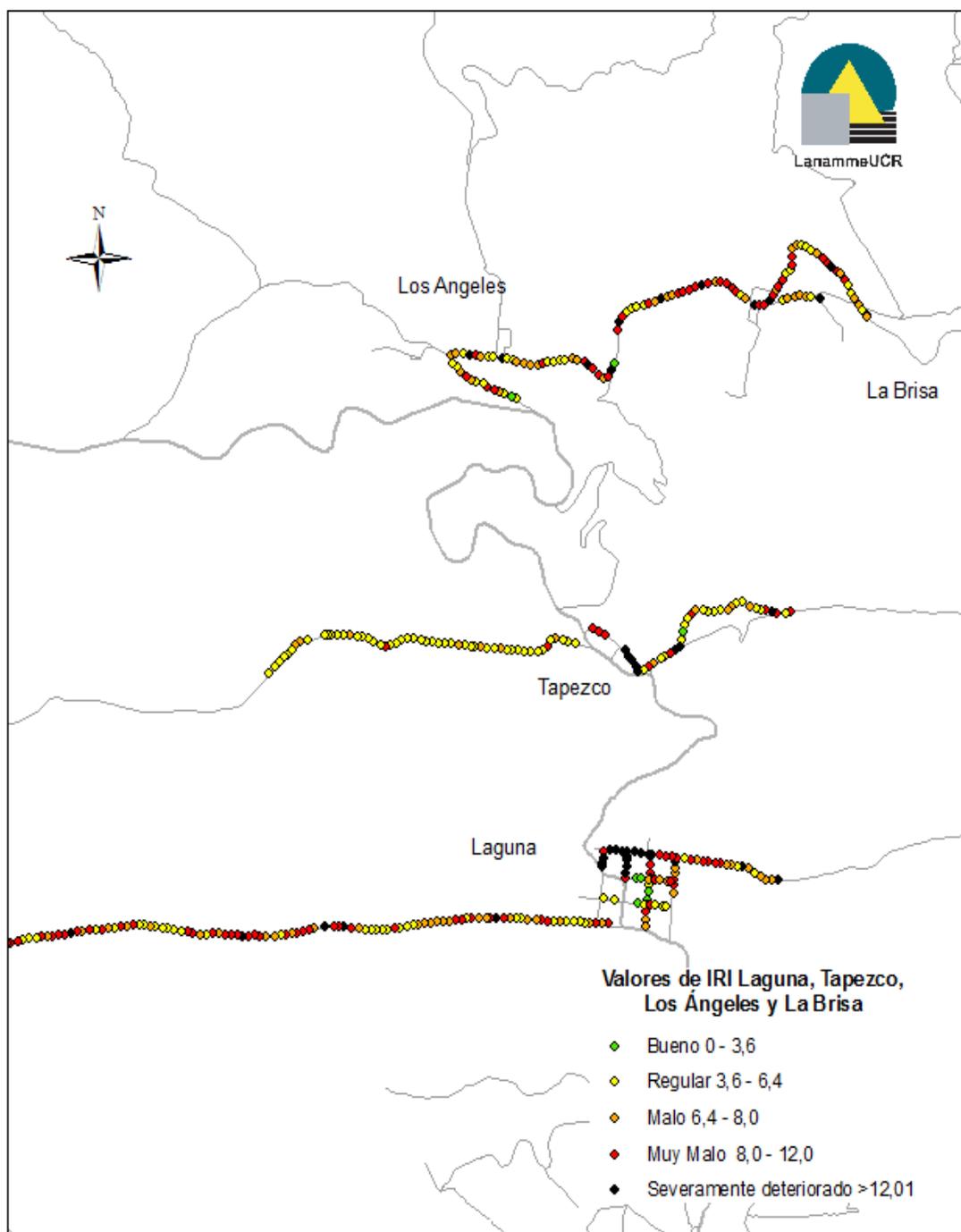


Figura 23. Valores de IRI de Laguna, Tapezco, Los Ángeles y La Brisa
Fuente: LanammeUCR, 2011

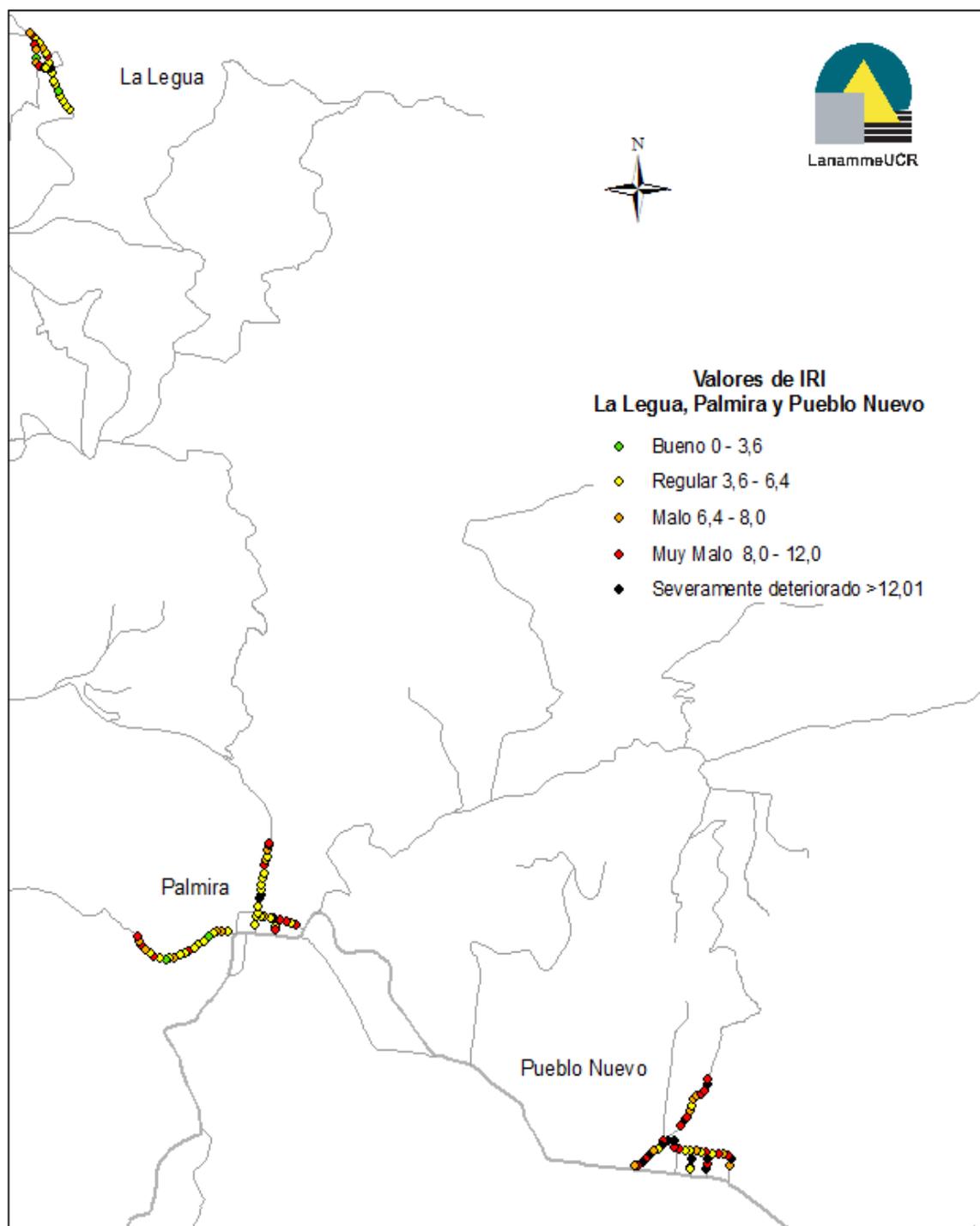


Figura 24. Valores de IRI de La Legua, Palmira y Pueblo Nuevo
Fuente: LanammeUCR, 2011

De los resultados obtenidos se puede observar que un 4.7% de la RVC asfaltada de Zarcero presenta valores de IRI muy buenos, 36.6% presenta valores de IRI considerados regulares (inferiores a 6.4 m/km), un 18.6% presenta valores malos, el 25.5% se clasifica como muy malo y finalmente un 14.6% están considerados como severamente deteriorado, lo cual indica que es una superficie de ruedo con muy bajo nivel de confort y con gastos altos de operación para los vehículos que la transitan. La distribución de los valores de IRI de la RVC asfaltada del cantón se muestra en el siguiente gráfico.

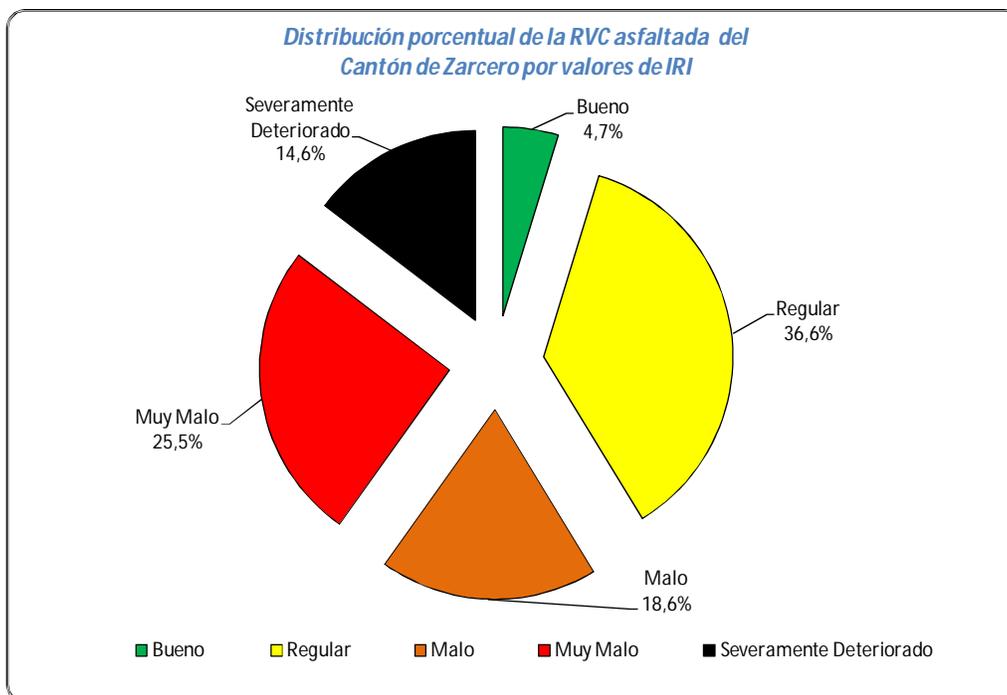


Gráfico 2. Distribución porcentual de valores de IRI en Zarcero
Fuente: LanammeUCR, 2011

3.2.4. Identificación de 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. 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 marzo del año 2011. 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 el impacto. A continuación se muestran dos imágenes con el equipo de medición y los puntos donde se miden las deflexiones.

