



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Proyecto: LM-PI-GM-01-13

EVALUACIÓN DE LA RED VIAL CANTONAL DE ZARCERO: TRAMOS HOMOGÉNEOS

Preparado por:
Unidad de Gestión Municipal

**San José, Costa Rica
Julio, 2013**



Documento generado con base en el Art. 6, inciso j) de la ley 8114 según la reforma aprobada en la ley 8603. Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

Información técnica del documento

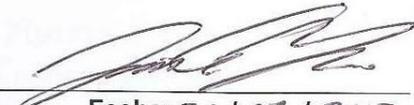
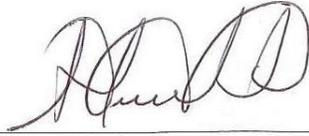
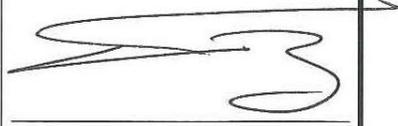
1. Informe LM-PI-UM-01-13		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL CANTONAL DE ZARCERO: TRAMOS HOMOGÉNEOS		4. Fecha del Informe: Julio, 2013
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
9. Resumen <p><i>El estudio realizado en las principales rutas de la red vial cantonal de Zarcero durante el año 2010 y 2011, 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></p> <p><i>En el presente informe se detalla el análisis de aproximadamente 19 km, donde se generó un total de 57 tramos homogéneos, posteriormente fueron analizados por medio de diferentes parámetros como: deflectometría, IRI (Índice de Regularidad Internacional), conteos vehiculares, entre otros.</i></p> <p><i>El análisis de los datos de deflectometría promedio para cada tramo indicó que un 98% de los tramos homogéneos (18,4 km) presentan una condición deficiente en cuanto a capacidad estructural. En cuanto a los valores promedio de IRI, se determinó que aproximadamente 3,9 km presenta un IRI inferior a 6,4 m/km.</i></p> <p><i>Uno de los productos más importantes que se incluye en el análisis es la propuesta del tipo de intervención general a nivel de red, basados en el estado al momento de las evaluaciones 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></p>		
10. Palabras clave Evaluación, Gestión, Red vial cantonal, Zarcero, Tramos homogéneos	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 55
13. Preparado por: Ing. Eliécer Arias Barrantes Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 24 / 07 / 2013	Colaboradores Catalina Vargas Sobrado Ariana Perera Lizano	14. Revisado por: Ing. Sharline López Ramírez Unidad de Gestión Municipal 
15. Revisado por: Ing. Jaime Allen Monge, MSc Coordinador Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 26 / 07 / 2013	16. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Lanamme UCR  Fecha: / /	17. Aprobado por: Ing. Guillermo Loría Salazar, PhD Coordinador General PITRA  Fecha: / /



TABLA DE CONTENIDO

1	ANTECEDENTES	7
1.1	ASESORÍA TÉCNICA	7
1.2	CAPACITACIÓN.....	8
1.3	VENTA DE SERVICIOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
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
2	PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL	9
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
3	DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL DE ZARCERO	14
3.1	OBJETIVO	14
3.2	ACTIVIDADES	14
3.2.1	<i>DEFINIR TRAMOS HOMOGÉNEOS</i>	14
3.3	NOTAS CALIDAD.....	30
3.3.1	<i>DEFINICIÓN DE LAS NOTAS DE CALIDAD</i>	32
3.3.2	<i>NOTAS DE CALIDAD RED VIAL ANALIZADA</i>	34
3.4	TIPOS DE INTERVENCIÓN	41
3.5	DISEÑO Y COSTOS DE LOS TRATAMIENTOS.....	49
3.6	ESCENARIOS DE INVERSIÓN.....	50
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
5	REFERENCIAS	54



ÍNDICE DE CUADROS

TABLA 1. LONGITUD DE LOS DIFERENTES TRAMOS HOMOGÉNEOS UBICADOS EN ZARCERO.....	15
TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL SEGÚN VALORES DE IRI... 25	
TABLA 3. NOTAS DE CALIDAD PARA UN TRÁNSITO INFERIOR A LOS 5000 VEHÍCULOS DIARIOS PARA UNA ESTRUCTURA CON BASE GRANULAR.....	31
TABLA 4. NOTAS DE CALIDAD PARA UN TRÁNSITO INFERIOR A LOS 5000 VEHÍCULOS DIARIOS PARA UNA ESTRUCTURA CON BASE ESTABILIZADA.	31
TABLA 5. NOTA DE CALIDAD ASIGNADA A CADA TRAMO ANALIZADO EN LA LOCALIDAD DE ZARCERO.	35
TABLA 6. TIPO DE INTERVENCIÓN REQUERIDA PARA CADA TRAMO EVALUADO EN ZARCERO.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTRUCTURA GENERAL DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS.	10
FIGURA 2. ESQUEMA DE PROCESO DE GESTIÓN VIAL.	12
FIGURA 3. ESQUEMA METODOLÓGICO.....	13
FIGURA 4. UBICACIÓN DE LOS DIFERENTES TRAMOS HOMOGÉNEOS EN ZARCERO.	16
FIGURA 5. UBICACIÓN DE LOS DIFERENTES TRAMOS HOMOGÉNEOS EN TAPEZCO, FINCA VERBENA Y LAGUNA.	17
FIGURA 6. UBICACIÓN DE LOS DIFERENTES TRAMOS HOMOGÉNEOS EN PICADA Y PALMIRA.....	18
FIGURA 7. UBICACIÓN DE LOS DIFERENTES TRAMOS HOMOGÉNEOS EN.....	19
FIGURA 8. CONDICIÓN DEL PAVIMENTO A PARTIR DE DEFLECTOMETRÍA Y TPD INFERIOR A 5000 PARA BASES GRANULARES (IZQUIERDA) Y ESTABILIZADAS (DERECHA).....	20
FIGURA 9. DEFLECTOMETRÍA PROMEDIO DE LAS VÍAS ANALIZADAS EN ZARCERO. 21	
FIGURA 10. DEFLECTOMETRÍA PROMEDIO DE LAS VÍAS ANALIZADAS EN TAPEZCO, FINCA VERBENA Y LAGUNA.	22
FIGURA 11. DEFLECTOMETRÍA PROMEDIO DE LAS VÍAS ANALIZADAS EN LA BRISAS, JILGUERO Y LA BRISA	23



FIGURA 12. DEFLECTOMETRÍA PROMEDIO DE LAS VÍAS ANALIZADAS EN PICADA Y PALMIRA.....	24
FIGURA 13. PORCENTAJE DE METROS LINEALES, CLASIFICADOS SEGÚN FWD PROMEDIO.....	25
FIGURA 14. PORCENTAJE DE TRAMOS HOMOGÉNEOS, CLASIFICADOS SEGÚN EL FWD PROMEDIO.....	25
FIGURA 15. IRI PROMEDIO PARA LAS VÍAS ANALIZADAS EN ZARCERO.....	26
FIGURA 16. IRI PROMEDIO PARA LAS VÍAS ANALIZADAS EN TAPEZCO, FINCA VERBENA Y LAGUNA.....	27
FIGURA 17. IRI PROMEDIO PARA LAS VÍAS ANALIZADAS EN LAS BRISAS, JILGUERO Y LA BRISA.....	28
FIGURA 18. IRI PROMEDIO PARA LAS VÍAS ANALIZADAS EN PICADA Y PALMIRA	29
FUENTE: LANAMMEUCR, 2013.....	29
FIGURA 19. PORCENTAJE DE METROS LINEALES, CLASIFICADOS SEGÚN EL IRI PROMEDIO.....	30
FIGURA 20. PORCENTAJE DE TRAMOS HOMOGÉNEOS, CLASIFICADOS SEGÚN EL IRI PROMEDIO.....	30
FIGURA 21. NOTAS DE CALIDAD PARA LOS DIFERENTES TRAMOS HOMOGÉNEOS ANALIZADOS EN ZARCERO.....	37
FIGURA 22. NOTAS DE CALIDAD PARA LOS DIFERENTES TRAMOS HOMOGÉNEOS ANALIZADOS EN TAPEZCO, FINCA VERBENA Y LAGUNA.....	38
FIGURA 23. NOTAS DE CALIDAD PARA LOS DIFERENTES TRAMOS HOMOGÉNEOS ANALIZADOS EN LAS BRISAS, JILGUERO, LA BRISA Y LA ARGENTINA.....	39
FIGURA 24. NOTAS DE CALIDAD PARA LOS DIFERENTES TRAMOS HOMOGÉNEOS ANALIZADOS EN PICADA Y PALMIRA.....	40
FIGURA 25. DISTRIBUCIÓN DE LAS DIFERENTES NOTAS DE CALIDAD ASIGNADAS.....	41
FIGURA 26. TIPO DE INTERVENCIÓN RECOMENDADA PARA CADA NOTA DE CALIDAD.....	43
FIGURA 27. TIPO DE INTERVENCIÓN REQUERIDA PARA CADA TRAMO EVALUADO EN ZARCERO.....	46
FIGURA 28. TIPO DE INTERVENCIÓN REQUERIDA PARA CADA TRAMO EVALUADO EN FINACA VERBENA, TAPEZCO, LAGUNA, LAS BRISAS JILGUERO Y LA BRISA.....	47



FIGURA 29. TIPO DE INTERVENCIÓN REQUERIDA PARA CADA TRAMO EVALUADO EN PICADA Y PALMIRA. 48

FIGURA 30. DISTRIBUCIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE INTERVENCIÓN SEGÚN LAS NOTAS DE CALIDAD ASIGNADAS..... 49





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 LanammeUCR, 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 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 funcionalidad y jerarquía de la red vial cantonal del cantón de Zarcero.
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 Muestreos, ensayos de laboratorio y campo

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 Zarcero.

1.4 Recursos financieros

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

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 Reglamento al artículo 5 inciso b) de la 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 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

Informe LM-PI-GM-14-12	Fecha de emisión: Julio 2013	Página 8 de 55
------------------------	------------------------------	----------------



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.

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 misma 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 Zarcero, proporcionando políticas de inversión para la rehabilitación y el mantenimiento de sus rutas basándose en fundamentos técnicos, de manera que se brinde 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 posibles 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.

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.

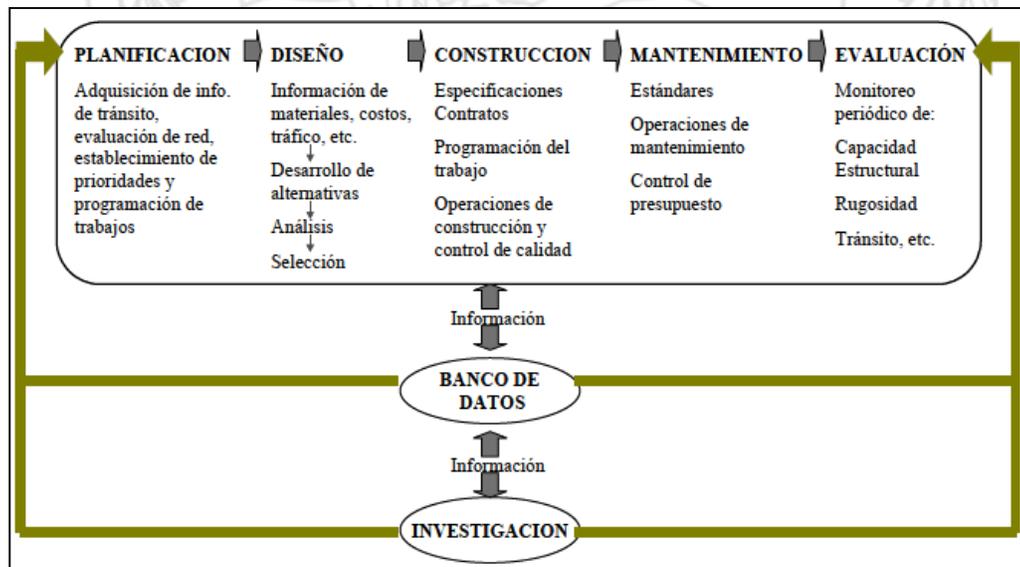


Figura 1. Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos.

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 manutención 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 vehículos y camiones 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 deben aplicarse herramientas que permitan gestionar la conservación e incorporar los demás elementos (Ej. alcantarillado, puentes, señalización, etc.) que proveen al usuario de una operación segura y de bajo costo (De Solminihaç, 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 demuestra el flujograma para el proceso de gestión vial en el ámbito municipal.

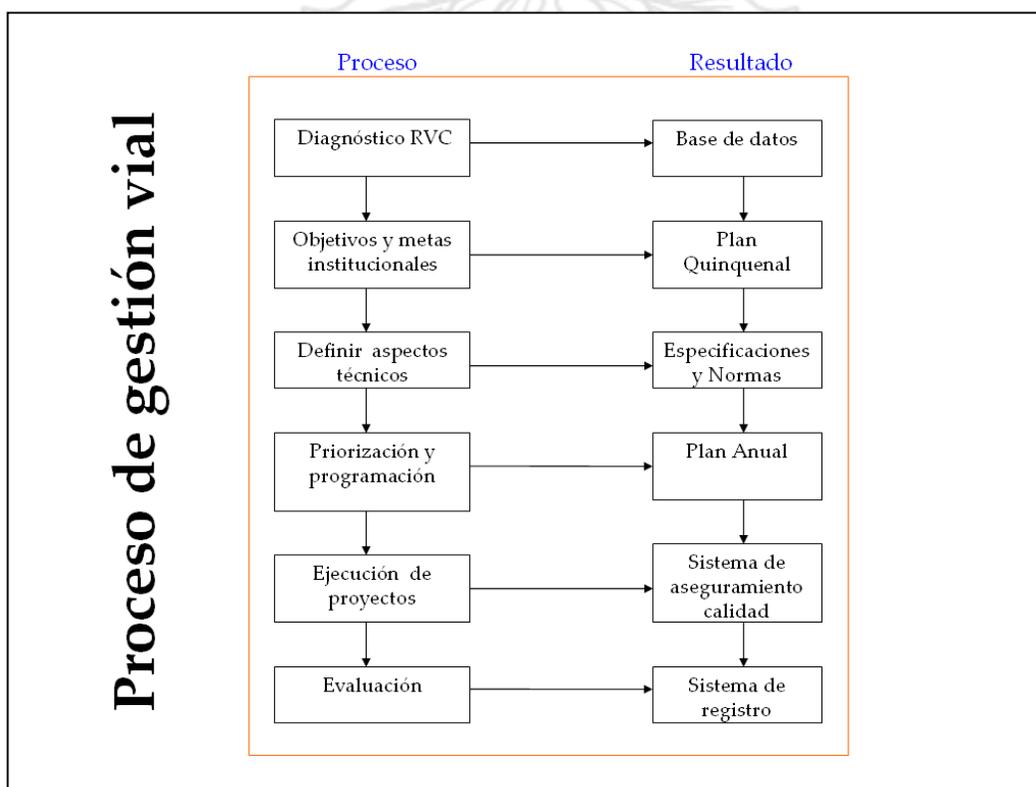


Figura 2. Esquema de proceso de gestión vial.

