



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Proyecto: LM-PI-GM-10-14

EVALUACIÓN DE LA RED VIAL CANTONAL: ANÁLISIS DE TRAMOS HOMOGÉNEOS RED VIAL CANTONAL DE BUENOS AIRES

Preparado por:

Unidad de Gestión Municipal

San José, Costa Rica
Abril, 2014



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

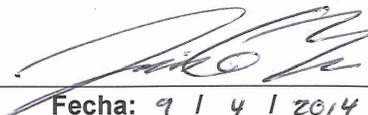
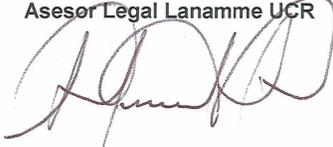
1. Informe LM-PI-GM-10 14		2. Copia No. 4
3. Título y subtítulo: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL CANTONAL: ANÁLISIS DE TRAMOS HOMÓGENEOS RED VIAL CANTONAL DE BUENOS AIRES.		4. Fecha del Informe: Abril, 2014
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de 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		
7. Resumen <i>De acuerdo con las distintas pruebas realizadas al pavimento y conteos vehiculares efectuados durante el año 2012 en el cantón de Buenos Aires, se estudió la red vial de la zona, con el principal objetivo de determinar tramos homogéneos que permitan proponer soluciones a secciones de carretera que presenten condiciones estructurales similares.</i> <i>El análisis se realizó para un total de 10,6 km, en los cuales se realizaron pruebas de deflectometría, Índice de Regularidad Internacional (IRI), conteos vehiculares y sondeos a cielo abierto.</i> <i>Para el desarrollo de este informe, y con el fin de identificar fracciones de carretera que posean características estructurales similares se consideró pertinente seccionar la red vial cantonal en un total de 18 tramos homogéneos, de los cuales, según los ensayos de deflectometría, se obtuvo que todos presentan una "buena" condición estructural.</i> <i>Con respecto a la condición funcional de la red, se determinó que únicamente 1,9 km presentan un IRI menor de 3,6 m/km, un 39% de la longitud evaluada presenta una condición "regular", y una longitud similar equivalente a 7 tramos homogéneos es considerada en la categoría "mala". Sin embargo, se debe reconocer que ninguno de los tramos presenta una condición crítica o muy mala de IRI.</i> <i>Uno de los productos más importantes que se incluye en el análisis es la propuesta del tipo de intervención general (mantenimiento, refuerzo estructural o reconstrucción) basada en el estado actual de cada uno de los tramos homogéneos. La información contenida en este informe es una herramienta útil para una eficiente y eficaz gestión de los recursos que dispone el municipio para el mantenimiento y la mejora de la red vial que administra.</i>		
8. Palabras clave Evaluación de carreteras, Gestión, Red vial cantonal, Buenos Aires, Tramos homogéneos	9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Núm. de páginas 37
11. Preparado por: Ing. Ana Catalina Vargas Sobrado Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 09 / 04 / 2014	Ing. Eliécer Arias Barrantes Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 9 / 4 / 2014	12. Revisado por: Ing. Sharline López Ramírez Unidad de Gestión Municipal
13. Revisado por: Ing. Jaime Allen Monge, MSc Coordinador Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 9 / 4 / 2014	14. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Lanamme UCR  Fecha: / /	15. Aprobado por: Ing. Guillermo Loría Salazar, PhD Coordinador General PITRA  Fecha: / /

TABLA DE CONTENIDO

1	ANTECEDENTES	5
1.1	ASESORÍA TÉCNICA.....	5
1.2	CAPACITACIÓN	6
1.3	MUESTREOS, ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO	6
1.4	RECURSOS FINANCIEROS	6
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.....	6
2	PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL	7
2.1	IMPORTANCIA	7
2.2	SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS (SAP).....	8
2.3	PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL MUNICIPAL	11
2.4	ESQUEMA METODOLÓGICO	12
3	DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL DE BUENOS AIRES	13
3.1	OBJETIVO	13
3.2	ACTIVIDADES	13
3.2.1	<i>DEFINIR TRAMOS HOMOGÉNEOS</i>	13
3.3	NOTAS CALIDAD	20
3.3.1	<i>DEFINICIÓN DE LAS NOTAS DE CALIDAD</i>	22
3.3.2	<i>NOTAS DE CALIDAD DE LA RED VIAL ANALIZADA</i>	25
3.4	TIPOS DE INTERVENCIÓN.....	27
3.5	DISEÑO Y COSTOS DE LOS TRATAMIENTOS.....	33
3.6	ESCENARIOS DE INVERSIÓN	34
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
4.1	CONCLUSIONES.....	34
4.2	RECOMENDACIONES	36
5	REFERENCIAS	37