LM-PI-GM-02-2012	Fecha de emisión: Febrero de 2012	Página 34 de 61
------------------	-----------------------------------	-----------------

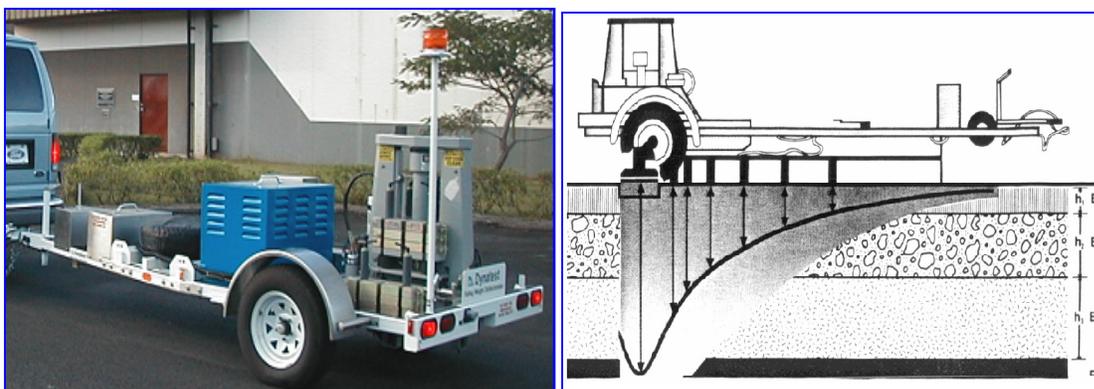


Figura 25. Equipo de deflectometría de impacto.
Fuente: LanammeUCR, 2008.

Al igual que para la clasificación del estado de una vía según los valores de IRI, 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 26 se presentan los rangos de deflectometría obtenidos para una estructura de pavimento con base granular.

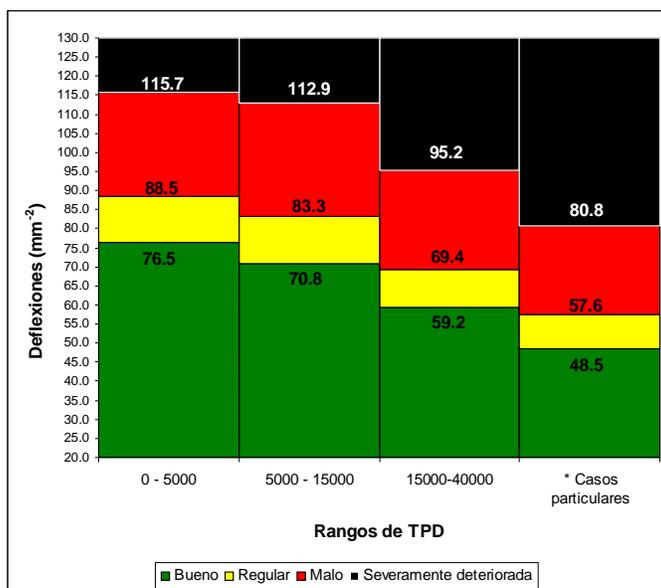


Figura 26. Condición del pavimento a partir de deflectometría y TPD, para una base granular.
Fuente: Informe N° UI-PC-03-08.

Para la deflectometría se tomaron datos cada 50 metros para las diferentes vías del centro de Zarcero como en los principales centros poblacionales del cantón cubriendo una longitud total evaluada cercana a los 20Km. Se obtuvieron los siguientes resultados.

LM-PI-GM-02-2012	Fecha de emisión: Febrero de 2012	Página 35 de 61
------------------	-----------------------------------	-----------------

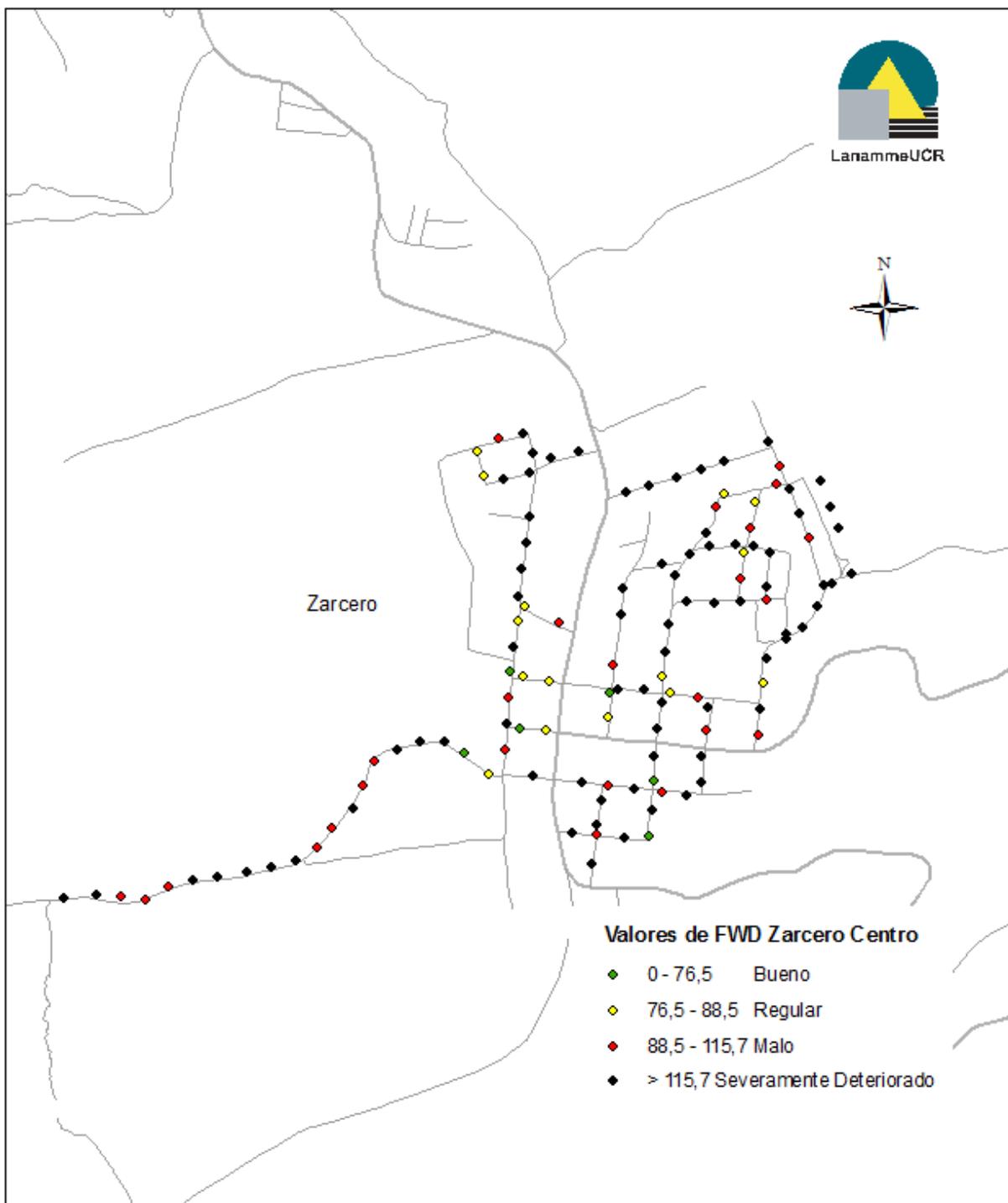


Figura 27. Valores de deflectometría en Zarcerro Centro
Fuente: LanammeUCR, 2011

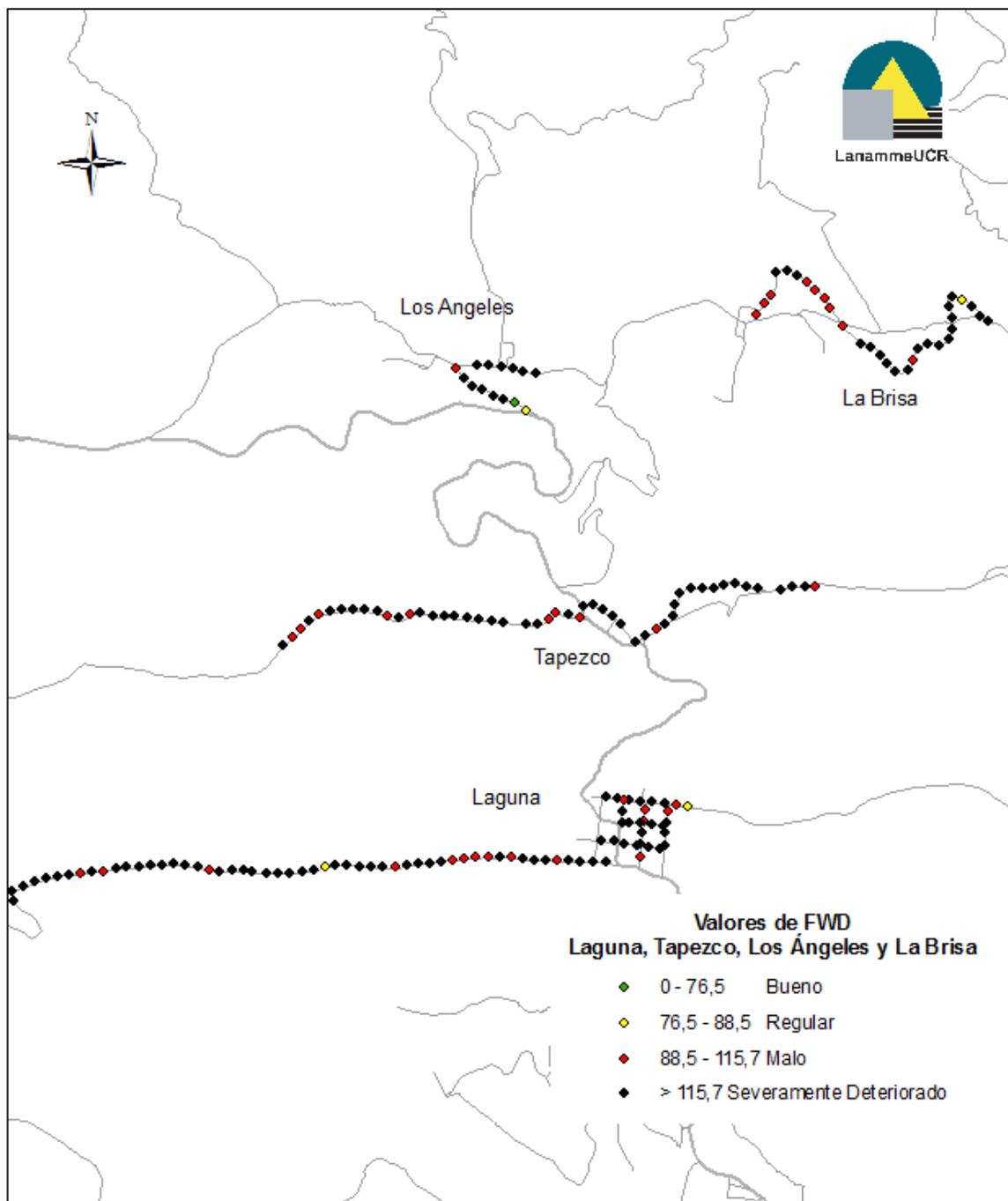


Figura 28. Valores de deflectometría en Laguna, Tapezco, Los Ángeles y La Brisa
Fuente: LanammeUCR, 2011