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.

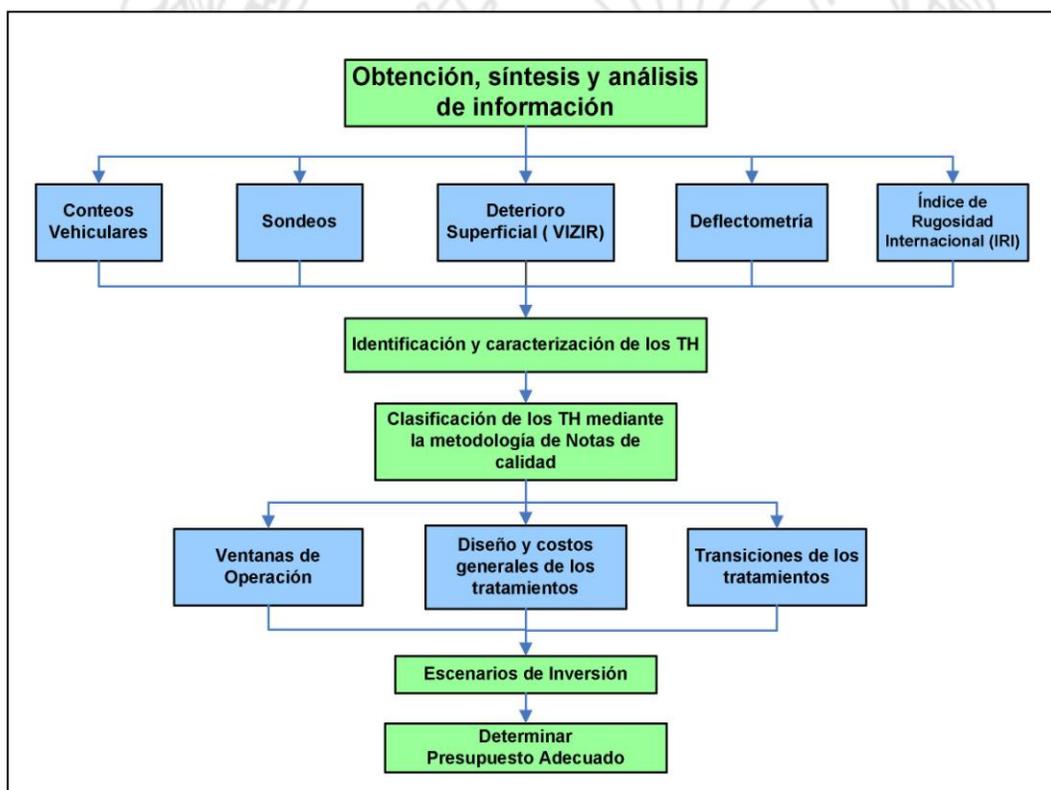


Figura 3. Esquema metodológico.

Fuente: Lanamme, 2013.



3 DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL 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 de la red vial. 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 la estructura del pavimento.
6. Definir tramos homogéneos.

En las siguientes secciones se profundiza en el punto 6, este punto en particular involucra una serie de análisis con el fin de determinar tramos dentro de la Red Vial Cantonal que puedan ser considerados homogéneos, los puntos anteriores se detallaron en el informe LM-PI-GM-02-2012.

3.2.1 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 fueron obtenidos por medio del método de diferencias acumuladas establecido por el AASHTO 93, a partir de la información de deflectometría. Se mantienen tramos 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 Zarcero se obtuvieron 58 tramos homogéneos a partir de aproximadamente 19 km evaluados, a continuación se tabula el número de tramo y la longitud aproximada de cada uno, además en las figuras 4, 5, 6 y 7 se muestra su ubicación en la Red Vial Cantonal.

Tabla 1. Longitud de los diferentes tramos homogéneos ubicados en Zarcero.
Fuente: LanammeUCR, 2013.

ID	Longitud	ID	Longitud	ID	Longitud
1	334 m	20	362 m	39	195 m
2	1071 m	21	202 m	40	247 m
3	483 m	22	97 m	41	1011 m
4	186 m	23	520 m	42	256 m
5	382 m	24	331 m	43	209 m
6	101 m	25	283 m	44	304 m
7	115 m	26	187 m	45	256 m
8	392 m	27	410 m	46	401 m
9	96 m	28	195 m	47	425 m
10	214 m	29	369 m	48	357 m
11	128 m	30	402 m	49	1045 m
12	375 m	31	914 m	50	481 m
13	354 m	32	1005 m	51	358 m
14	150 m	33	230 m	52	297 m
15	429 m	34	137 m	53	374 m
16	102 m	35	92 m	55	163 m
17	183 m	36	223 m	56	612 m
18	97 m	37	247 m	57	103 m
19	217 m	38	70 m	58	103 m

Fuente: LanammeUCR, 2013.

En la siguiente figura se muestra la totalidad de los tramos ubicados en los cuadrantes centrales de zarcerero.

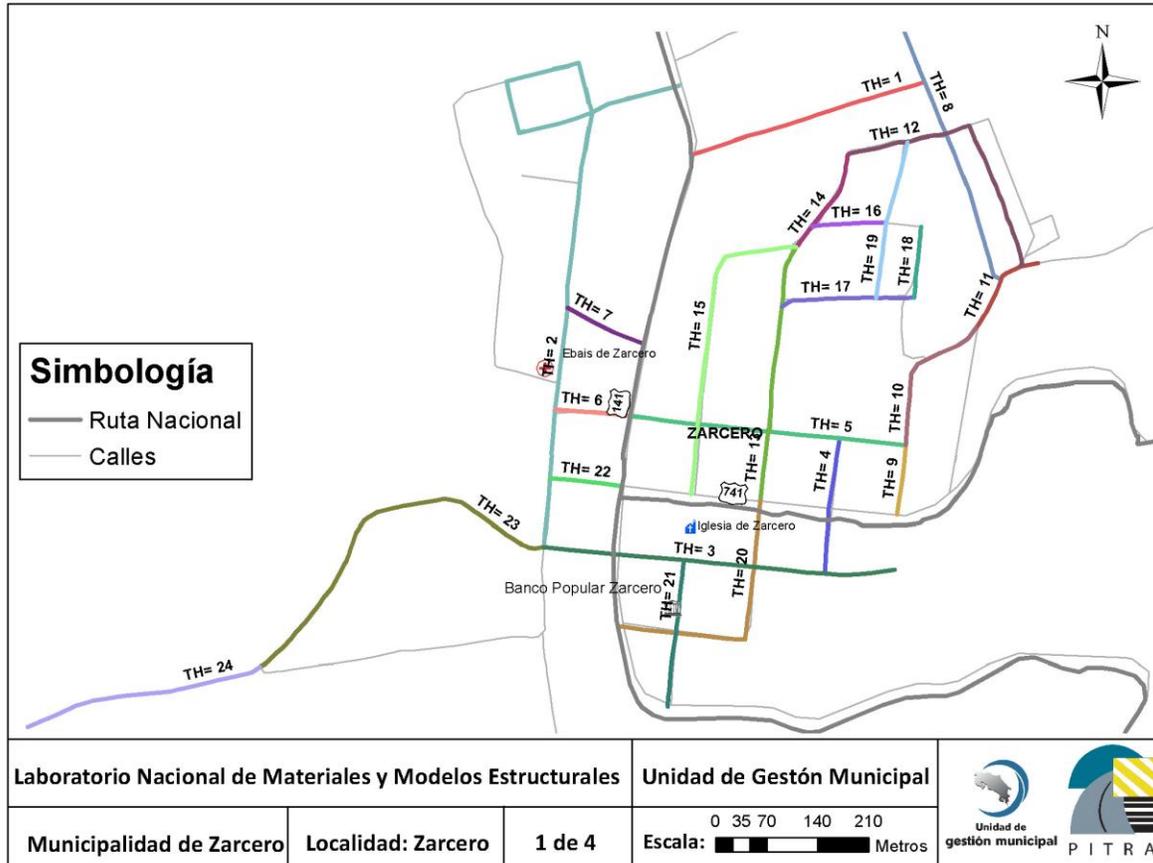


Figura 4. Ubicación de los diferentes tramos homogéneos en Zarcerero.

Fuente: LanammeUCR, 2013.

En la localidad de Laguna y Tapezco se generaron 11 y 7 tramos homogéneos, respectivamente, para un total de 6,9 km (ver Figura 6).

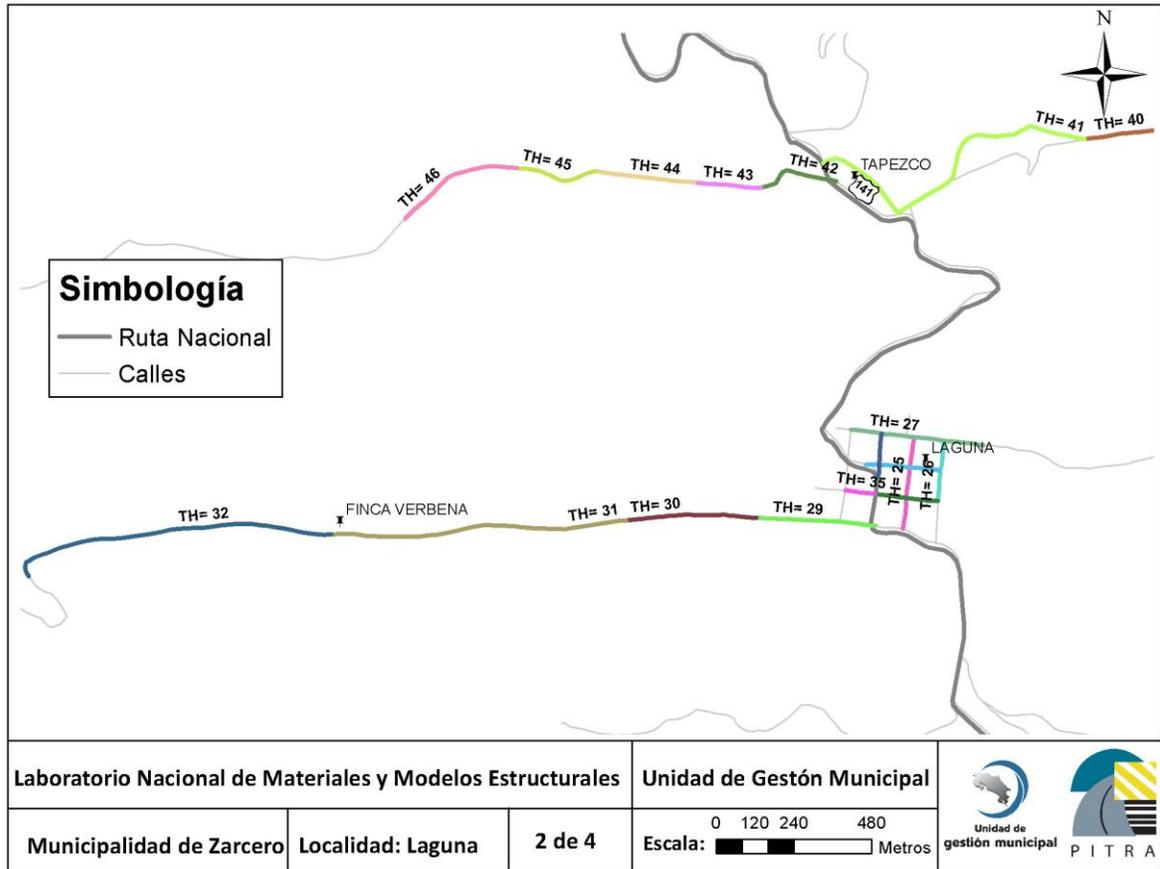


Figura 5. Ubicación de los diferentes tramos homogéneos en Tapezco, Finca Verbena y Laguna.

Fuente: LanammeUCR, 2013.

En la siguiente figura pueden observarse los tramos homogéneos ubicados en la localidad de Palmira y Picada, en el siguiente mapa se puede observar la ubicación de los 9 nueve tramos, los cuales abarcan una longitud de 1,7 km.