ÍNDICE DE CUADROS

TABLA 1. LONGITUD DE LOS DIFERENTES TRAMOS HOMOGÉNEOS UBICADOS EN BUENOS AIRES.....	14
TABLA 2. NOTAS DE CALIDAD PARA UN TRÁNSITO INFERIOR A LOS 5000 VEHÍCULOS DIARIOS PARA UNA ESTRUCTURA CON BASE GRANULAR.	21
TABLA 3. NOTAS DE CALIDAD PARA UN TRÁNSITO SUPERIOR A LOS 5000 VEHÍCULOS DIARIOS E INFERIOR A 15000 VEHÍCULOS DIARIOS PARA UNA ESTRUCTURA CON BASE GRANULAR.....	21
TABLA 4. NOTA DE CALIDAD ASIGNADA A CADA TRAMO ANALIZADO EN LA LOCALIDAD DE BUENOS AIRES.	25
TABLA 5. TIPO DE INTERVENCIÓN REQUERIDA A NIVEL DE RED PARA CADA TRAMO EVALUADO DE LA RED VIAL CANTONAL DE BUENOS AIRES.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTRUCTURA GENERAL DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS.....	9
FIGURA 2. ESQUEMA DE PROCESO DE GESTIÓN VIAL.	11
FIGURA 3. ESQUEMA METODOLÓGICO.	12
FIGURA 4. UBICACIÓN DE DIFERENTES TRAMOS HOMOGÉNEOS EN EL CANTÓN DE BUENOS AIRES.....	15
FIGURA 5. CONDICIÓN DEL PAVIMENTO A PARTIR DE DEFLECTOMETRÍA Y TPD INFERIOR A 5000 PARA BASES GRANULARES (IZQUIERDA) Y ESTABILIZADAS (DERECHA).	16
FIGURA 6. DEFLECTOMETRÍA PROMEDIO DE LAS VÍAS ANALIZADAS EN EL CANTÓN DE BUENOS AIRES.	17
FIGURA 7. IRI PROMEDIO PARA LAS VÍAS ANALIZADAS EN EL CANTÓN DE BUENOS AIRES.	19
FIGURA 8. PORCENTAJE DE METROS LINEALES CLASIFICADOS SEGÚN EL IRI PROMEDIO.....	20
FIGURA 9. PORCENTAJE DE TRAMOS CLASIFICADOS SEGÚN EL IRI PROMEDIO.	20
FIGURA 10. NOTAS DE CALIDAD PARA LOS TRAMOS HOMOGÉNEOS ANALIZADOS EN BUENOS AIRES.....	26
FIGURA 11. PORCENTAJE DE METROS LINEALES CLASIFICADOS SEGÚN LA NOTA Q.....	27
FIGURA 12. PORCENTAJE DE TRAMOS HOMOGÉNEOS CLASIFICADOS SEGÚN LA NOTA Q.....	27
FIGURA 13. TIPO DE INTERVENCIÓN RECOMENDADA PARA CADA NOTA DE CALIDAD.	29
FIGURA 14. PORCENTAJE DE METROS LINEALES CLASIFICADOS SEGÚN TIPO DE INTERVENCIÓN.	31
FIGURA 15. PORCENTAJE DE DE TRAMOS HOMOGÉNEOS CLASIFICADOS SEGÚN TIPO DE INTERVENCIÓN.....	31
FIGURA 16. TIPO DE INTERVENCIÓN RECOMENDADA PARA CADA TRAMO HOMOGÉNEO.	32



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 adicionando el inciso j) que dispone: “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 Buenos Aires 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 Buenos Aires y la Universidad de Costa Rica convienen en suscribir un Convenio Marco, que presenta las siguientes actividades principales.

1.1 Asesoría técnica

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

1. Evaluar la operación y uso de la red vial cantonal del casco central del cantón de Buenos Aires.
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

Se realizarán 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 Buenos Aires.

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 Muestreo y ensayos de laboratorio y campo, 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 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.