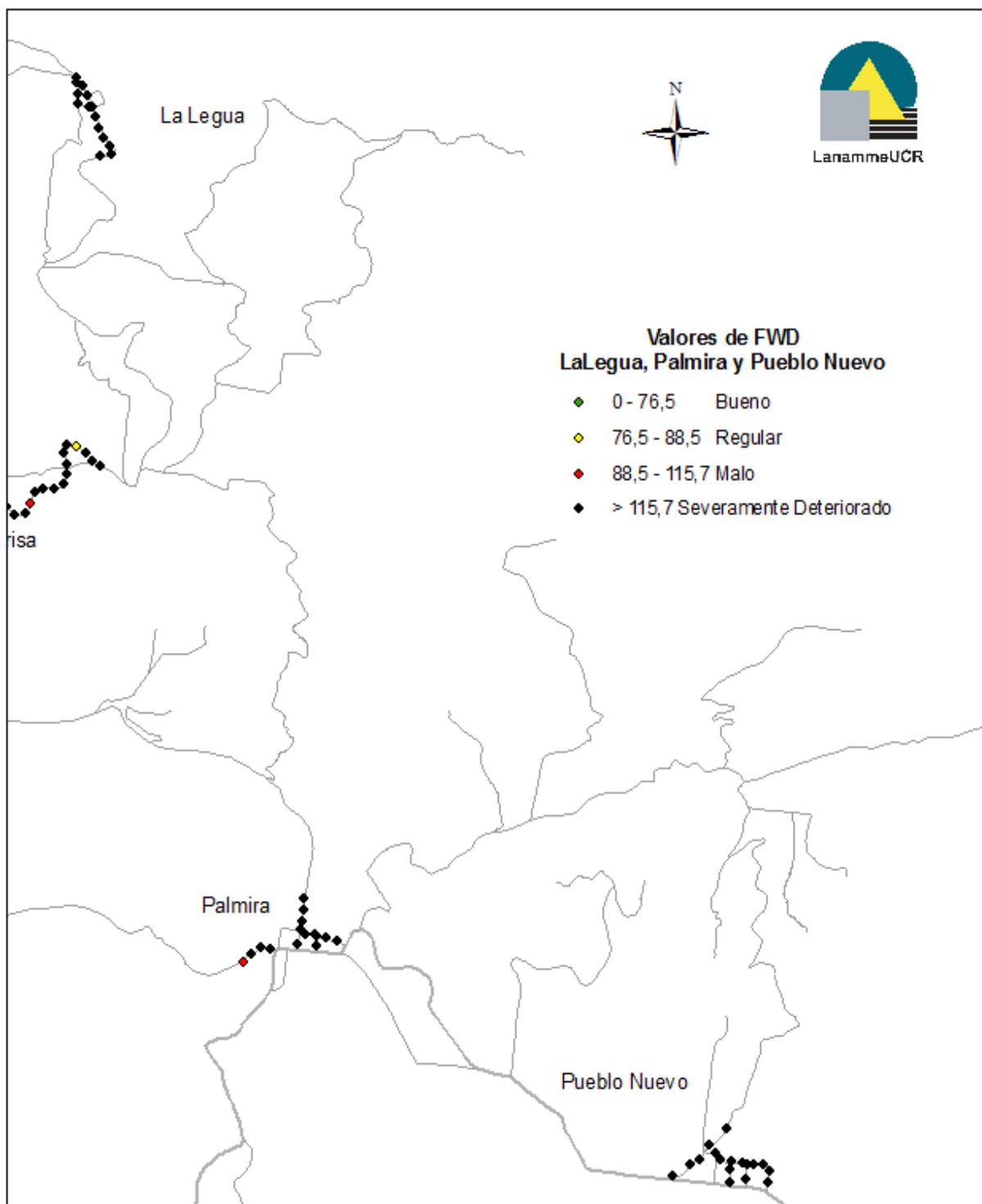


Figura 29. Valores de deflectometría en La Legua, Palmira y Pueblo Nuevo
Fuente: LanammeUCR, 2011

De las figuras anteriores se puede observar que la mayor parte de las vías presentan valores de deflectometría clasificados como altos (mayores a 115.7 mm^{-2}) siendo que los mismos se catalogan como severamente deteriorados desde un punto de vista estructural para un 74,6%. En tanto que el 17,9% se encuentra en la clasificación de estructuralmente malos; solamente un 5,5% se clasifican con regulares y el restante 2% se consideran buenos. El gráfico 3 muestra la distribución de la RVC asfaltada en relación a su capacidad estructural.

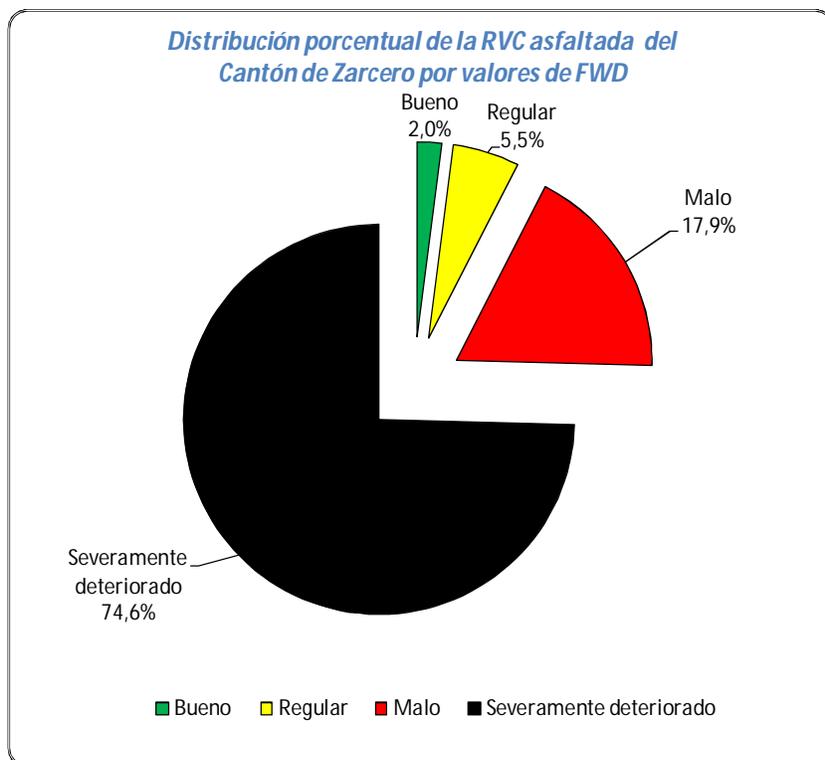


Gráfico 3. Distribución porcentual de valores de FWD en Zarcero
Fuente: LanammeUCR, 2011

En este punto es claro, que si bien los resultados obtenidos de las pruebas de IRI y la evaluación con la metodología Vizir revelaban que la condición de los pavimentos superficialmente es buena (ver gráficos 1 y 2), al realizar una evaluación de su capacidad estructural se nota que estas estructuras no cuentan con la capacidad estructural necesaria para las cargas de tránsito de uso de la vía. Así entonces, si bien es cierto que superficialmente múltiples vías del cantón actualmente tienen una condición aceptable de ruedo, su poca capacidad estructural generaría daños en el corto y mediano plazo, traduciéndose esto en un incremento significativo de los valores de IRI y aumento en los índices de daño.

También a este punto se puede establecer que las intervenciones a realizar deben extenderse más allá de la superficie de ruedo de las vías, pues de no mejorarse las condiciones de las capas inferiores (base, subbase y subrasante) no se podrá aumentar la capacidad estructural con lo que daños que se aprecian actualmente (grietas, deformaciones, cuero de lagarto, entre otros) se seguirán presentando. Intervenciones que contemplen mejoramiento de suelos y utilización de materiales adecuados para las capas de subbase y base (con posibles mejoramientos o estabilizaciones) serían algunas de las opciones que la UTGV podría contemplar ante el panorama actual.

3.2.5. Caracterización de estructuras del pavimento

En esta sección se determina la estructura y el tipo materiales que componen el pavimento. La Figura 30 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 con asfalto).

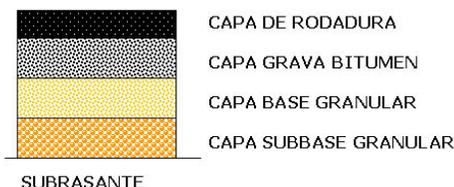


Figura 30. Ejemplo de estructura de pavimento

La caracterización consiste en diversos ensayos de laboratorio y ensayos en campo. 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 sub-rasante.

Las excavaciones se realizan en puntos estratégicos tomando en cuenta la clasificación de las vías del cantón y la deflectometría, considerando las vías principales de la RVC. La Tabla 1 muestra los datos obtenidos por el LanammeUCR a partir de los sondeos. Además en la figura 31 se observa la ubicación de los puntos de sondeos.

Tabla 1: Espesores encontrados en sondeos ejecutados

ID	CBR	Muestra	Espesores (cm)				TOTAL
			Carpeta	Base	Subbase	Otros materiales	
1	2,46	1446-11	9,5	11	0	0	20,5
2	1,93	1441-11	5	5	14	0	24
3	2,55	1442-11	7	18	0	0	25
4	3,14	1444-11	2	10	27	21	60
5	12,95	1443-11	8	15	15	0	38
6	10,66	1440-11	7,5	10	0	15	32,5
7	2,93	1346-11	3,5	6	0	9,5	32,5
8	3,42	1347-11	4,5	6	7	21	38,5
9	2,43	1348-11	5	7	0	34	46
10	2,76	1345-11	4	13	0	25	42
11	2,25	1402-11	2	11	13	13	39
12	2,70	1401-11	3	9	13	19	44
13	2,98	1403-11	2	12	16	13	43
14	2,32	1349-11	6,5	12,6	0	15	34,1
15	4,50	1406-11	2,5	16	19	0	37,5
16	0,64	1404-11	5,1	6	9	20	40,1
17	3,88	1407-11	2	17	18	13	50
18	2,69	1405-11	2	13	13,3	0	28,3
19	2,41	1350-11	6	7	12	0	25
20	2,11	1351-11	5	12	15	0	32
21	1,20	1408-11	5	6	8	23	42
22	0,00	1409-11	5,5	7	12	31	55,5
23	2,97	1445-11	2,5	19	0	25	46,5

Fuente: LanammeUCR, 2011

Es importante mencionar que adicional a los 23 puntos de sondeo que ejecutó el LanammeUCR en los kilómetros evaluados dentro del alcance del convenio, se realizaron 11 pruebas adicionales en puntos definidos y ejecutados por la UTGV, específicamente en los caminos denominados: Calle San Luis, Calle La Peña y Las Brisas. Esto con el objetivo de utilizar la información de estos puntos para proyectos específicos de la Municipalidad; la información de los sondeos realizados por el LanammeUCR se encuentra disponible en el informe I-0754-11, el mismo fue entregado a la UTGV.

Los valores obtenidos para los espesores son variables, cabe resaltar que en general los espesores de carpeta son reducidos (menores de 10 cm) y que se identificaron

materiales que no se podían catalogar como base o subbase, en la mayoría de los casos estos materiales corresponden a tobas-cemento antiguas en condición fisurada.