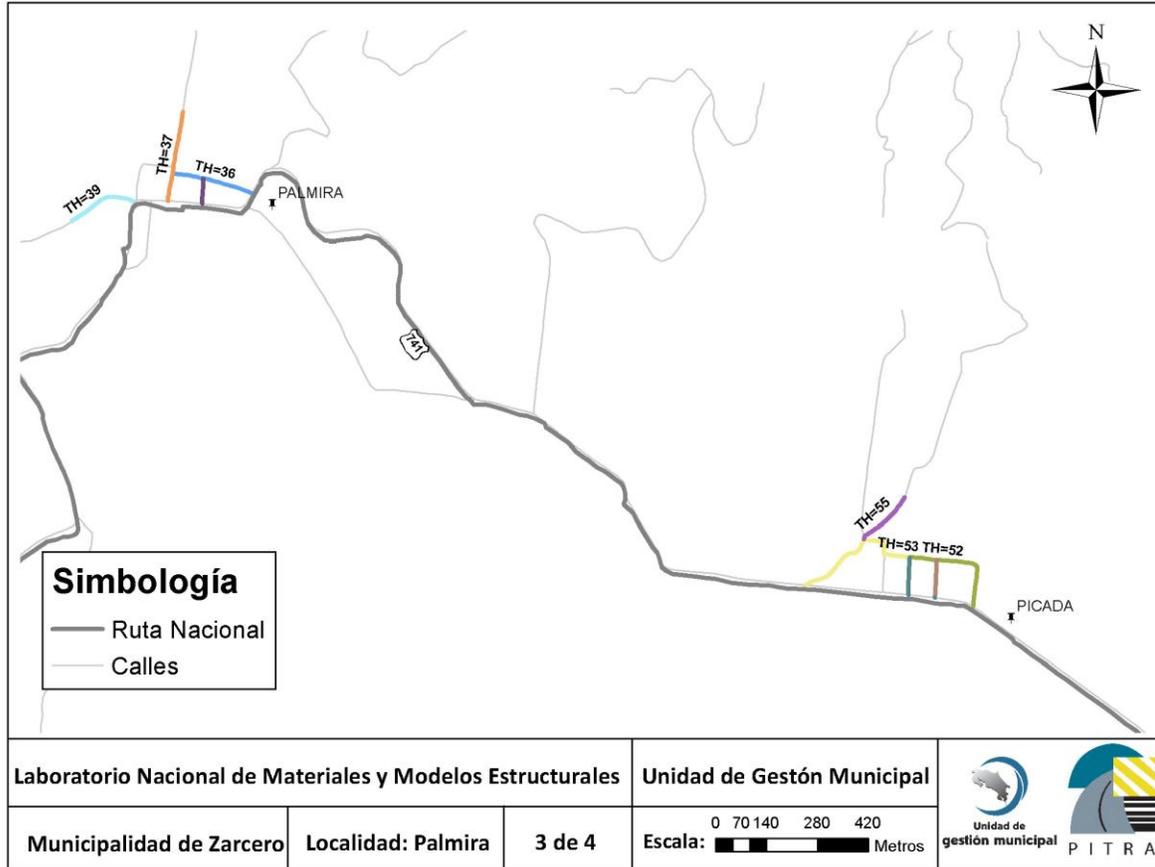


Figura 6. Ubicación de los diferentes tramos homogéneos en Picada y Palmira
Fuente: LanammeUCR, 2013.

Los caminos evaluados próximos a la localidad de la Brisa puede observarse en la siguiente figura, donde se generaron un total de 6 tramos homogéneos para un total de 3,2 km.

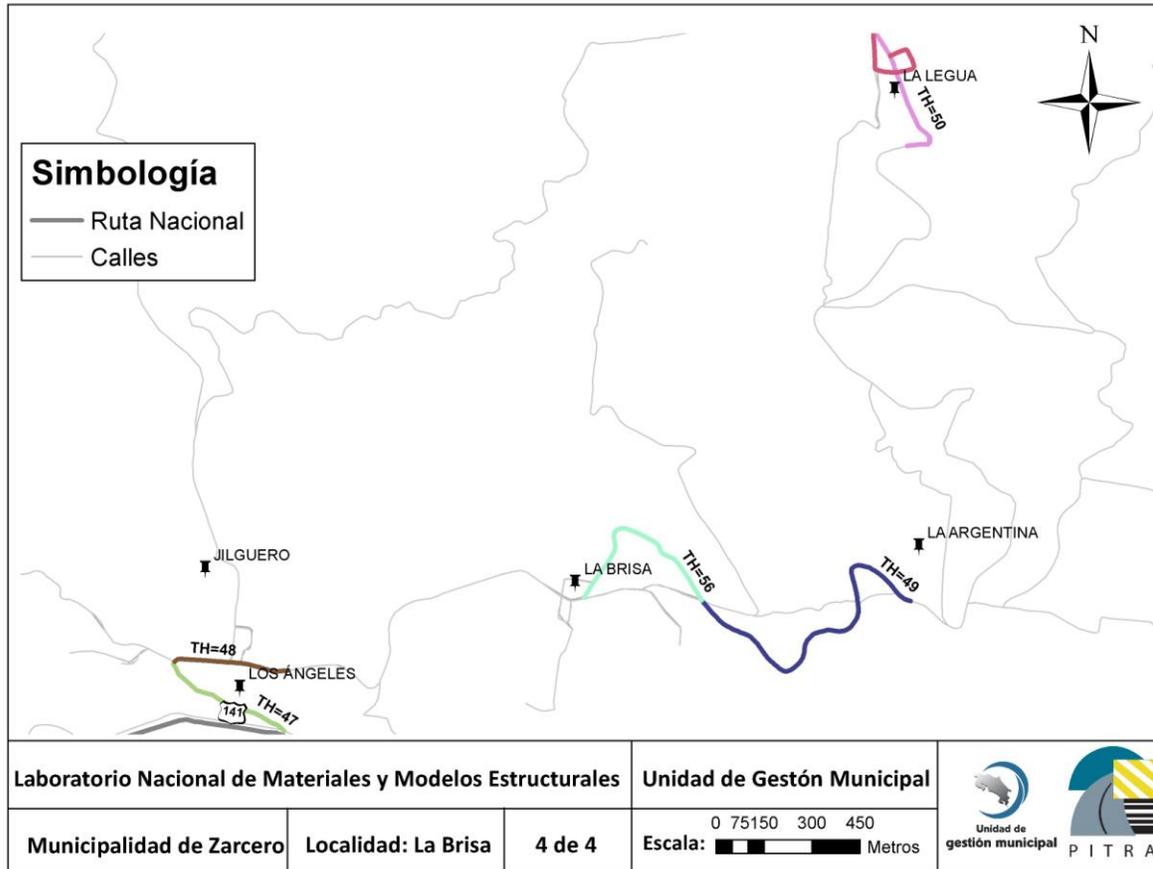


Figura 7. Ubicación de los diferentes tramos homogéneos en
Fuente: LanammeUCR, 2013.

Es importante aclarar que los valores promedio asociados a cada tramo ofrecen una idea de la condición general del mismo y a cada uno de ellos 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.

3.2.1.1 Deflexión Promedio

Para categorizar el estado estructural de cada tramo homogéneo se utiliza la clasificación que se presenta en la Figura 8, donde se consideran diferentes rangos de deflectometría según el TPD de las vías y el tipo de estructura (pavimento con base granular o estabilizada).

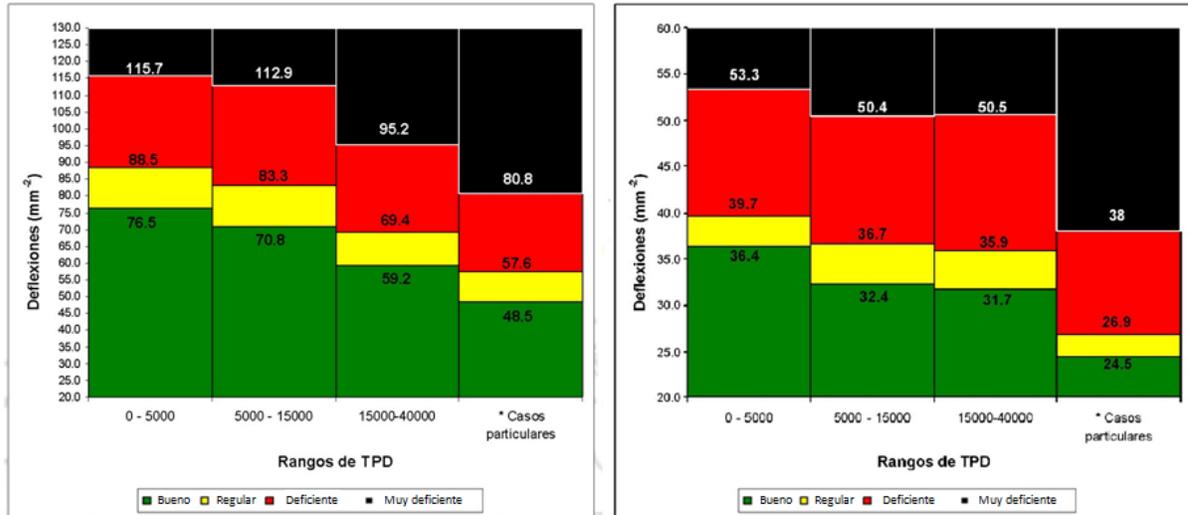


Figura 8. Condición del pavimento a partir de deflectometría y TPD inferior a 5000 para bases granulares (izquierda) y estabilizadas (derecha).

En las siguientes figuras se muestra de manera gráfica la caracterización de la red vial para las evaluaciones realizadas durante los años 2010 y 2011, según los valores promedio de las deflexiones y el tipo de base asociada.

En los cuadrantes centrales de Zarcero se determinó que 6,8 km se encuentran en la categoría deficiente o muy deficiente, representado en el mapa siguiente por el color rojo y negro, esto indica que un 98% de las calles evaluadas en esta zona se encuentran muy deterioradas y sólo un tramo se encuentra en condición regular.

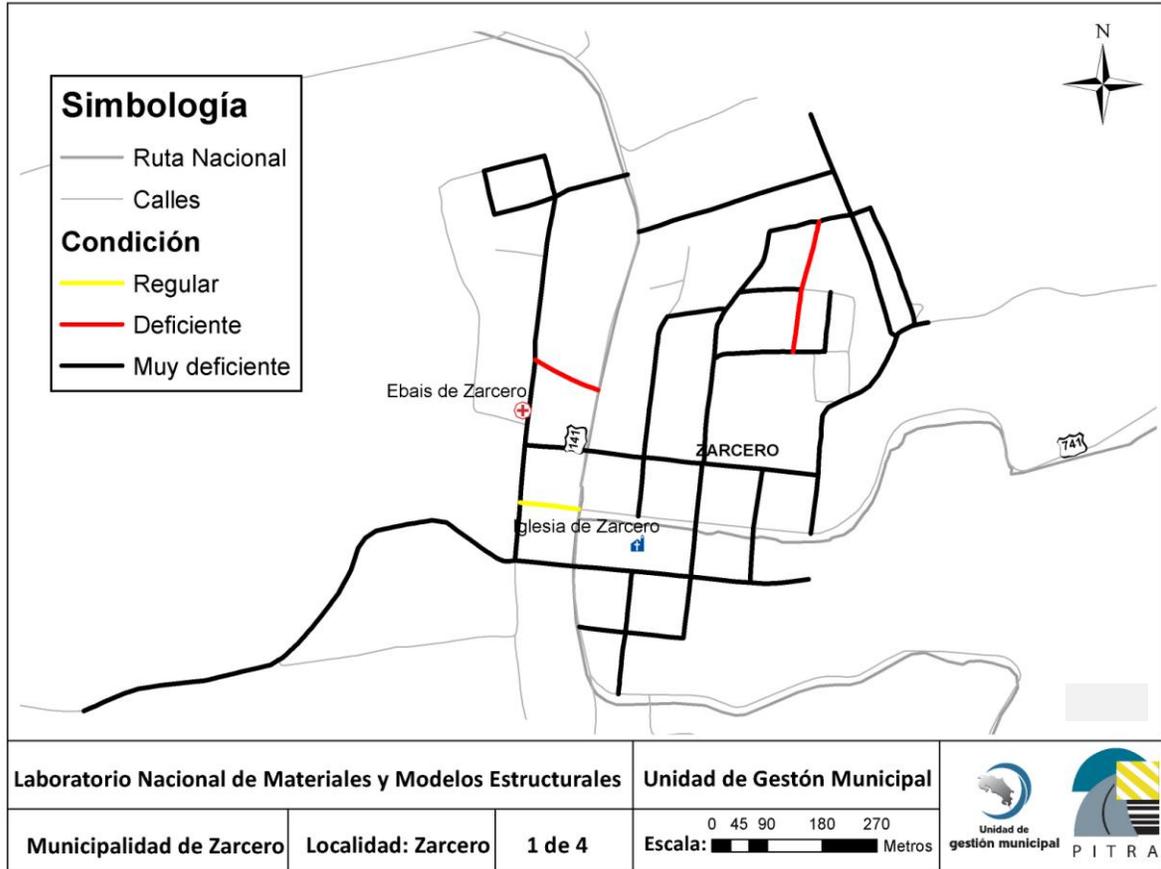


Figura 9. Deflectometría promedio de las vías analizadas en Zarcero.

Fuente: LanammeUCR, 2013.

En la localidad de Tapezco y la Laguna, toda la longitud evaluada se encuentra de la categoría de muy malo, debido a las altas deflexiones medidas por el deflectómetro de impacto.

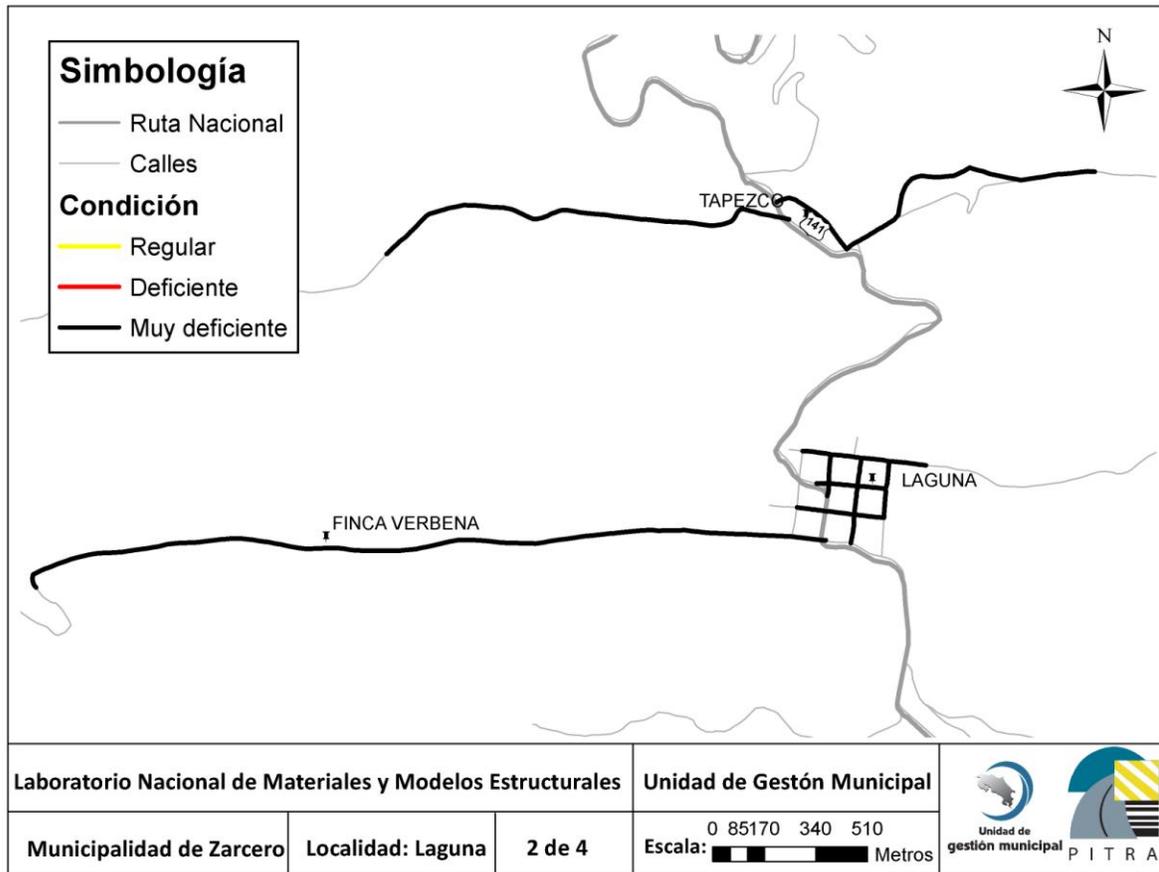


Figura 10. Deflectometría promedio de las vías analizadas en Tapezco, Finca Verbena y Laguna.