2 PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL

2.1 Importancia

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

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

La conservación de las vías se enfoca en dos objetivos fundamentales. El primero de ellos se relaciona con el servicio que se le brinda a los usuarios de la red, brindando una circulación confortable, segura y fluida, disminuyendo con esto los costos de transporte, así como los tiempos de viaje. El segundo objetivo es conservar y mejorar la calidad 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 vial cantonal de la Municipalidad de Buenos Aires, proporcionando políticas de inversión para la rehabilitación y el mantenimiento de sus rutas, basándose en fundamentos técnicos, de manera que se dé una recuperación sostenible a mediano plazo.

2.2 Sistema de administración de pavimentos (SAP)

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

A través de la aplicación del SAP se disminuye la incertidumbre de la inversión, dado 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 a 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: Modificado de Haas, 1993.

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

Asimismo, 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 los vehículos que los transitan, solicitaciones 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, reconstrucción, ampliación de carreteras y nuevos proyectos carreteros.

El comienzo de una gestión integral de los elementos de la infraestructura vial puede iniciar con un elemento fundamental y de gran importancia, en este caso en particular: el pavimento, pero en forma progresiva debe aplicarse herramientas que permitan gestionar la conservación e incorporar los demás elementos (Ej. alcantarillado, puentes, señalización, etc.) que proveen al usuario de una operación segura y de bajo costo (De Solminihac, 1998).

2.3 Proceso de Gestión de Infraestructura Vial Municipal

Para establecer un sistema de gestión vial es necesario delimitar todas sus fases y destacar de manera adecuada los productos asociados a cada una de ellas, la figura 2 muestra el flujograma para el proceso de gestión vial en el ámbito municipal.

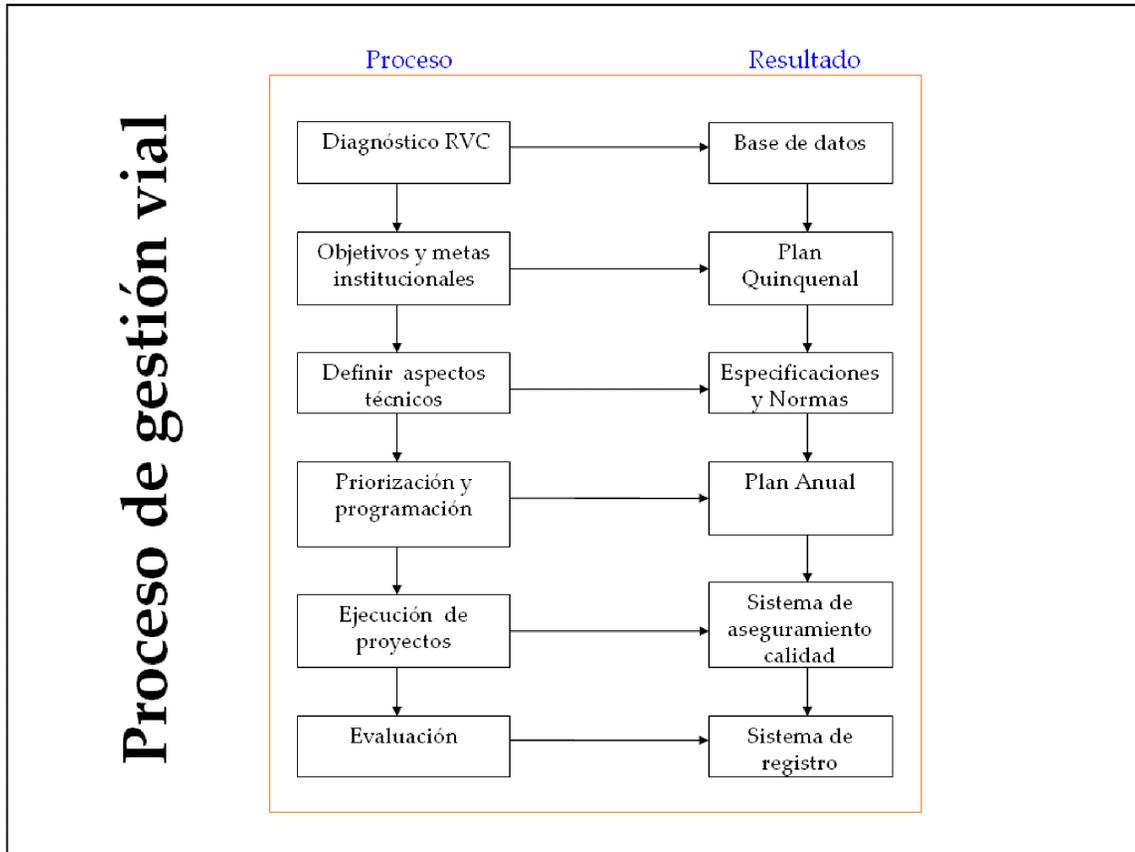


Figura 2. Esquema de proceso de gestión vial.