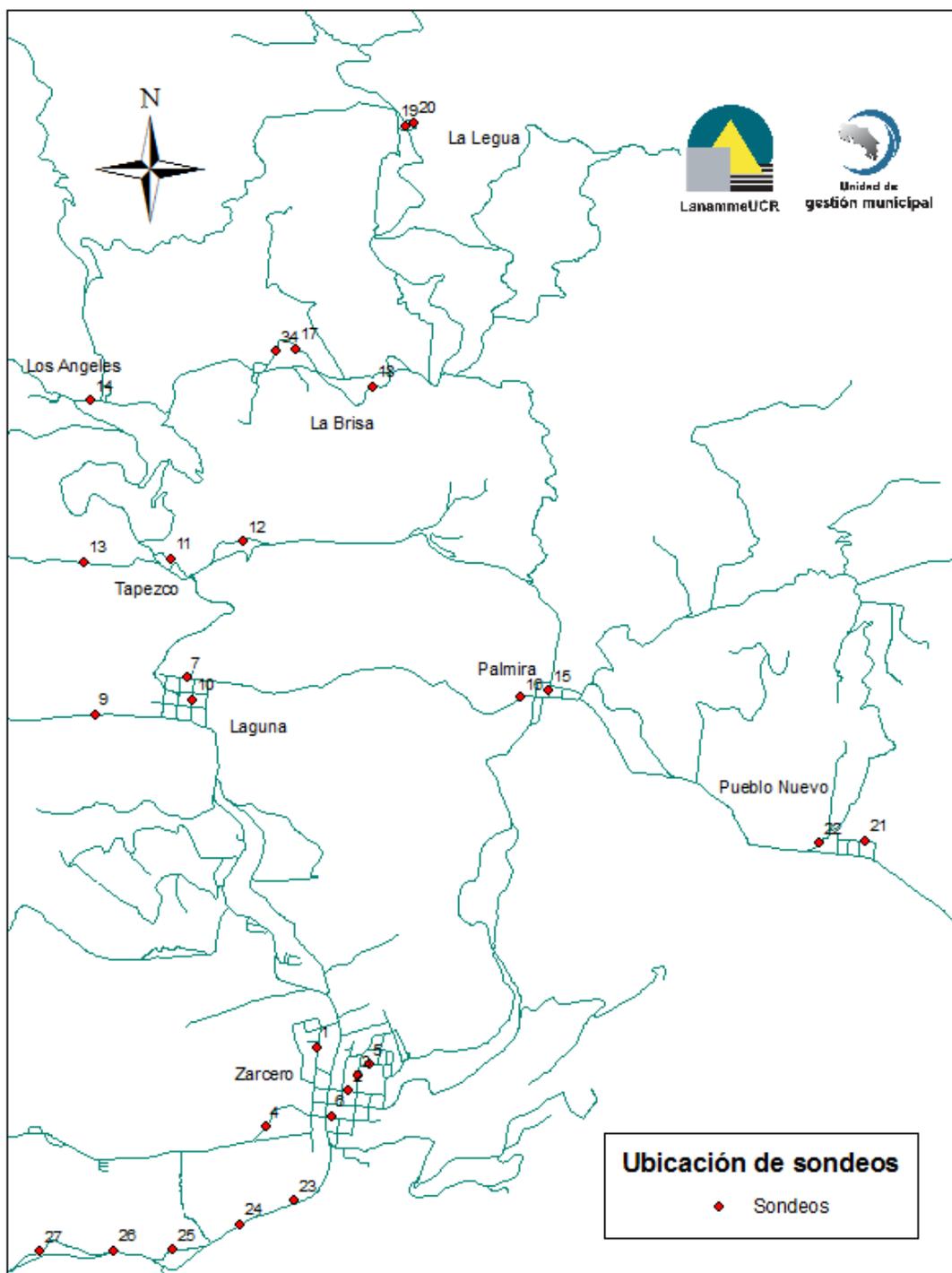


Figura 31. Puntos de sondeos en cantón de Zarcero
Fuente: LanammeUCR, 2011

LM-PI-GM-02-2012	Fecha de emisión: Febrero de 2012	Página 42 de 61
------------------	-----------------------------------	-----------------

3.2.5.2. Caracterización de la sub-rasante del pavimento.

Se realizaron ensayos de laboratorio para conocer las características de la subrasante 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. El procedimiento que se utilizó para el análisis de las muestras es por medio del agrupamiento de las muestras tomadas en campo en grupos de materiales con características similares (familias), con lo cual las pruebas antes mencionadas se realizan en especímenes de estos grupos y no en la totalidad de las muestras colectadas en campo.

Clasificación SUCS

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, esta información se presenta en las Figuras 32 a 34. 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.

LM-PI-GM-02-2012	Fecha de emisión: Febrero de 2012	Página 43 de 61
------------------	-----------------------------------	-----------------

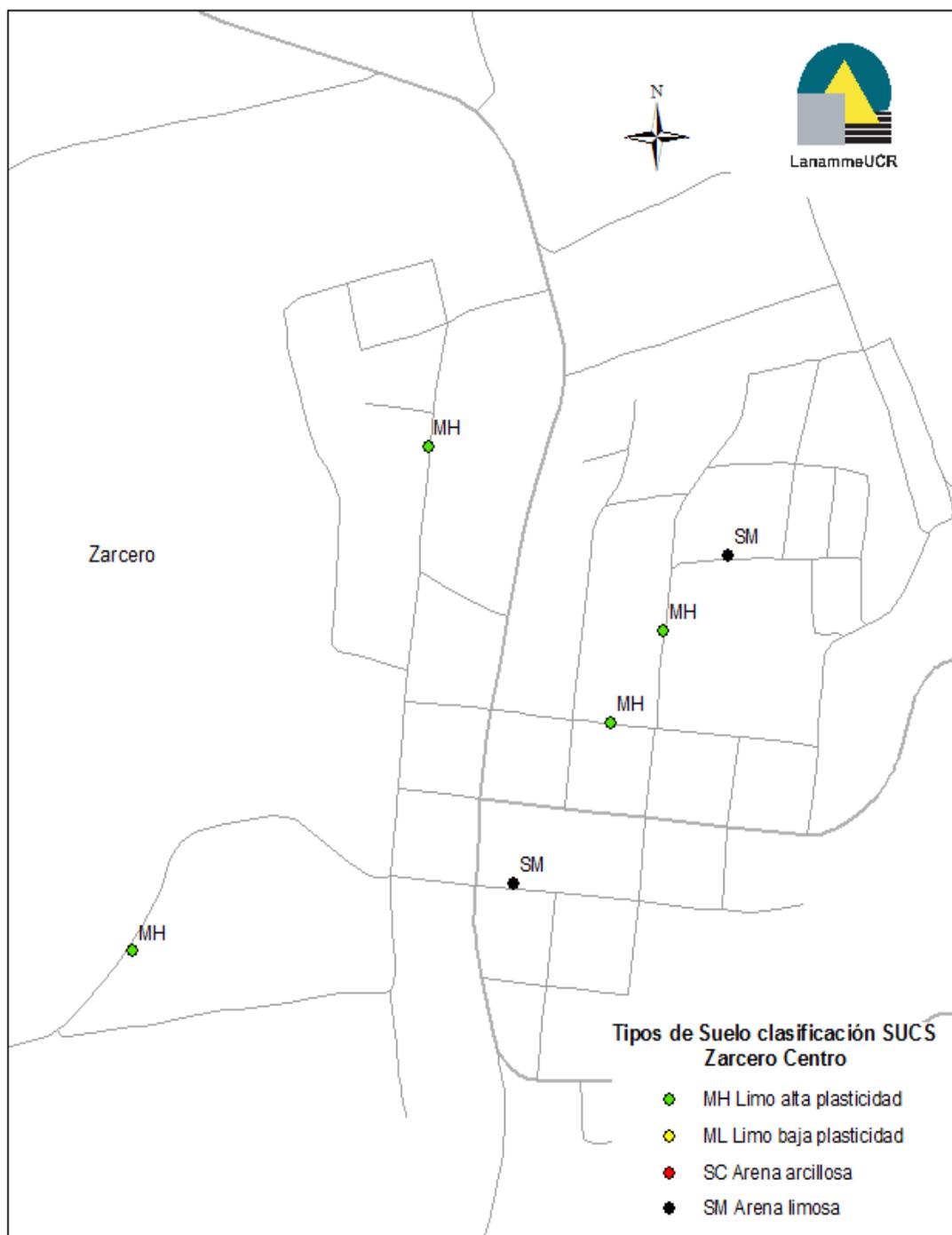


Figura 32. Clasificación de suelos (SUCS) en el casco central de Zarcero
Fuente: LanammeUCR, 2011

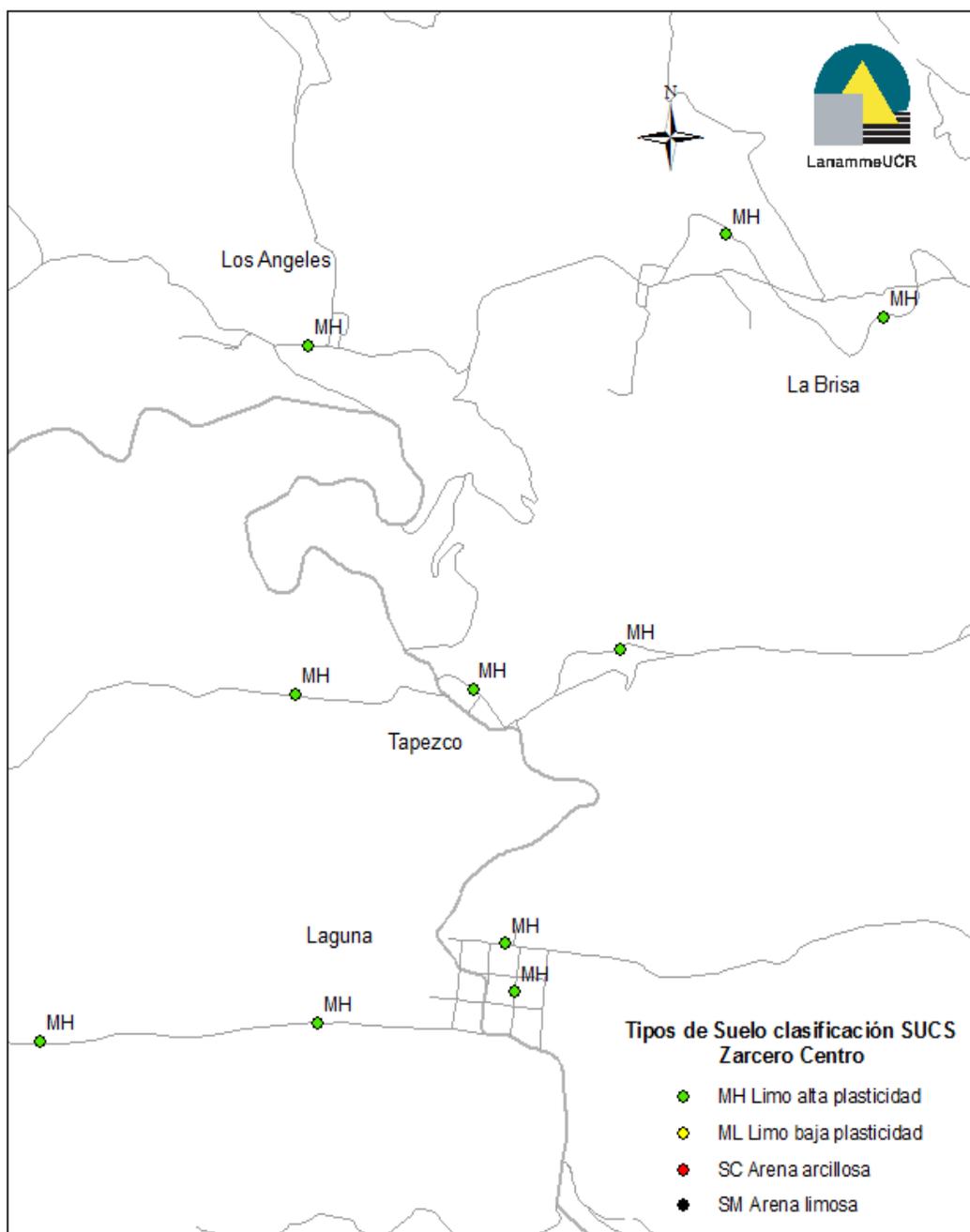


Figura 33. Clasificación de suelos (SUCS) en Laguna, Tapezco, Los Ángeles y La Bresa
Fuente: LanammeUCR, 2011