Fuente: LanammeUCR, 2013.

En la localidad de las Brisas y proximidades los resultados también fueron desfavorables respecto a capacidad estructural y de la longitud evaluada en esta localidad el 100% se encuentra dentro de la categoría de “Muy deficiente” y este mismo resultado se observa en la localidad de Palmira y Picada, (ver Figura 11).

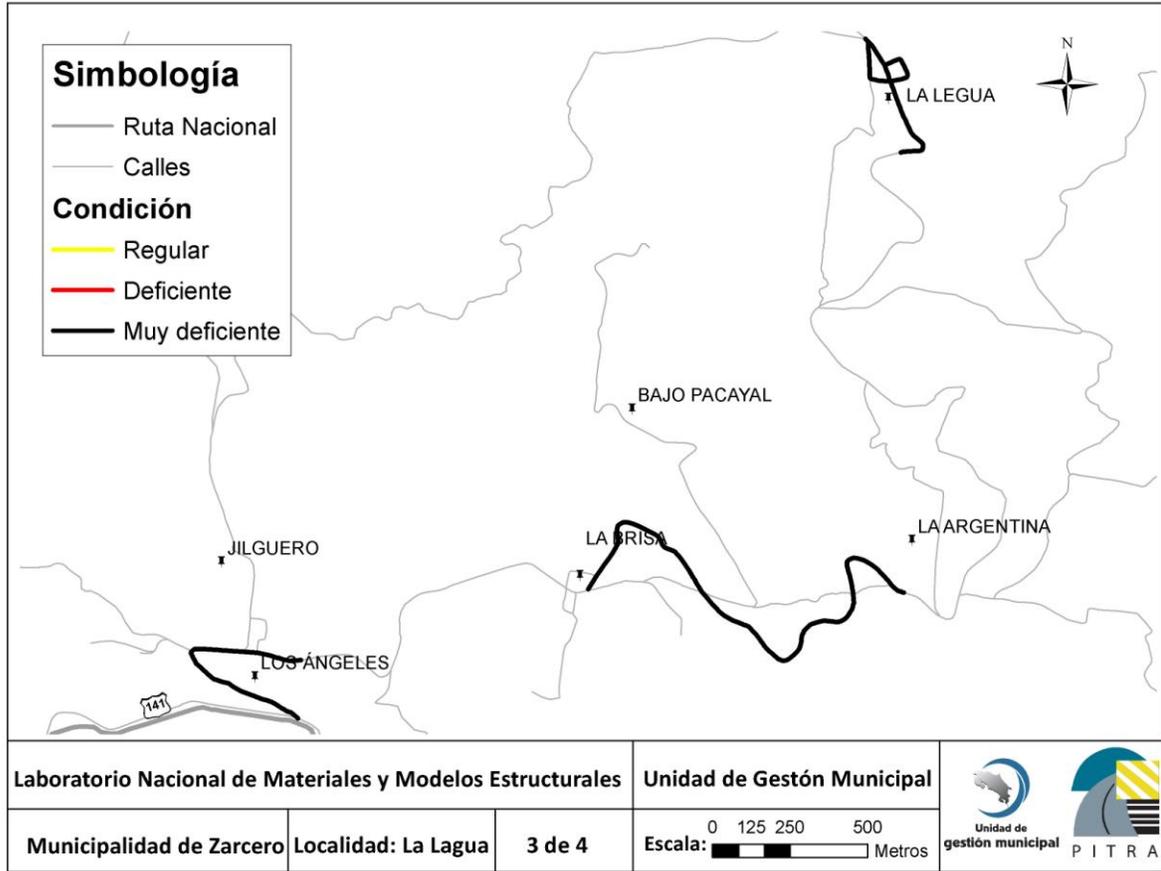


Figura 11. Deflectometría promedio de las vías analizadas en Los Ángeles, La Brisa y La Legua.

Fuente: LanammeUCR, 2013.

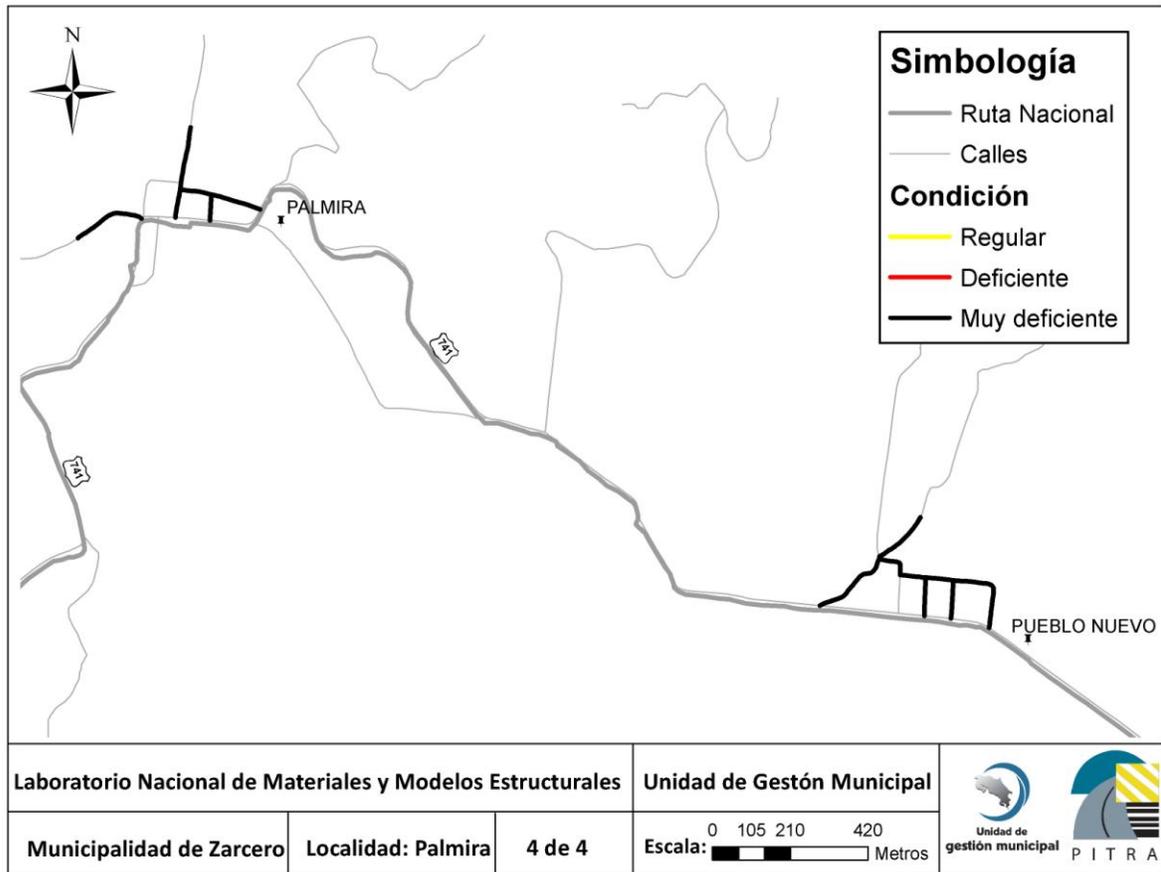


Figura 12. Deflectometría promedio de las vías analizadas en Pueblo Nuevo y Palmira.
Fuente: LanammeUCR, 2013.

Para cada categoría de condición estructural se realiza un análisis del total de las rutas evaluadas en el que se determinan la cantidad de metros lineales y cantidad de tramos homogéneos asociados a cada condición, los cuales se sintetizan en las figuras 13 y 14.

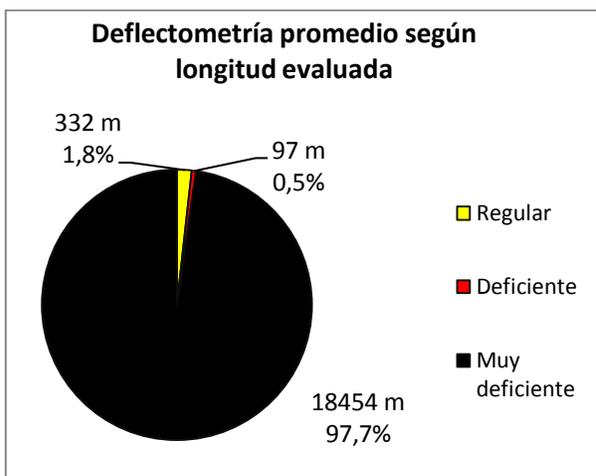


Figura 13. Porcentaje de metros lineales, clasificados según FWD promedio.
Fuente: LanammeUCR, 2013.

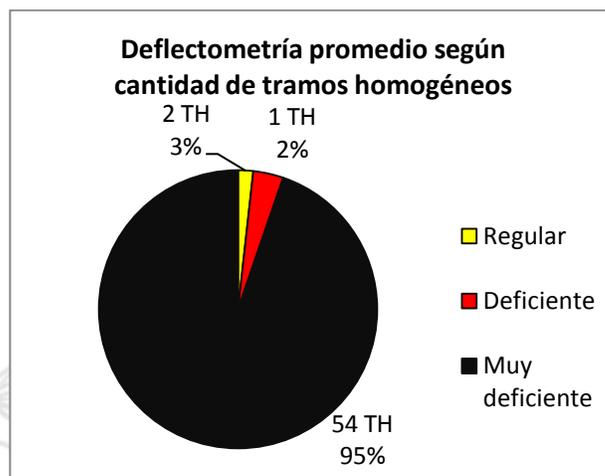


Figura 14. Porcentaje de tramos homogéneos, clasificados según el FWD promedio.
Fuente: LanammeUCR, 2013.

En las figuras anteriores es posible observar que cerca del 98% (18,5 km) de la longitud evaluada posee una estructura del pavimento deficiente ya que presenta deflexiones muy altas, un 1,8 % (0,3 km) presenta deflexiones altas por lo que la capacidad estructural no solo se ha visto reducida sino que también presenta problemas para soportar las cargas de tránsito y 0,5 % (0,1 km) posee una condición regular.

3.2.1.2 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 simbología presente en la siguiente tabla.

Tabla 2. Clasificación de la condición superficial según valores de IRI.

Fuente: LanammeUCR, 2013.

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

Fuente: LanammeUCR, 2013.

El análisis mediante IRI promedio permite identificar que en los cuadrantes centrales de Zarcero se presentan niveles altos de irregularidad superficial (ver Figura 15), estas condiciones son desfavorables para el tránsito de vehículos dado que ofrecen un nivel de servicio muy bajo, estos niveles de irregularidad superficial están asociados a deterioros superficiales como: baches mal ejecutados, huecos, desprendimiento de agregado y deformación en la superficie de ruedo. Las condiciones observadas fuera del casco central son muy similares a las observadas en los cuadrantes centrales, esta información puede observarse en las figuras 16, 17 y 18.

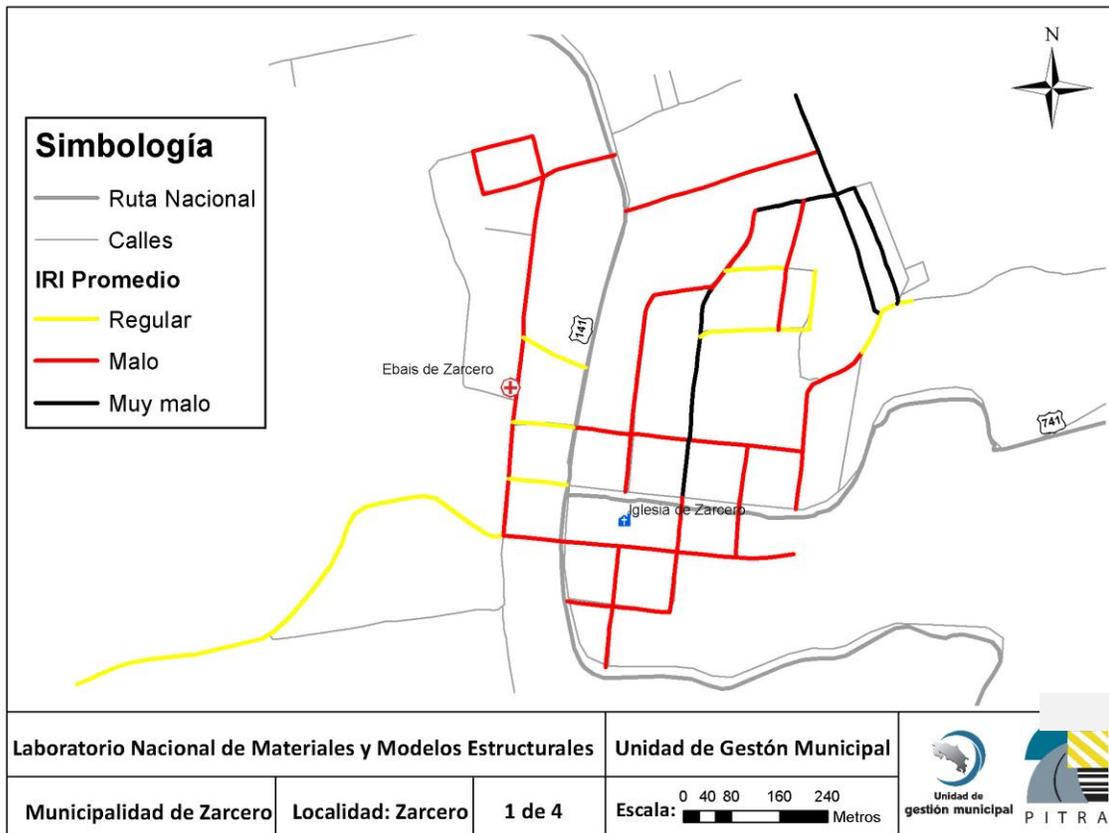


Figura 15. IRI promedio para las vías analizadas en Zarcero.