Fuente: LanammeUCR, 2008.

Cuando 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:

Informe LM-PI-GM-10-14	Fecha de emisión: Abril, 2014	Página 11 de 37
------------------------	-------------------------------	-----------------

- 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

En la figura 3, 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.

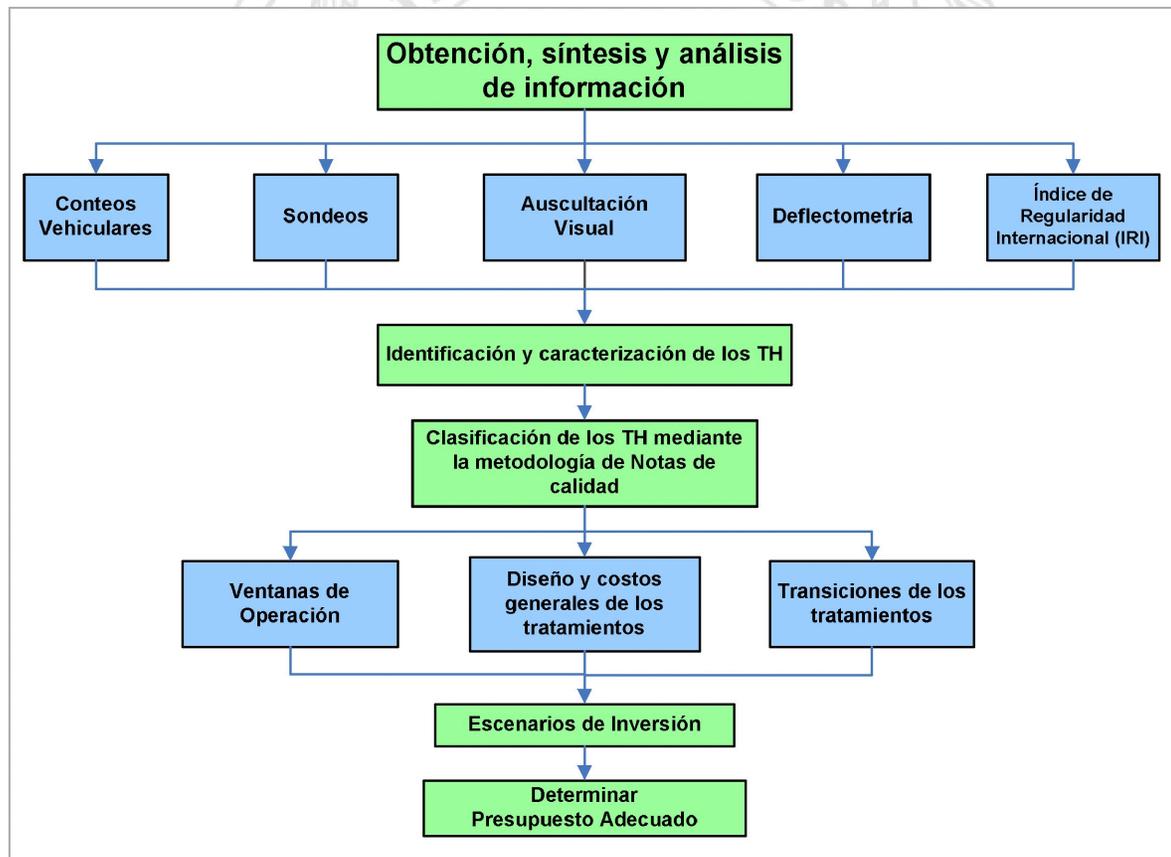


Figura 3. Esquema metodológico.



3 DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL DE BUENOS AIRES

3.1 Objetivo

Realizar una evaluación de la RVC de Buenos Aires, con el fin de obtener una base de datos con diferentes características técnicas de la infraestructura vial.

3.2 Actividades

La realización del diagnóstico de la RVC se compone de diferentes actividades con productos asociados, como:

1. Determinar tránsito promedio diario (TPD) y clasificación vehicular.
2. Identificar condición funcional.
3. Identificar condición estructural.
4. Caracterizar la estructura del pavimento.
5. Definir tramos homogéneos.