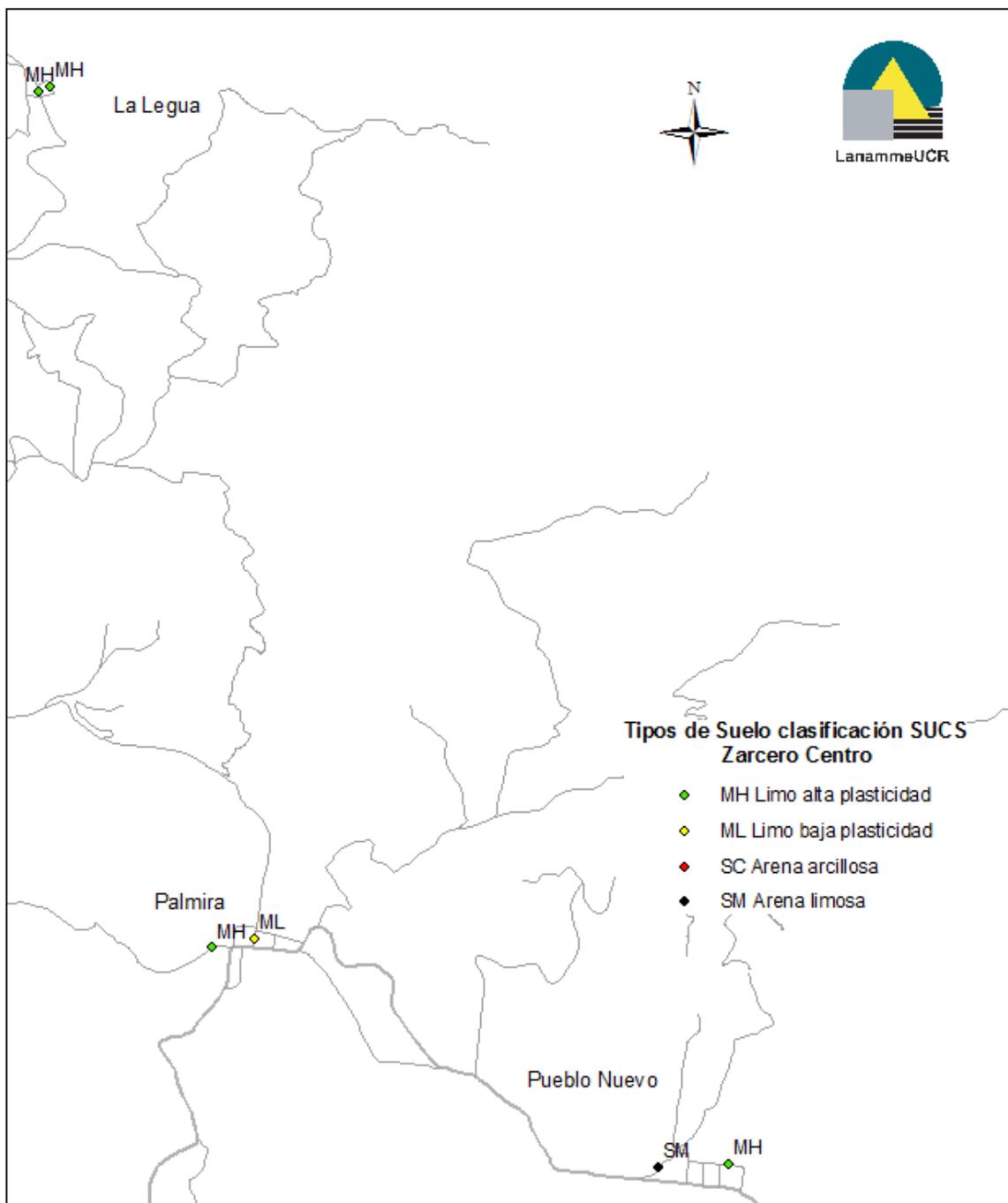


Figura 34. Clasificación de suelos (SUCS) en La Legua, Palmira y Pueblo Nuevo
Fuente: LanammeUCR, 2011

A partir de la información proveniente de los sondeos y las pruebas de laboratorio se obtiene que la mayoría de los suelos se clasificaron como limos de alta plasticidad, donde esta condición se considera desfavorable desde el punto de vista de capacidad estructural, pues este tipo de material es susceptible a deformarse y perder capacidad de carga ante la presencia de agua (condición predominante en Zarcero).

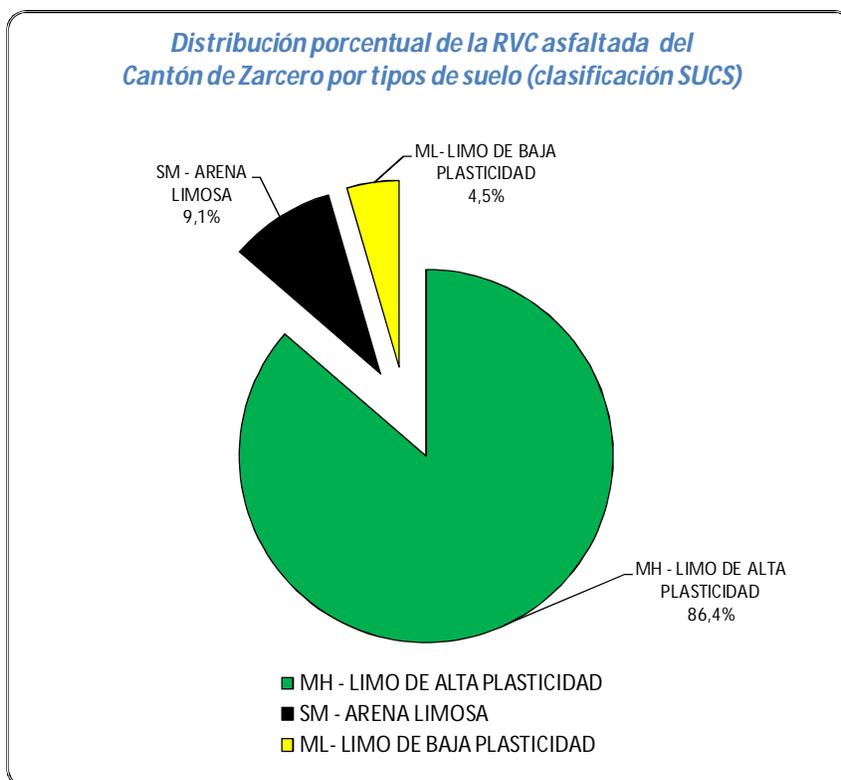


Gráfico 3. Distribución porcentual de tipos de suelo (Clasificación SUCS) en la RVC asfaltada del cantón de Zarcero
Fuente: LanammeUCR, 2011

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 técnicas utilizadas para realizar ensayos de laboratorio en la Escuela de Ingeniería Civil de La Universidad de Nacional de Colombia:

- ❖ Materiales granulares: Contienen 35% o menos de material que pase el tamiz de 75 μm (#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 μm (#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 μm (#200) y con una porción que pasa el tamiz de 425 μm (#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 μm (#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 μm (#200). Este grupo también incluye mezclas de suelo limoso fino y hasta 64% de arena y grava retenida sobre el tamiz de 75 μm (#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 μm

(#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 mm (#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 podrido. 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.

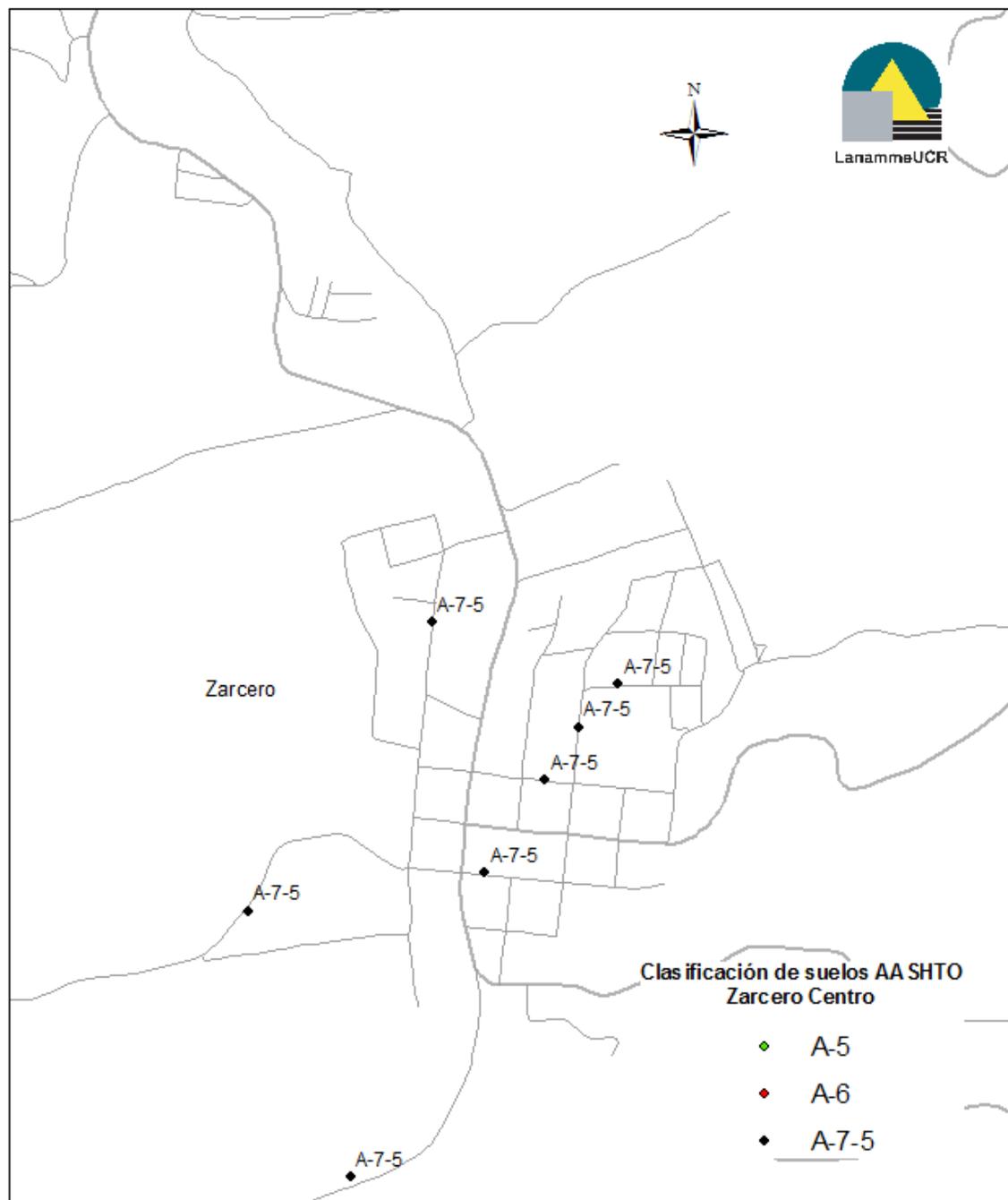


Figura 35. Clasificación de suelos (AASHTO) en Zarcero Centro
Fuente: LanammeUCR, 2011