Fuente: LanammeUCR, 2013.

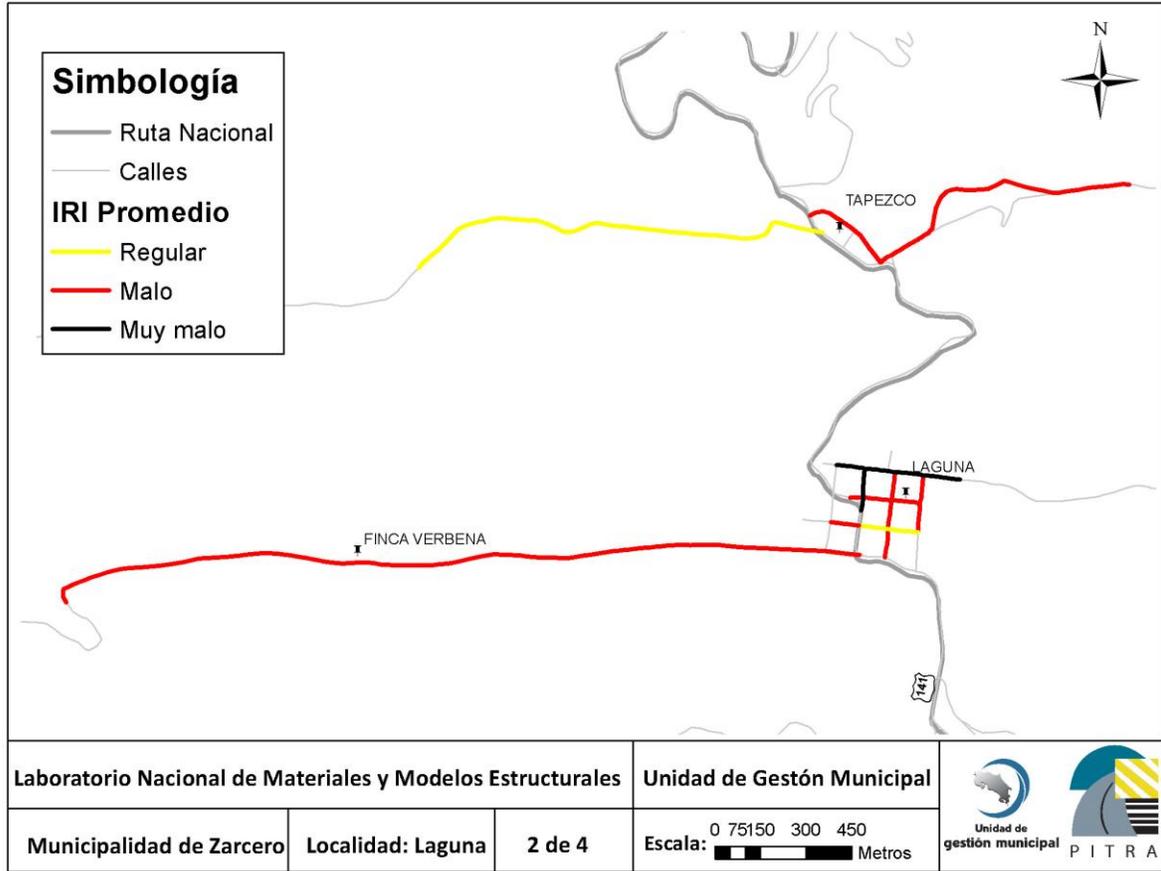


Figura 16. IRI promedio para las vías analizadas en Tapezco, Finca Verbena y Laguna.
Fuente: LanammeUCR, 2013.

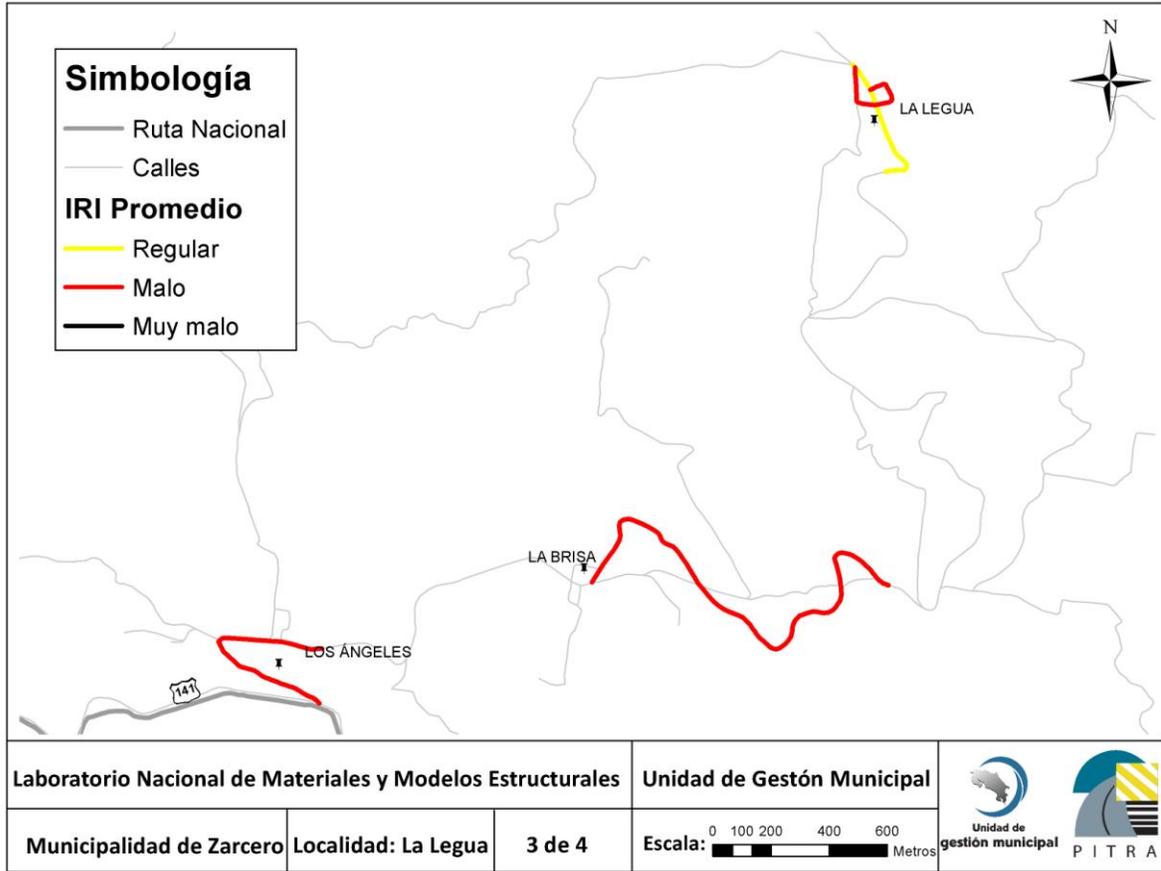


Figura 17. IRI promedio para las vías analizadas en Los Ángeles, La Brisa y La Legua.
Fuente: LanammeUCR, 2013.

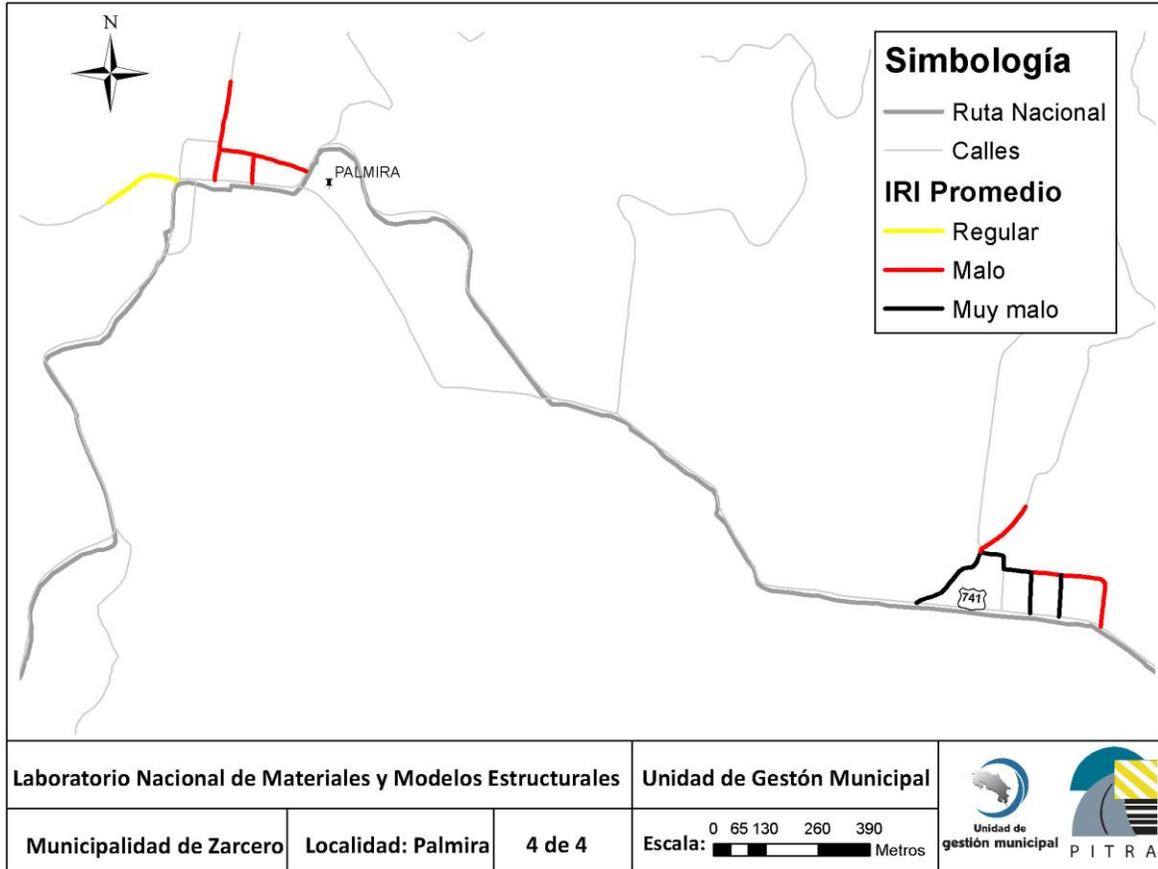


Figura 18. IRI promedio para las vías analizadas en Pueblo Nuevo y Palmira
Fuente: LanammeUCR, 2013.

La distribución de la cantidad de tramos homogéneos y de los metros lineales asociados a cada categoría de $IRI_{promedio}$ se muestra en las siguientes figuras. De los cuales se destaca que el 56% (ver Figura 20) de los tramos evaluados en Zarcero 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, también 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 21% (4 km) (ver Figura 19) 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, sin embargo 2,2 km se de longitud evaluada posee irregularidades severas (IRI superior a 10 m/km) que brindan un nivel de servicio muy bajo producto de un deterioro severo en la estructura y que contribuye acelerando aun más el deterioro del pavimento.

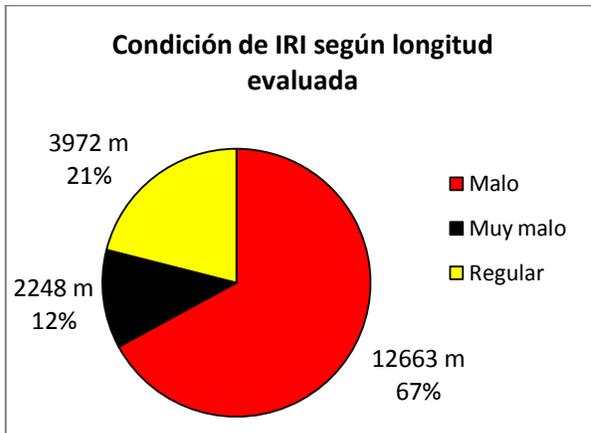


Figura 19. Porcentaje de metros lineales, clasificados según el IRI promedio.

Fuente: LanammeUCR, 2013.

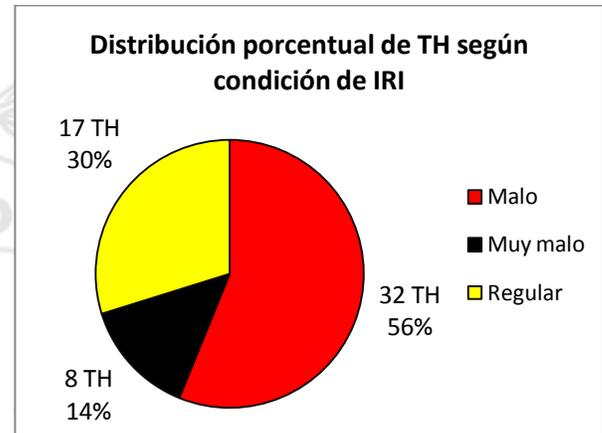


Figura 20. Porcentaje de tramos homogéneos, clasificados según el IRI promedio.

Fuente: LanammeUCR, 2013.

3.3 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” o categoría 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, dado que una ruta de alto tránsito requiere una mayor capacidad (menor deflexión) para soportar las cargas que una ruta de bajo tránsito, en las siguientes tablas se muestran las matrices utilizadas.

Tabla 3. Notas de calidad para un tránsito inferior a los 5000 vehículos diarios para una estructura con base granular.