En las siguientes secciones se describe con detalle los resultados obtenidos al desarrollar el punto 5, dado que el detalle de los puntos 1 al 4 fue presentado en el informe LM-PI-GM-13-13, entregado el 13 de Febrero de 2014.

3.2.1 Definir tramos homogéneos

Los tramos homogéneos son tramos de la carretera que poseen características similares, y 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.

Los siguientes criterios se utilizaron para determinar los tramos homogéneos, y se basan en los valores de las deflexiones obtenidas en la evaluación de la red vial.

- La longitud mínima de cada tramo es de 300 m.
- Los tramos con una relación de la desviación estándar y la media (s/m) mayor que 0,45 se considerará como tramo no uniforme.

Los tramos homogéneos finales se obtuvieron por medio del método de diferencias acumuladas establecido por el AASHTO 93, a partir de la información de deflectometría. Sin embargo, existen tramos homogéneos con relaciones entre la desviación estándar y la media superiores a 0,45, 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 Buenos Aires se obtuvieron 18 tramos homogéneos a partir de 10,6 km evaluados, a continuación, en la Tabla 1 se presenta el número de tramo y la longitud aproximada en metros para los tramos ubicados en la zona, además, en la Figura 4 se muestra su ubicación geográfica en la red vial cantonal.

Es importante aclarar que los valores promedio asociados a cada tramo ofrecen una idea de la condición general del mismo, ya que a cada tramo se le asocia cierta dispersión producto de la variabilidad de la evaluación del IRI o la deflectometría.

Tabla 1. Longitud de los diferentes tramos homogéneos ubicados en Buenos Aires.

TH	Longitud (m)	TH	Longitud (m)
1	852	12	358
2	596	13	508
3	1053	14	935,6
4	601	15	651
5	919	16	276
6	626	17	925
7	130	18	306
8	391	19	507
9	303	20	615