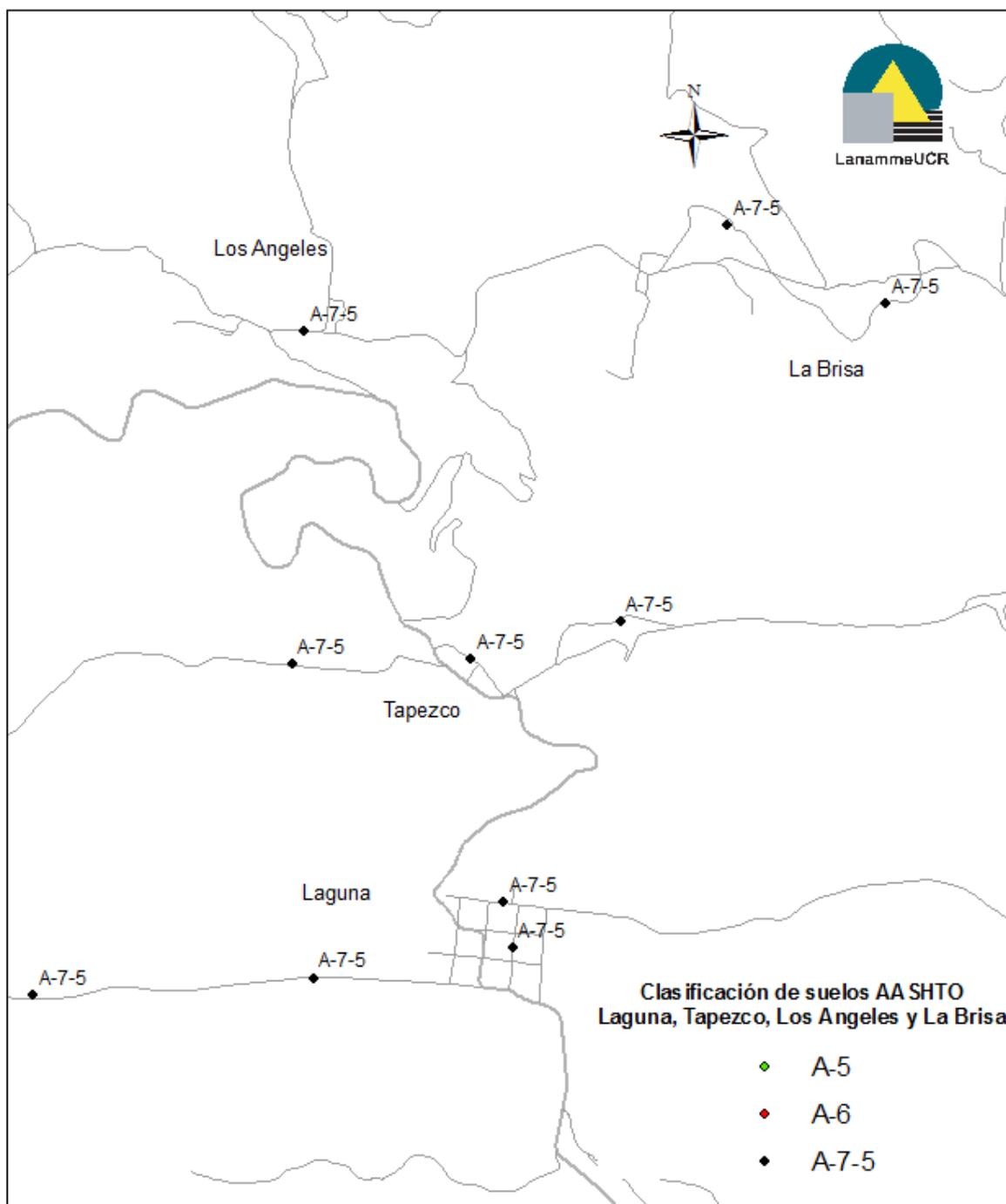


Figura 36. Clasificación de suelos (AASHTO) en Laguna, Tapezco, Los Angeles y La Brisa
Fuente: LanammeUCR, 2011

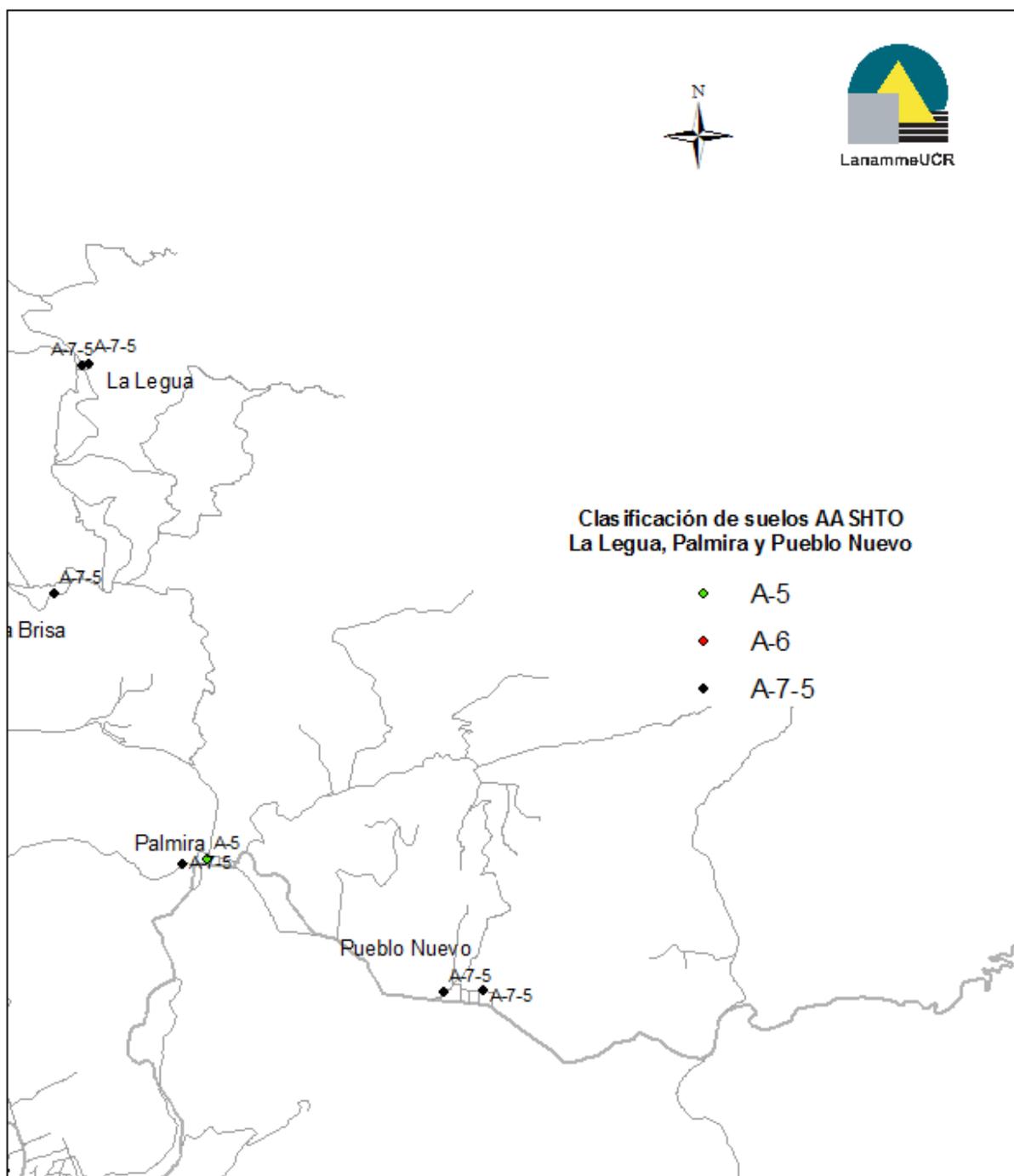


Figura 37. Clasificación de suelos (AASHTO) La Legua, Palmira y Pueblo Nuevo
Fuente: LanammeUCR, 2011

De los resultados obtenidos a partir de los sondeos de campo y las pruebas de laboratorio, se tiene que la gran mayoría de los suelos son del tipo A-7-5, lo que significa que los mismos presentan un alto potencial de expansión y de deformación al estar sometidos al agua. La distribución de suelos según esta clasificación se muestra en el siguiente gráfico.

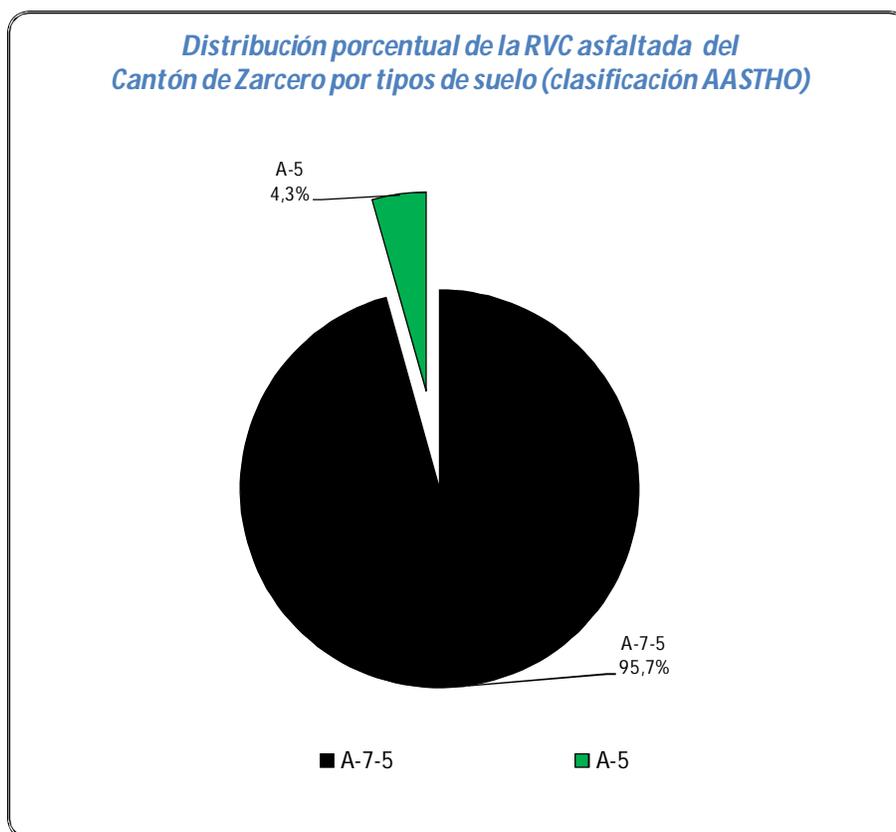


Gráfico 5. Distribución porcentual tipos de suelo (Clasificación AASTHO) del cantón de Zarcero
Fuente: LanammeUCR, 2011

Esta situación evidentemente es contraproducente a la calidad de una estructura de pavimento, por lo que al igual que en el caso de la clasificación por medio del SUCS, la clasificación AASTHO revela que el tipo de subrasante existente ofrece condiciones desfavorables desde el punto de vista de capacidad estructural; ante estas deficiencias en la subrasante, la capacidad estructural que requiera agregarse se podría hacer por medio de capas granulares o mezcla asfáltica, a menos de que se realice una reconstrucción total, y se establezca y mejore la subrasante en el proceso.