IRI m/km	Deflexión 10 ⁻² 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 4. Notas de calidad para un tránsito inferior a los 5000 vehículos diarios para una estructura con base estabilizada.

IRI m/km	Deflexión 10 ⁻² mm			
	<36,4	36,4-39,7	39,7-53,3	>53,3
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.

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, tanto a nivel funcional como estructural, 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 3 y 4 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.



3.3.1 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 importante. 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 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 que presenten una buena condición funcional en el momento de su evaluación, normalmente se debe a sobrecapa 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.

3.3.2 *Notas de calidad red vial analizada*

Las notas de calidad se asignaron según el procedimiento descrito en la sección 3.3, 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 cuadro 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 5. Nota de calidad asignada a cada tramo analizado en la localidad de Zarcero.

ID	Longitud	Deflectometría promedio (mm x 10 ⁻²)	IRI Promedio (m/km)	Nota de Calidad
1	334 m	206,9	8,5	R-3
2	1071 m	144,1	8,1	R-3
3	483 m	158,1	8,2	R-3
4	186 m	176,5	8,6	R-3
5	382 m	160,8	8,6	R-3
6	101 m	86,2	6,3	R-2
7	115 m	95,6	5,3	Q8
8	392 m	152,2	11,5	NP
9	96 m	126,4	6,9	R-3
10	214 m	198,5	7,2	R-3
11	128 m	212,3	5,9	R-2
12	375 m	195,7	11,3	NP
13	354 m	190,1	12,2	NP
14	150 m	134,1	7,8	R-3
15	429 m	135,2	9,4	R-3
16	102 m	164,9	5,2	R-2
17	183 m	187,2	6	R-2
18	97 m	188,1	6	R-2
19	217 m	92,5	6,7	Q9
20	362 m	181,4	7,9	R-3
21	202 m	254,9	6,4	R-3
22	97 m	80,7	5,8	Q5
23	520 m	131,9	4,9	R-2
24	331 m	163,5	5,6	R-2
25	283 m	131,8	9	R-3
26	187 m	240,2	9,1	R-3
27	410 m	225,4	12,5	NP
28	195 m	176,7	5,3	R-2
29	369 m	203,2	7,2	R-3
30	402 m	129,9	7,9	R-3

Tabla 5 (cont.). Nota de calidad asignada a cada tramo analizado en la localidad de Zarcero.

ID	Longitud	Deflectometría promedio (mm x 10 ⁻²)	IRI Promedio (m/km)	Nota de Calidad
31	914 m	186,9	8,7	R-3
32	1005 m	158,3	7,5	R-3
33	230 m	254,4	6,6	R-3
34	137 m	173,9	17,4	NP
35	92 m	190,7	6,9	R-3
36	223 m	306,3	8	R-3
37	247 m	234,9	6,9	R-3
38	70 m	308,6	7,6	R-3
39	195 m	147,5	5,8	R-2
40	247 m	150,3	7,7	R-3
41	1011 m	190,3	8,6	R-3
42	256 m	139,9	6,1	R-2
43	209 m	202,9	5,6	R-2
44	304 m	162,6	5,7	R-2
45	256 m	261,5	4,6	R-2
46	401 m	145,6	5,1	R-2
47	425 m	219,8	6,7	R-3
48	357 m	174,4	7,6	R-3
49	1045 m	186,0	9	R-3
50	481 m	241,0	5,5	R-2
51	358 m	298,5	6,9	R-3
52	297 m	269,9	8	R-3
53	374 m	191,7	11,2	NP
55	163 m	271,4	8,7	R-3
56	612 m	124,5	8,2	R-3
57	103 m	282,9	12,3	NP
58	103 m	337,9	10,3	NP

Fuente: LanammeUCR, 2013.

En las figuras 21, 22, 23 y 24 puede observarse cada tramo homogéneo clasificado según la metodología de notas de calidad.

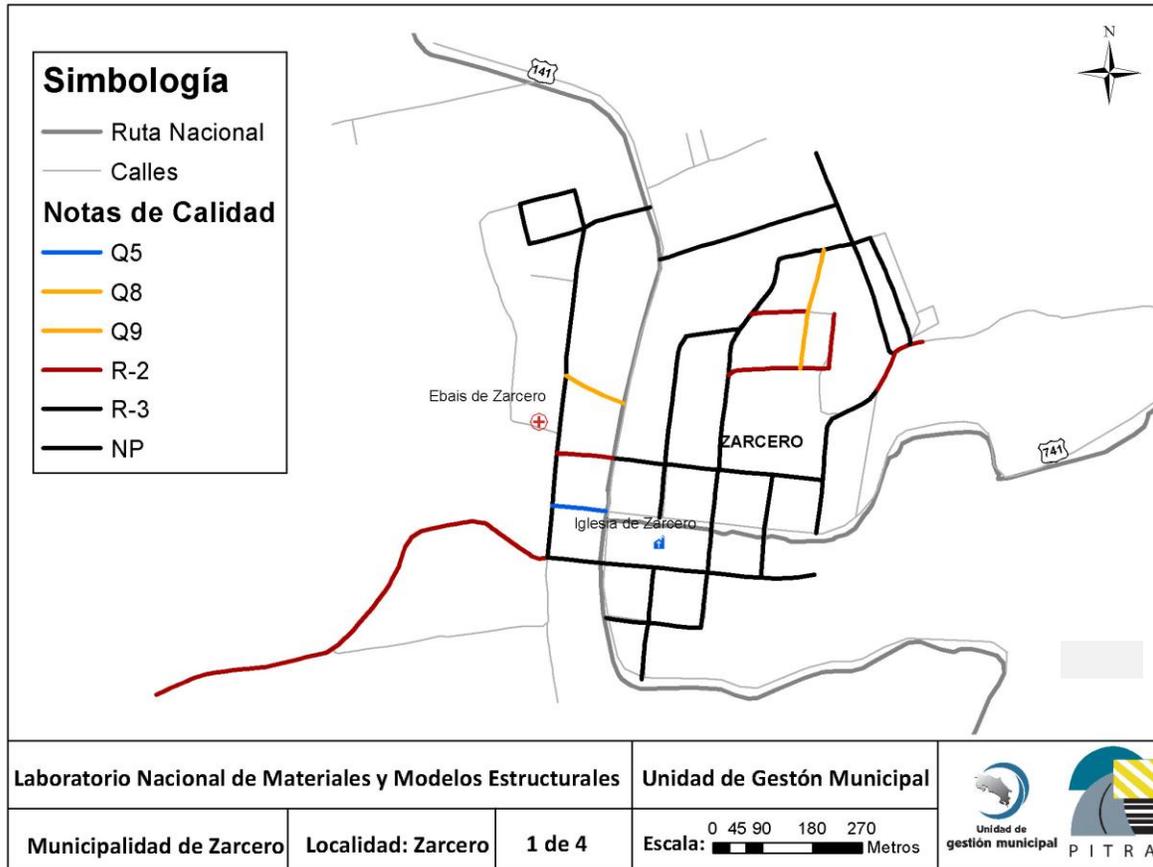


Figura 21. Notas de Calidad para los diferentes tramos homogéneos analizados en Zarcero.
Fuente: LanammeUCR, 2013.

Debido a las altas deflexiones y poca regularidad superficial las notas de calidad obtenidas son en su mayoría NP y R-3, y en una menor cantidad R-2 y Q9, también es importante mencionar que estas son las calificaciones más deficientes que se plantean en esta metodología de evaluación.

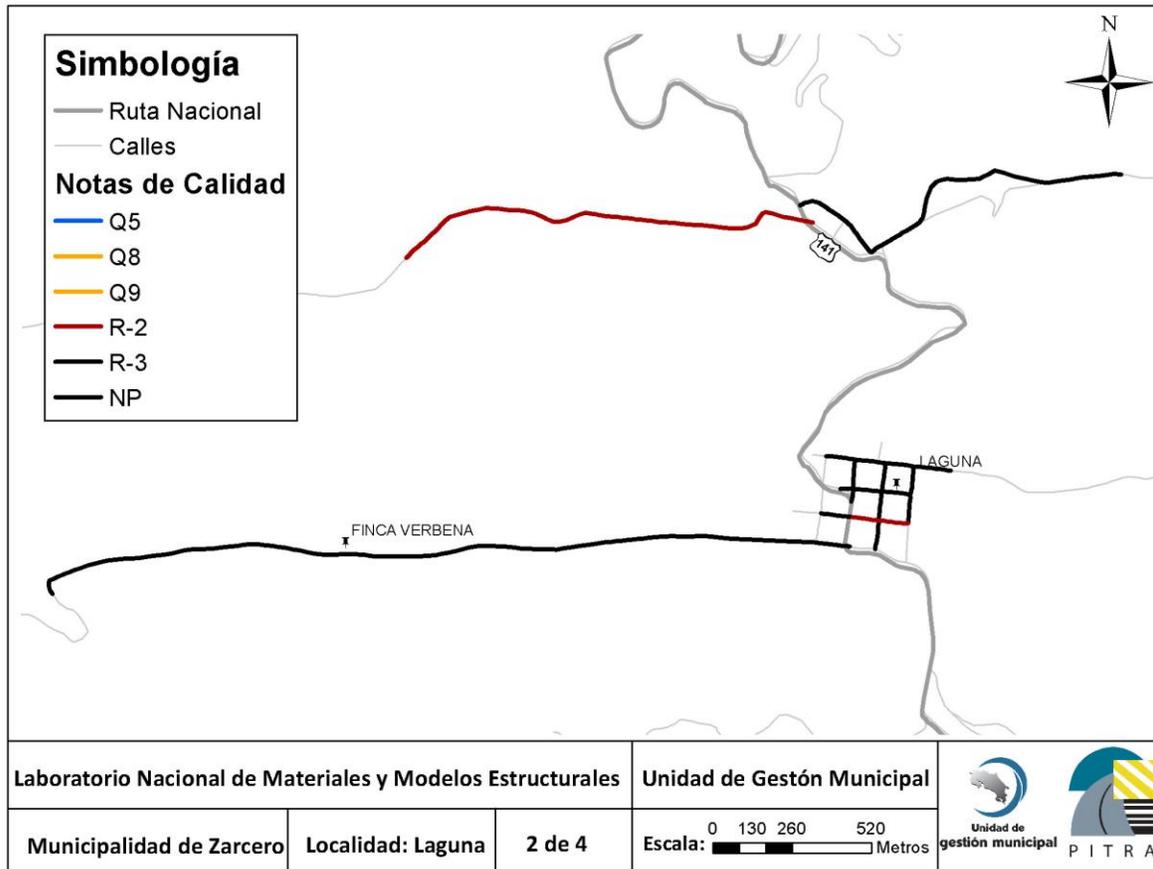


Figura 22. Notas de Calidad para los diferentes tramos homogéneos analizados en Tapezco, Finca Verbena y Laguna.
Fuente: LanammeUCR, 2013.

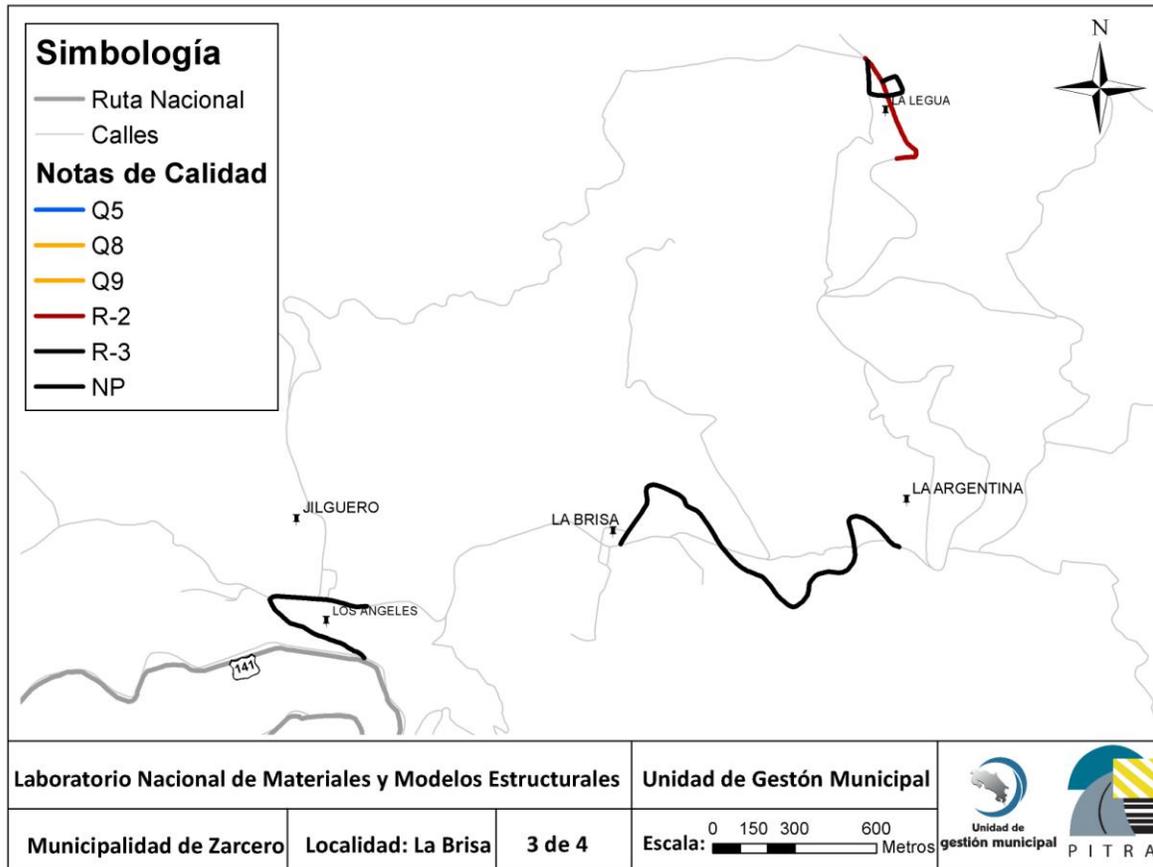


Figura 23. Notas de Calidad para los diferentes tramos homogéneos analizados en Los Ángeles, La Brisa y La Legua.
Fuente: LanammeUCR, 2013.