Tabla 2: Caracterización de los suelos a partir de sondeos y pruebas

ID	CBR	Muestra	Límites de plasticidad			Gs	%pasando N°200	Clasificación de subrasante	
			LL	LP	IP			SUCS	AASHTO
1	2,46	1446-11	60	39	21	2,74	76,1%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (19)
2	1,93	1441-11	103	71	32	2,63	84,3%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (40)
3	2,55	1442-11	136	98	38	2,75	66,8%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (36)
4	3,14	1444-11	136	98	38	2,75	66,8%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (36)
5	12,95	1443-11	70	51	19	2,65	42,6%	SM - ARENA LIMOSA	A-7-5 (5)
6	10,66	1440-11	70	51	19	2,65	42,6%	SM - ARENA LIMOSA	A-7-5 (5)
7	2,93	1346-11	63	49	14	2,66	62,6%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (11)
8	3,42	1347-11	63	49	14	2,66	62,6%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (11)
9	2,43	1348-11	98	73	25	2,62	85,2%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (35)
10	2,76	1345-11	64	48	16	2,59	74,9%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (16)
11	2,25	1402-11	103	71	32	2,63	84,3%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (40)
12	2,70	1401-11	136	98	38	2,75	66,8%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (36)
13	2,98	1403-11	136	98	38	2,75	66,8%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (36)
14	2,32	1349-11	100	76	24	2,66	87,4%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (36)
15	4,50	1406-11	50	45	5	2,56	59,1%	ML - LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	A-5 (4)
16	0,64	1404-11	63	49	14	2,66	62,6%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (11)
17	3,88	1407-11	81	63	18	2,75	73,1%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (20)
18	2,69	1405-11	136	98	38	2,75	66,8%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (36)
19	2,41	1350-11	118	88	30	2,46	63,6%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (27)
20	2,11	1351-11	136	98	38	2,75	66,8%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (36)
21	1,20	1408-11	118	88	30	2,46	63,6%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (27)
22	0,00	1409-11	56	43	13	2,68	47,5%	SM - ARENA LIMOSA	A-7-5 (5)
23	2,97	1445-11	58	45	13	2,81	51,0%	MH - LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (6)

Fuente: LanammeUCR, 2011

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 capa de la sub-rasante para resistir carga. En la siguiente imagen se muestra la prueba realizada en sitio.



Figura 38. Prueba de CBR en sitio

Fuente: LanammeUCR, 2008.

LM-PI-GM-02-2012	Fecha de emisión: Febrero de 2012	Página 54 de 61
------------------	-----------------------------------	-----------------

A continuación se presentan los resultados obtenidos para CBR y los sitios donde se realizó el ensayo. El CBR obtenido es una medida indirecta 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 la siguiente tabla:

Tabla 3: Clasificación del CBR

CBR	Clasificación General	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

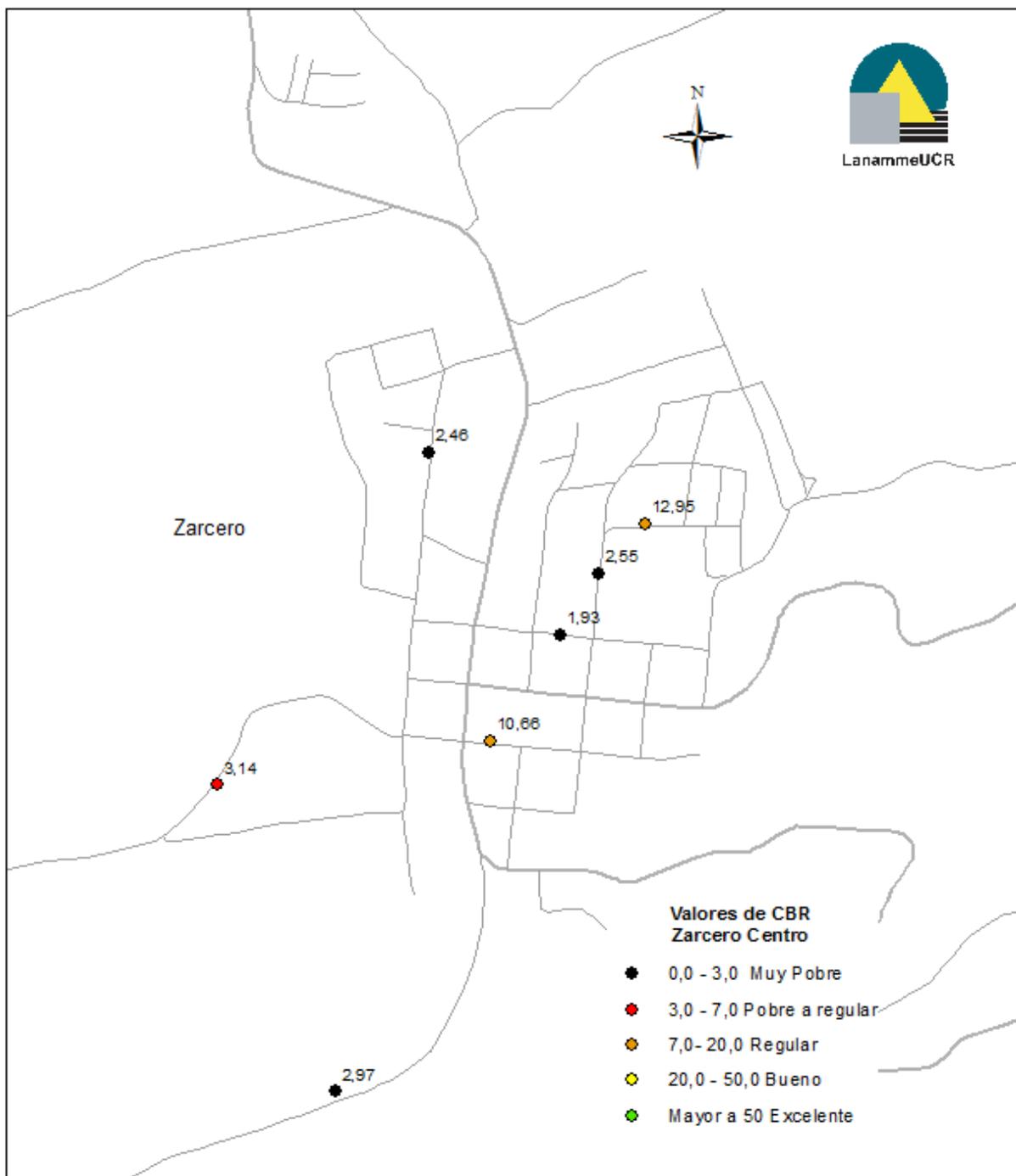


Figura 39. Caracterización del CBR en Zarcero Centro
Fuente: LanammeUCR, 2011.

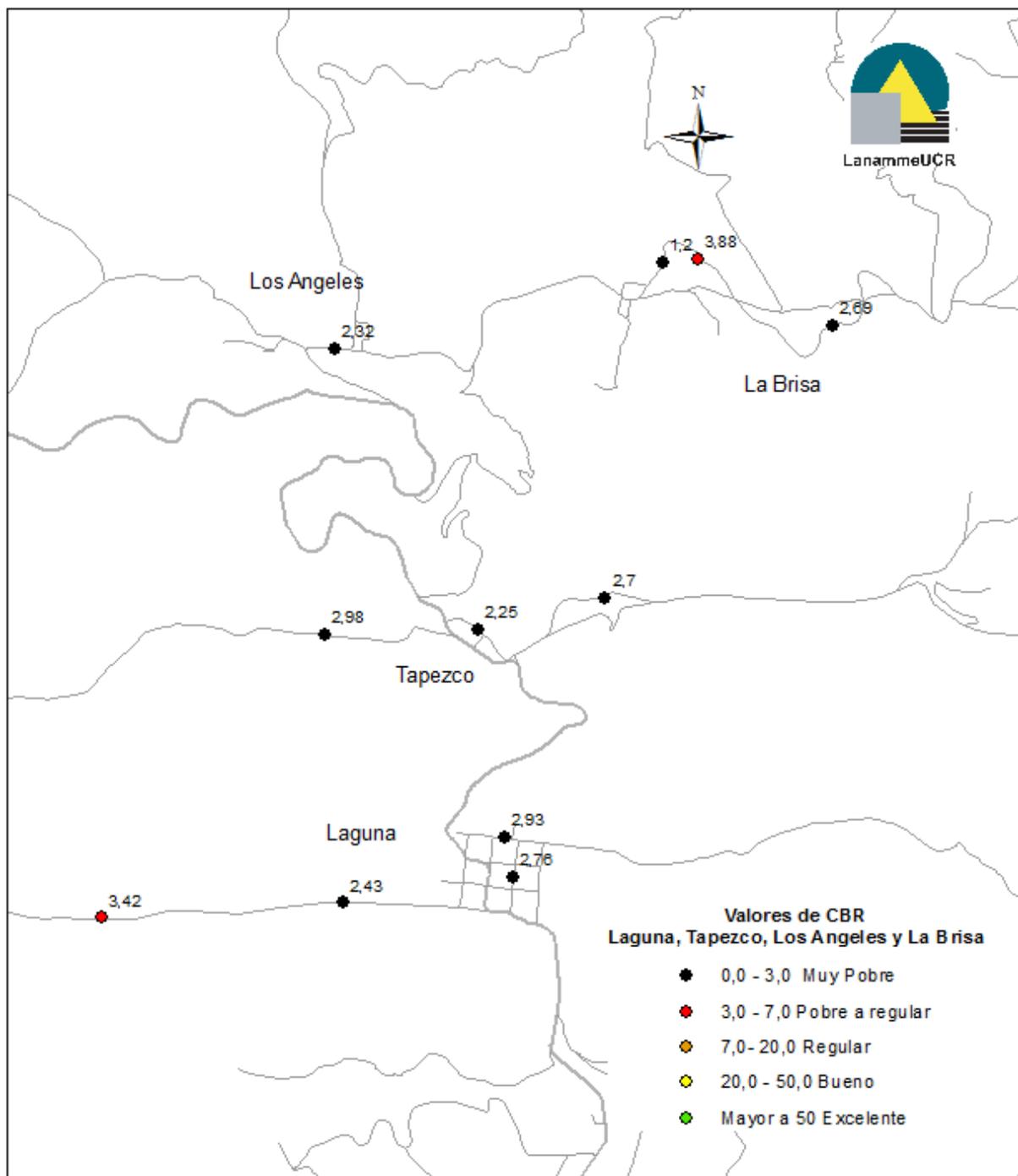


Figura 40. Caracterización del CBR en Laguna, Tapezco, Los Ángeles y La Balsa
Fuente: LanammeUCR, 2011.

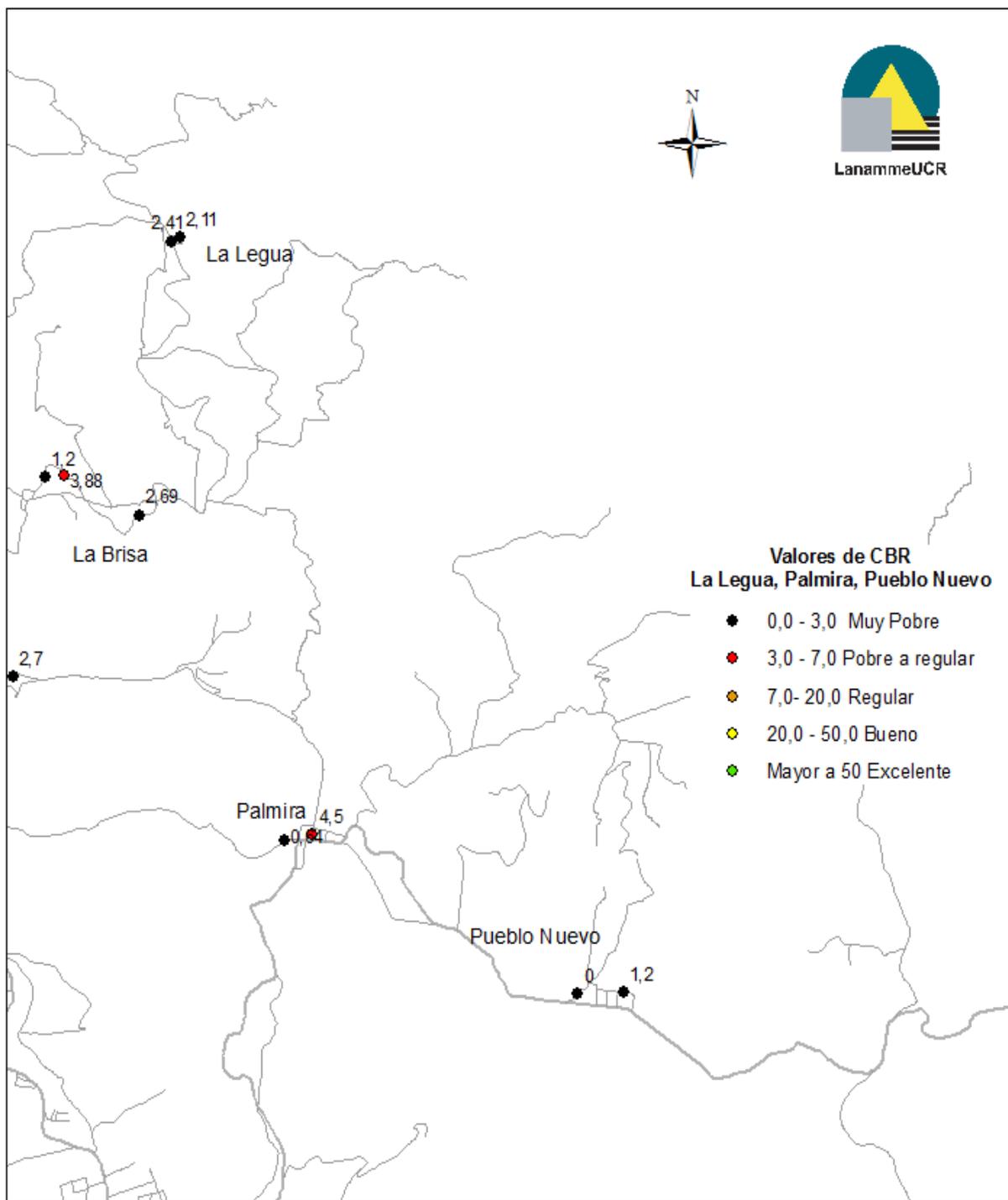


Figura 41. Caracterización del CBR en La Legua, Palmira y Pueblo Nuevo
Fuente: LanammeUCR, 2011.

Es posible observar que la mayoría de los datos presentan una condición de muy pobre a pobre. El 92% de los datos se encuentran con valores de CBR entre 0 y 7%, mientras únicamente dos puntos registraron valores mayores de CBR mayores a 10.

El recuento de los valores de CBR para cada uno de los puntos de sondeo se muestra en la tabla 2 y se puede apreciar su ubicación en las figuras 39 a 41. La distribución porcentual de valores se puede ver en el siguiente gráfico.

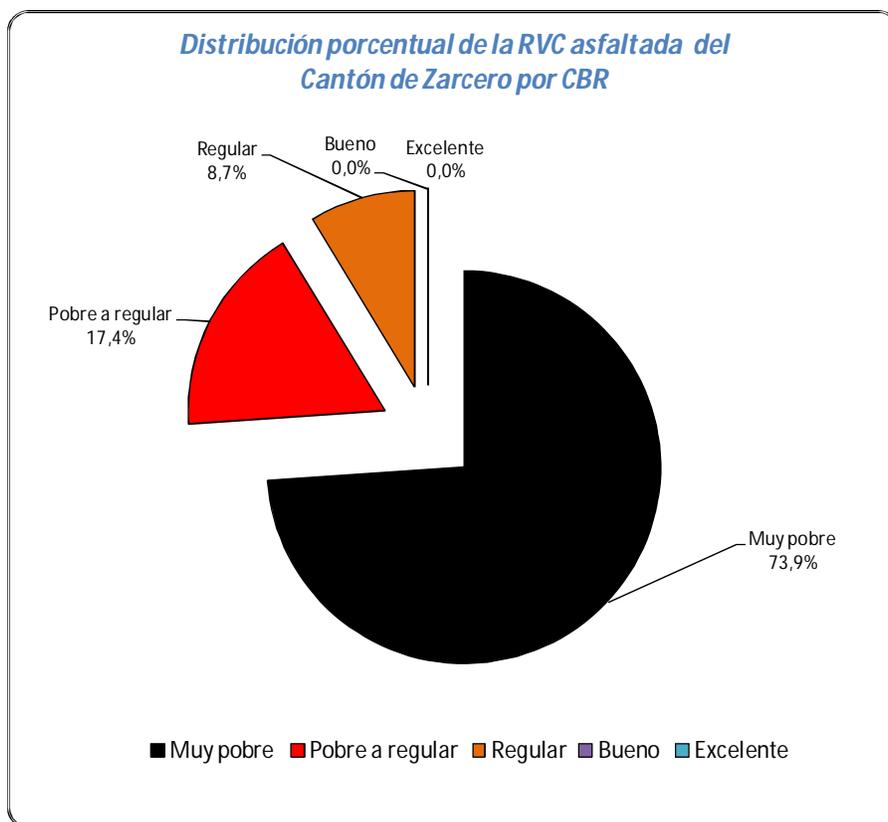


Gráfico 5. Distribución porcentual de valores de CBR en la RVC asfaltada del cantón de Zarcero
Fuente: LanammeUCR, 2011

Dado que la mayoría de los valores obtenidos del CBR de la subrasante están por debajo de un valor de 3, se considera que sería necesario aplicar medidas de estabilización o mejoramiento de estos suelos para obtener valores mayores de CBR mayores de 5, valor a partir del cual se comienza a tener un aporte significativo de capacidad estructural.

3.3 Actividades restantes

El proceso de diagnóstico de la condición de la red vial cantonal asfaltada es uno de los componentes que comprenden el convenio suscrito entre la Municipalidad de Zarcero y el LanammeUCR. Tanto los resultados obtenidos por medio de las pruebas como la información disponible ahora en sistema GIS son algunos de los principales componentes que serán tomados en cuenta por parte de la Unidad Técnica de Gestión Vial para generar el plan quinquenal.

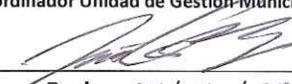
La información entregada en conjunto con este informe servirá de base para generar los tramos homogéneos, de los cuales, dependiendo de sus características, serán recomendadas acciones de intervención con el objetivo de mejorar la condición de los pavimentos en este municipio.

Adicional al diagnóstico en vías asfaltadas, se procesará información relativa a los caminos en lastre y los puentes pertenecientes a la red vial cantonal de Zarcero. Este proceso se complementará con un análisis de las inversiones y de funcionalidad de la Unidad Técnica.

4. Bibliografía

- Badilla, G (2009). Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI). Revista Infraestructura Vial. Vol.11, número 21.
- Bowles , J (1981). Manual de Laboratorio de suelos en Ingeniería Civil.. Bogotá, Colombia: Editorial McGraw Hill.
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía, Instituto Colombiano de Geología y Minería. (2004). Propuesta Metodológica para el Desarrollo de una Zonificación Geotécnica para Cartografía de Zonificación Geomecánica, Vol. III.
- Costa Rica (Octubre, 2007). Ley No. 8603: Modificación de la ley de simplificación y eficiencia tributarias para asegurar el giro oportuno de los recursos aprobados en las leyes de presupuestos de la república destinados a garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública en reconstrucción y conservación óptima de la red vial costarricense. San José, Costa Rica: La Gaceta.
- Costa Rica. (Julio, 2006). Ley No. 8114: Ley de Simplificación y Eficiencia Tributarias. San José, Costa Rica: La Gaceta.
- LanammeUCR, Informe Proyecto N° UI-PE-03-08, Variaciones a los rangos de clasificación de la red vial nacional de Costa Rica, Unidad de Investigación, Año 2008.
- López, S (2009). Sistema piloto de administración de pavimentos en la Municipalidad de Belén, Heredia. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Solminihac, H (1998). Gestión de Infraestructura Vial. Chile: Editorial de la Universidad Católica de Chile: Primera Edición.
- Unidad de Investigación en Infraestructura Vial (2008). Variaciones a los Rangos para la Clasificación Estructural de la Red Vial Nacional de Costa Rica. (Informe N° UI-PC-03-08). San José, Costa Rica: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica.
- Universidad Nacional de Colombia. Normas Técnicas de Ensayos de Laboratorio: Clasificación de suelos y agregados para la construcción de vías, normas técnicas de uso corriente del laboratorio de Geotecnia de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia <http://www.unalmed.edu.co/~geotecni/GG-11.pdf>
- LanammeUCR, Informe N° UI-PE-05-2011, Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional de Costa Rica, Unidad de Investigación, Año 2011.



1. Informe LM-PI-GM-10-2012		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: INSPECCIÓN SOBRE CONDICIÓN DE ACERAS CALLE SAN LUIS DE FLORENCIA		4. Fecha del Informe Mayo, 2011
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
6. Notas complementarias Ninguna		
7. Resumen En este informe se presentan las observaciones de la inspección visual y evaluación de la acera en la calle de acceso a la localidad de San Luis de Florencia. Esta evaluación es un producto del convenio de cooperación y asesoría técnica sobre gestión vial suscrito entre la Municipalidad de San Carlos y el Lanamme UCR.		
8. Palabras clave Aceras, inspección, evaluación, Municipalidad, San Carlos.	9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 16
11. Inspección realizada por: Ing. Josué Quesada Campos Ing. Sharline Lopez Ramírez Ingenieros Unidad de Gestión Municipal   Fecha: 24 / 05 / 12	12. Informe preparado por: Ing. Josué Quesada Campos Ingeniero Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 24 / 5 / 12	13. Colaboradores: Téc. Fernando Porras Fonseca Téc. Andrey Chavarría Quesada Técnicos Unidad de Gestión Municipal
14. Revisado por: Ing. Jaime Allen Monge, MSc. Coordinador Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 24 / 5 / 2012	15. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Fecha: / /	16. Aprobado por: Ing. Guillermo Loria Salazar, PhD. Coordinador General PITRA  Fecha: 24 / 05 / 2012