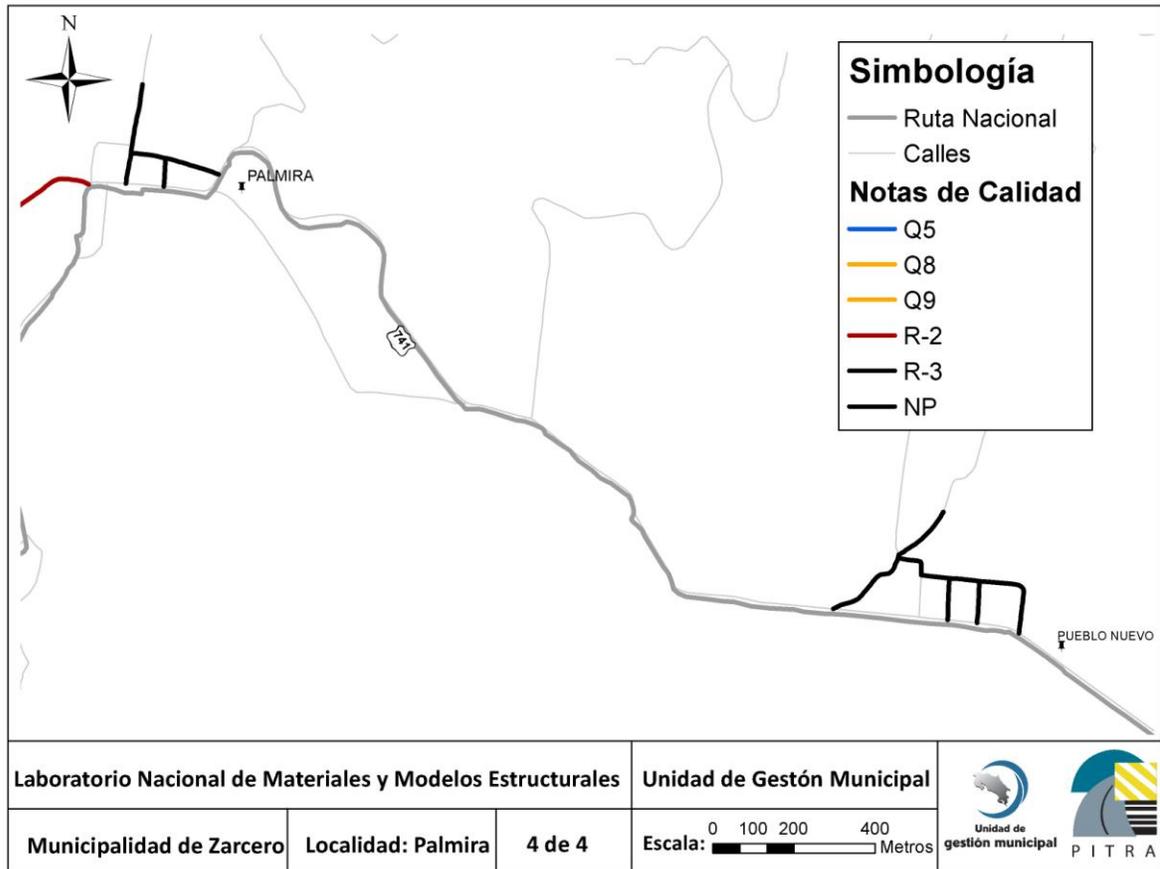


Figura 24. Notas de Calidad para los diferentes tramos homogéneos analizados en Pueblo Nuevo y Palmira.
Fuente: LanammeUCR, 2013.

En la Figura 25 puede observarse la distribución porcentual de las diferentes notas de calidad asignadas, según datos de FWD e IRI promedio, es importante destacar que la gran mayoría los tramos caracterizados corresponden a notas R2 y NP, (ver figuras 25), estas categorías corresponde a pavimentos con altísimo nivel de deterioro y no se consideran aceptables para una carretera pavimentada, un 20% de la longitud evaluada se encuentra en la categoría R2, que corresponde a pavimentos con una capacidad estructural deficiente y si

se presenta una buena superficie de ruede es debido a sobrecapas o tratamientos recientes pero que se espera sean de poca duración debido al deterioro de las capas inferiores.

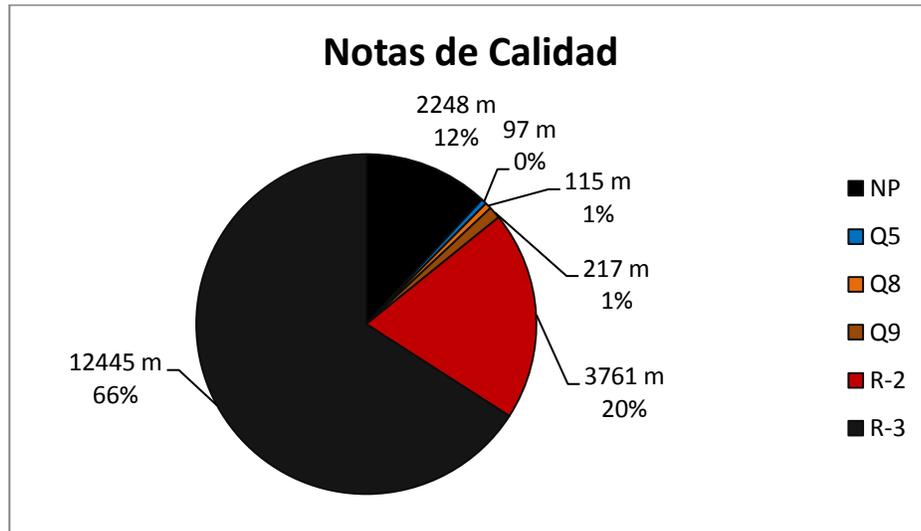


Figura 25. Distribución de las diferentes notas de calidad asignadas.

Fuente: LanammeUCR, 2013.

3.4 Tipos de intervención

Las notas de calidad asignadas a cada tramo son 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.

Se requiere 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.

- **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 (tratamientos superficiales)*, sellados de grietas y microcarpetas entre otros. El objetivo fundamental de este tipo de intervenciones es prolongar 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.

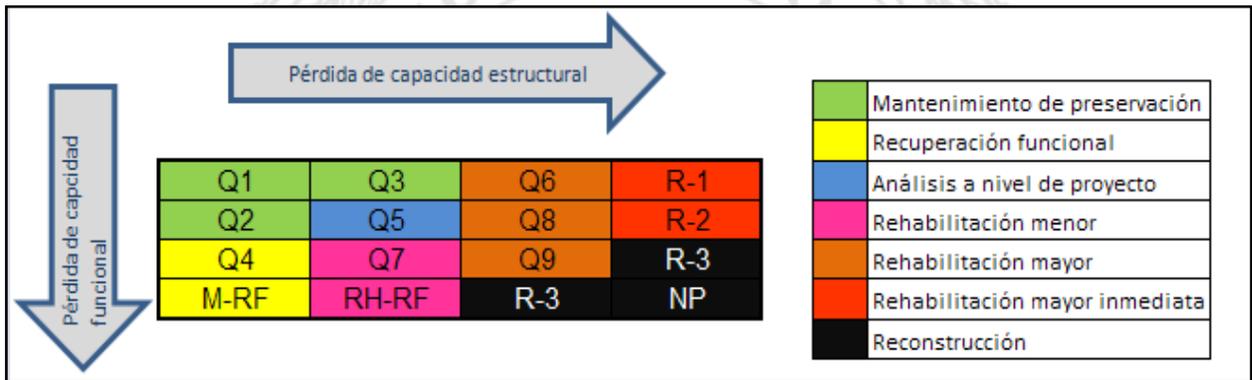


Figura 26. Tipo de intervención recomendada para cada nota de calidad.

Fuente: LanammeUCR, 2013.

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 2011 y 2012.

Tabla 6. Tipo de intervención requerida para cada tramo evaluado en Zarcero.

ID	Longitud	Nota de Calidad	Tipo de Intervención
1	334 m	R-3	Reconstrucción
2	1071 m	R-3	Reconstrucción
3	483 m	R-3	Reconstrucción
4	186 m	R-3	Reconstrucción
5	382 m	R-3	Reconstrucción
6	101 m	R-2	Rehabilitación mayor
7	115 m	Q8	Rehabilitación mayor
8	392 m	NP	Reconstrucción
9	96 m	R-3	Reconstrucción
10	214 m	R-3	Reconstrucción
11	128 m	R-2	Rehabilitación mayor
12	375 m	NP	Reconstrucción
13	354 m	NP	Reconstrucción
14	150 m	R-3	Reconstrucción
15	429 m	R-3	Reconstrucción
16	102 m	R-2	Rehabilitación mayor
17	183 m	R-2	Rehabilitación mayor
18	97 m	R-2	Rehabilitación mayor
19	217 m	Q9	Rehabilitación mayor
20	362 m	R-3	Reconstrucción
21	202 m	R-3	Reconstrucción
22	97 m	Q5	Indeterminado
23	520 m	R-2	Rehabilitación mayor
24	331 m	R-2	Rehabilitación mayor
25	283 m	R-3	Reconstrucción
26	187 m	R-3	Reconstrucción
27	410 m	NP	Reconstrucción
28	195 m	R-2	Rehabilitación mayor
29	369 m	R-3	Reconstrucción
30	402 m	R-3	Reconstrucción
31	914 m	R-3	Reconstrucción
32	1005 m	R-3	Reconstrucción

Tabla 6 (cont.). Tipo de intervención requerida para cada tramo evaluado en Zarcero.

ID	Longitud	Nota de Calidad	Tipo de Intervención
33	230 m	R-3	Reconstrucción
34	137 m	NP	Reconstrucción
35	92 m	R-3	Reconstrucción
36	223 m	R-3	Reconstrucción
37	247 m	R-3	Reconstrucción
38	70 m	R-3	Reconstrucción
39	195 m	R-2	Rehabilitación mayor
40	247 m	R-3	Reconstrucción
41	1011 m	R-3	Reconstrucción
42	256 m	R-2	Rehabilitación mayor
43	209 m	R-2	Rehabilitación mayor
44	304 m	R-2	Rehabilitación mayor
45	256 m	R-2	Rehabilitación mayor
46	401 m	R-2	Rehabilitación mayor
47	425 m	R-3	Reconstrucción
48	357 m	R-3	Reconstrucción
49	1045 m	R-3	Reconstrucción
50	481 m	R-2	Rehabilitación mayor
51	358 m	R-3	Reconstrucción
52	297 m	R-3	Reconstrucción
53	374 m	NP	Reconstrucción
55	163 m	R-3	Reconstrucción
56	612 m	R-3	Reconstrucción
57	103 m	NP	Reconstrucción
58	103 m	NP	Reconstrucción

Fuente: LanammeUCR, 2013.

En las figuras 27, 28 y 29 se puede observar los diferentes tramos homogéneos clasificados según el tipo de intervención al momento de la evaluación, es importante destacar que los cuadrantes centrales de Zarcero poseen condiciones deficientes de capacidad estructural y funcional.

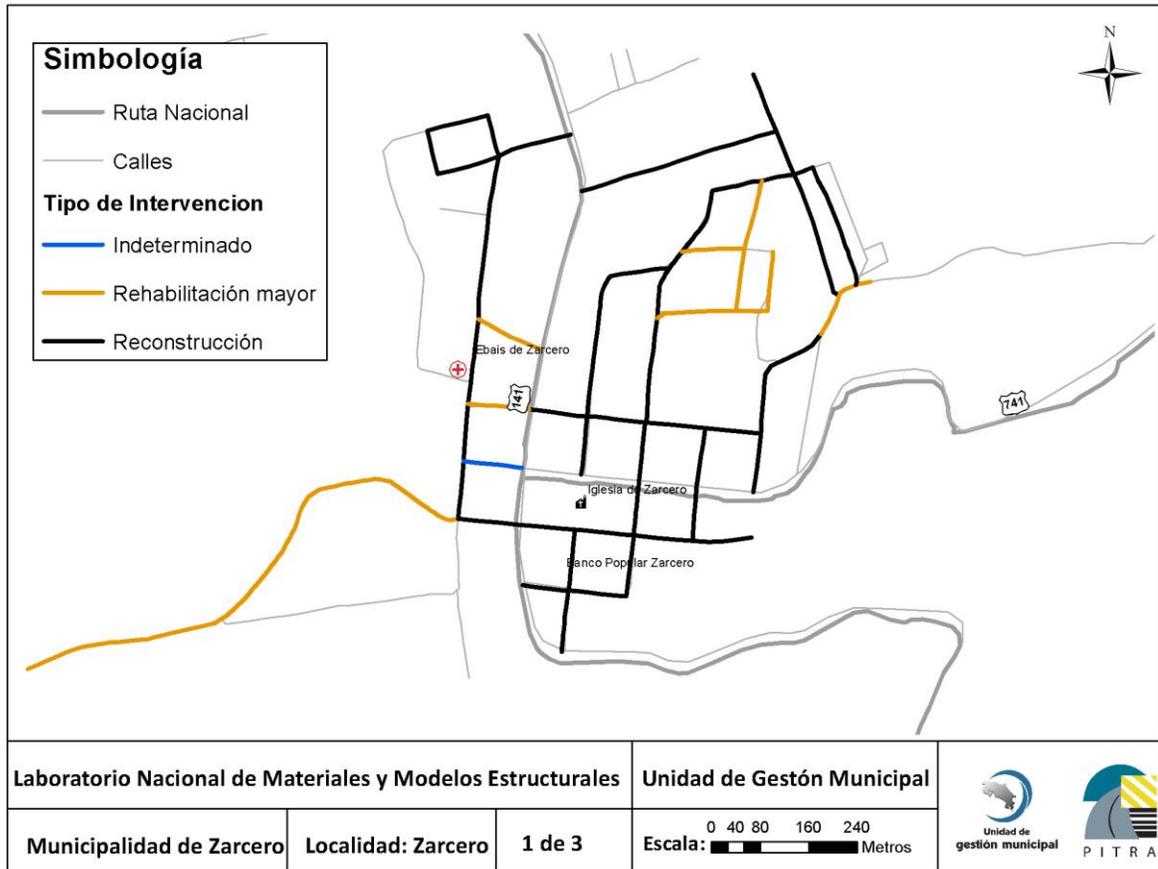


Figura 27. Tipo de intervención requerida para cada tramo evaluado en Zarceró.

Fuente: LanammeUCR, 2013.

Las condiciones observadas en los cuadrantes centrales de Zarceró y zonas aledañas son similares, con resultados preocupantes a nivel de red, ya que la mayor parte de la longitud analizada presenta una condición de deterioro muy alta, las altas deflexiones determinadas con el deflectómetro de impacto son la principal razón de los resultados obtenidos, sumado a la deficiente regularidad superficial provoca que la mayoría de tramos homogéneos se encuentren en la condición de reconstrucción parcial o total.

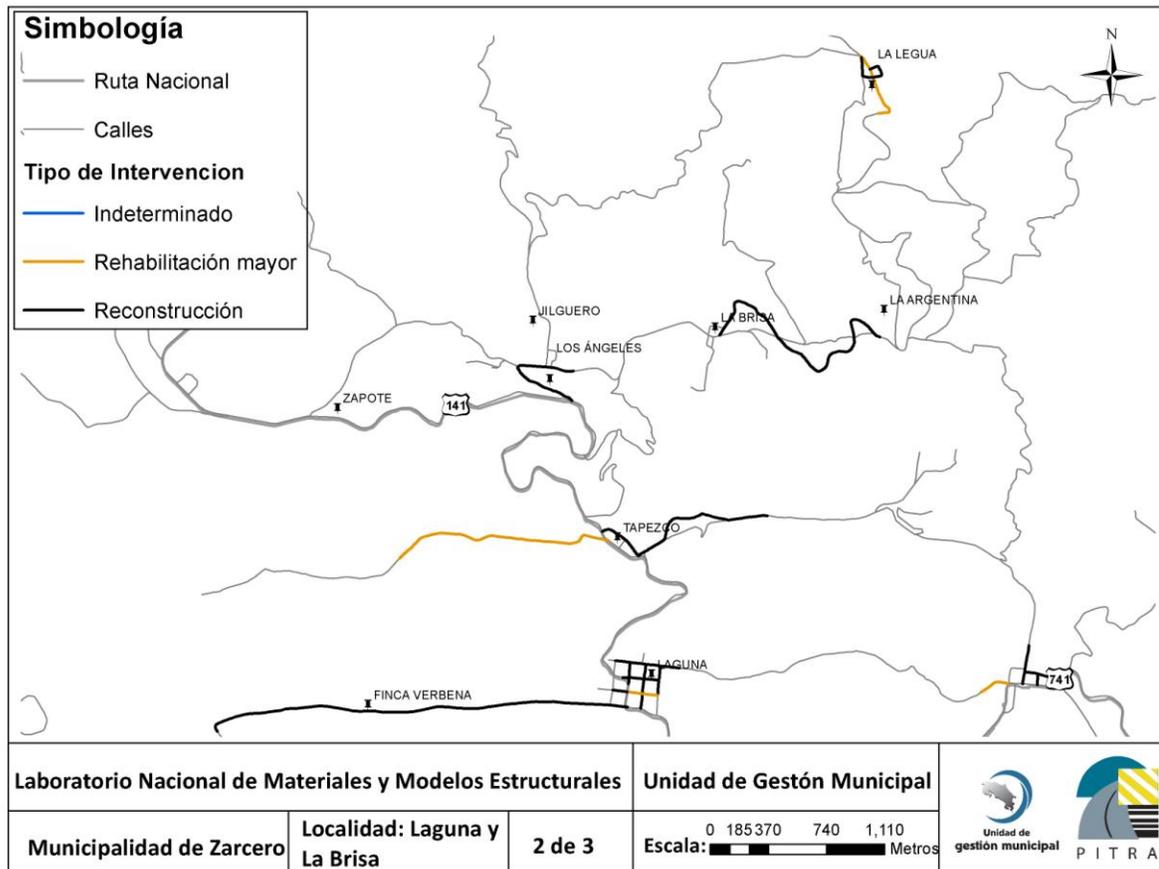


Figura 28. Tipo de intervención requerida para cada tramo evaluado en Finca Verbena, Tapezco, Laguna, Los Ángeles, La Brisa y La Legua.

Fuente: LanammeUCR, 2013.

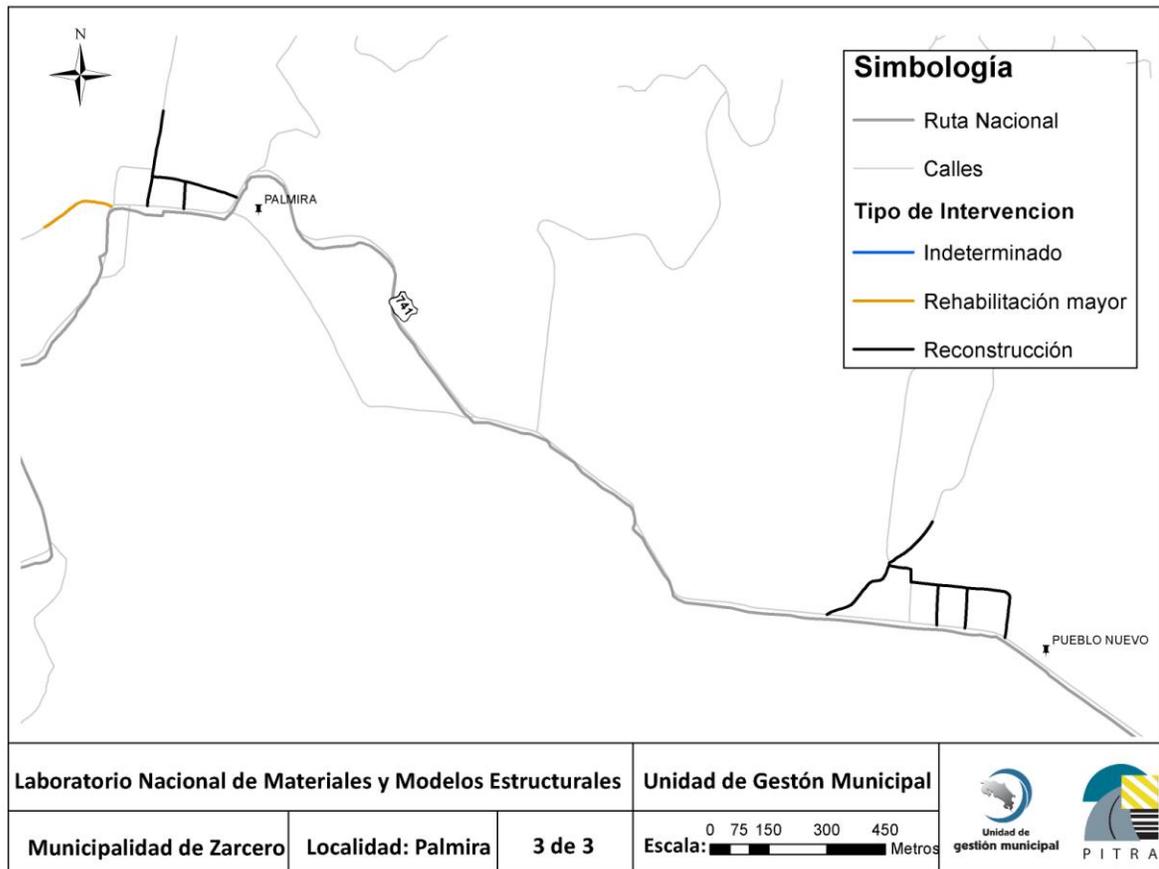


Figura 29. Tipo de intervención requerida para cada tramo evaluado en Pueblo Nuevo y Palmira.

Fuente: LanammeUCR, 2013.

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 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 19 km), se aprecia que un 78% de la longitud evaluada se encuentra en una condición de extremo deterioro, aproximadamente 15 km de los 19 km evaluados son candidatos a reconstrucción parcial o total de las capas del pavimento, las deflexiones presentes en la estructura actual son muy

altas, con valores extremos de hasta $337 \text{ mm} \times 10^{-2}$, lo cual dobla y excede el valor $115,7 \text{ mm} \times 10^{-2}$, siendo este último el valor sobre el cual se clasifica como “muy deficiente”, aparte de esto es importante destacar que más del 75% de los tramos exceden el valor de $147 \text{ mm} \times 10^{-2}$ y más del 50% exceden el valor de $186 \text{ mm} \times 10^{-2}$. Existe un 22% de los tramos homogéneos que califica para una “intervención mayor”, es importante mencionar que estos tramos deben valorarse con mucha más atención ya que por el avanzado estado de deterioro y el tiempo que ha pasado desde las mediciones, es probable que hayan pasado de categoría y aumente la cantidad de tramos por reconstruir.

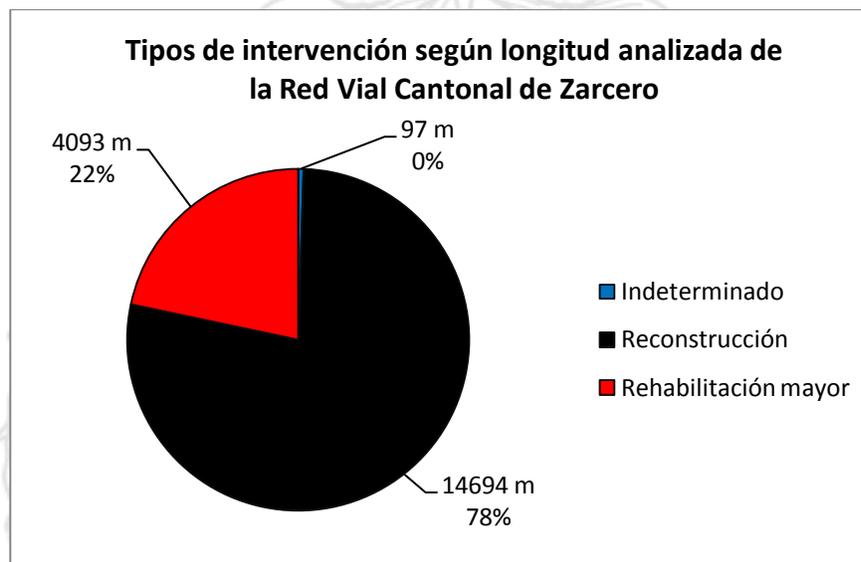


Figura 30. Distribución de los diferentes tipos de intervención según las notas de calidad asignadas.

Fuente: LanammeUCR, 2013.

3.5 Diseño y Costos de los Tratamientos

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

- Mantenimiento de preservación.
- Recuperación de IRI.
- Análisis a nivel de proyecto.
- Rehabilitación menor.



- Rehabilitación mayor.
- Reconstrucción.

Para diseñar las diferentes intervenciones es necesario realizar retro cálculo de los módulos resilientes de los materiales que conforman la estructura actual del pavimento. 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 a nivel de red, 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 Zarceros 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.

3.6 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 pueden 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 cambiar 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 institucionales que posee la Municipalidad.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Se generaron 57 tramos homogéneos (24 en los cuadrantes centrales y 33 en la periferia) a partir del análisis de 19 km de vías cantonales, estos tramos tienen como objetivo definir unidades discretas para facilitar la gestión municipal en cuanto al mantenimiento y mejoramiento de la red.

Se determinó que un 21% (3,9 km) de la longitud evaluada posee un IRI inferior a 6,4 m/km, que corresponde a una condición intermedia en cuanto a regularidad superficial, esto corresponde a 17 tramos homogéneos de los 57 generados. Mientras que el 79% restante (14,9 km) posee una condición superficial deficiente o muy deficiente.

Un 98% de los 19 km evaluados posee una baja capacidad estructural y no cuenta con las características necesarias para soportar las cargas de tránsito actuales, esto corresponde a 54 tramos homogéneos mientras que sólo un tramo se encuentra en una condición regular esto indica que los pavimentos actuales se encuentran en un avanzado nivel de deterioro y se necesitan trabajos importantes de refuerzo o reconstrucción en gran parte de la red vial cantonal.

A partir de las notas de calidad obtenidas se determinó que un 78% (14,7 km) de la red evaluada se encuentra muy deteriorada, con notas R-3 y NP, en estos tramos es necesario

Informe LM-PI-GM-04-12	Fecha de emisión: Setiembre de 2012	Página 51 de 55
------------------------	-------------------------------------	-----------------



realizar labores de reconstrucción para devolver al pavimento la capacidad estructural perdida, un 22% (4 km) presenta condiciones para realizar un refuerzo estructural que permita detener el deterioro y recuperar la capacidad estructural y funcional, mientras que únicamente un tramo de los estudiados necesita ser evaluado a nivel de proyecto para identificar las condiciones específicas en las que se encuentra estructuralmente.

Es importante recalcar que los diferentes tipos de intervenciones sugeridas en este informe son generales y se enfocan en un nivel de análisis estratégico (nivel de red), 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 cada obra específica.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda al municipio generar un plan de inversiones a mediano plazo, plan quinquenal, en donde se definan los tramos homogéneos que se intervendrán cada año, el cual se base en el presupuesto disponible, los tipos de intervención sugeridos y los costos de ejecución del municipio.

Los tramos que se encuentren dentro de la categoría de refuerzo estructural es recomendable intervenirlos en un tiempo oportuno, 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 R-3 o NP, donde lo que se requeriría es una reconstrucción y por lo tanto inversiones mayores, en este caso se determinó que cerca del 22% de la red evaluada califica dentro de esta categoría.

La opción de intervención determinada a partir del análisis es la necesaria para cada tramo, otro tipo de trabajo de menor costo a la requerida puede resultar una solución poco duradera y una inversión poco eficaz, por este motivo no es recomendable recarpetear las vías donde la solución recomendada es reconstrucción, ya que son trabajos de muy poca duración, en este caso una opción es esperar a que la sobre carpeta cumpla con su vida útil y después intervenir de la forma adecuada para solucionar el problema real.

Informe LM-PI-GM-04-12	Fecha de emisión: Setiembre de 2012	Página 52 de 55
------------------------	-------------------------------------	-----------------



Es importante mencionar que estas recomendaciones contenidas en este informe son aplicables para realizar una gestión a nivel de red y no aplican dentro de un análisis a nivel de proyecto, por lo tanto se recomienda analizar cada tramo por separado al momento de diseñar cada intervención, que permita verificar la condición actual del tramo y singularidades propias de cada tramo.

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 Vial 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

- 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.