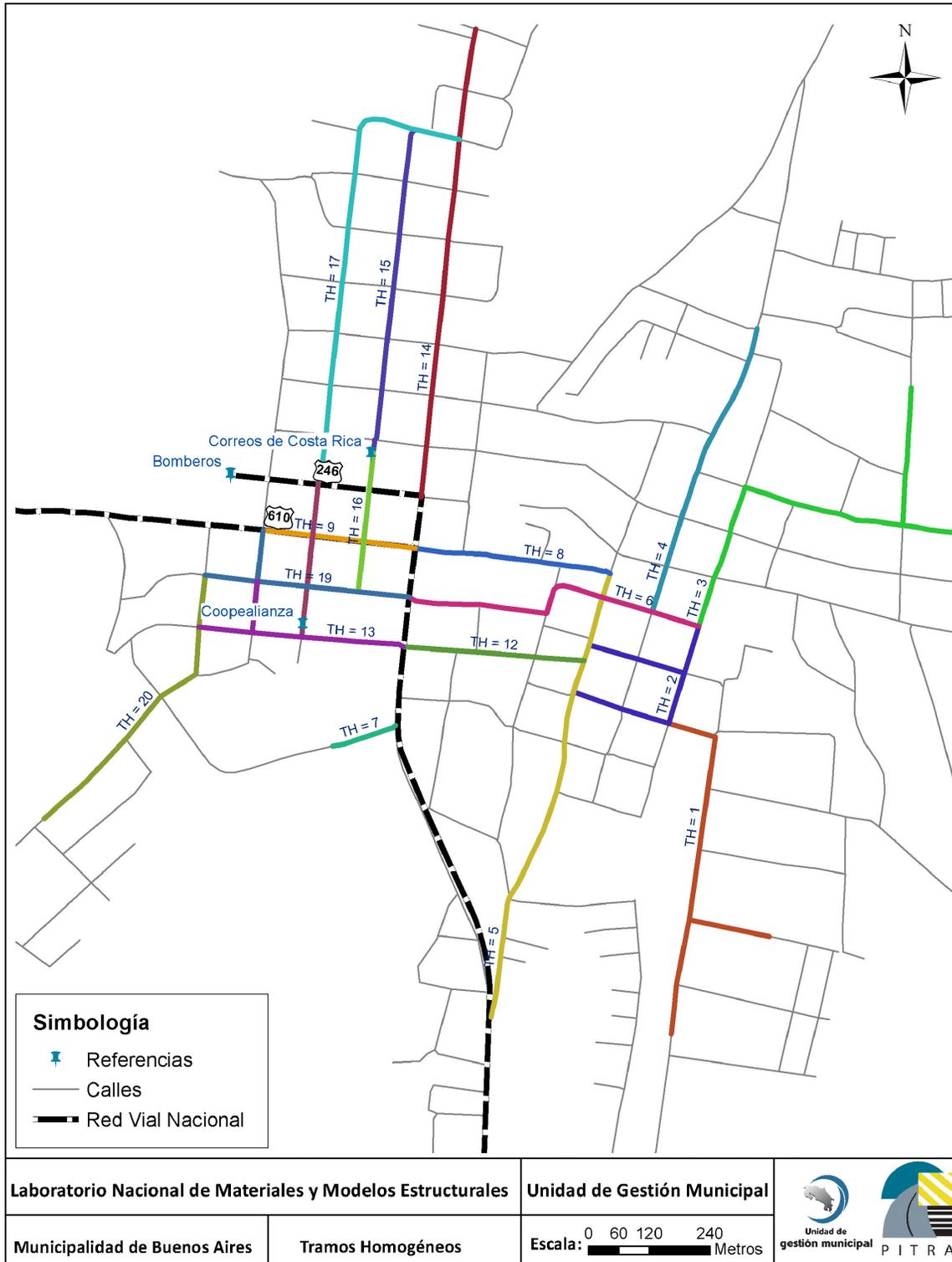


Figura 4. Ubicación de diferentes tramos homogéneos en el cantón de Buenos Aires.

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 5, donde se consideran diferentes intervalos de deflexiones según el TPDA de las vías y el tipo de estructura (pavimento con base granular o estabilizada).

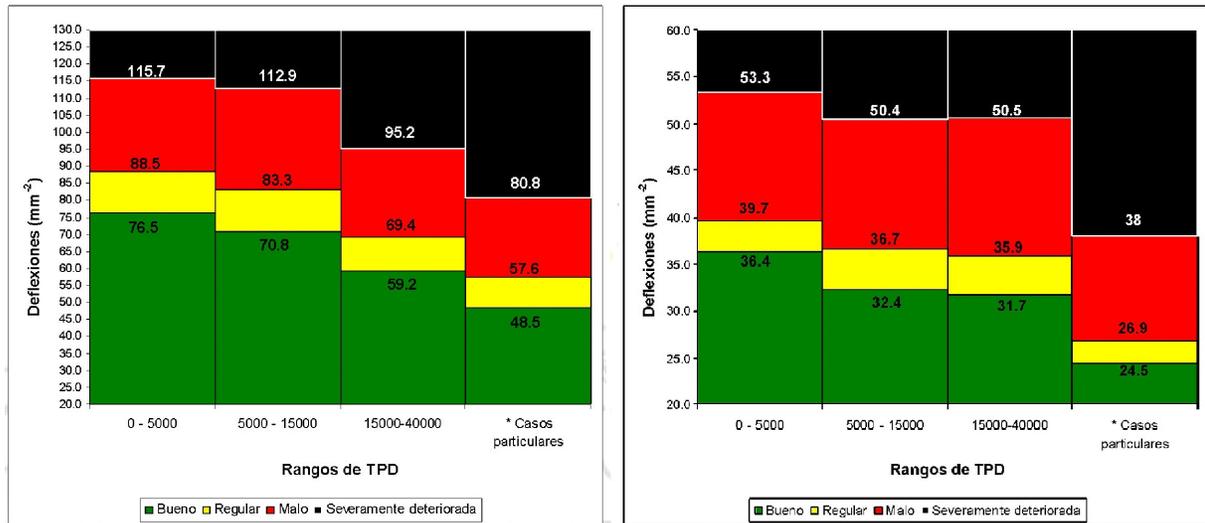


Figura 5. Condición del pavimento a partir de deflectometría y TPD inferior a 5000 para bases granulares (izquierda) y estabilizadas (derecha).

En esta evaluación realizada al cantón de Buenos Aires, en la cual todos los conteos vehiculares demostraron valores de un tránsito promedio diario inferior a 5 000, se obtuvo que el 100% de los tramos homogéneos presentan una categoría de "Buena" condición estructural, pues presentan deflexiones menores al máximo de esta categoría, que es de 76,5 mm². A continuación en la Figura 6 se muestra de manera gráfica los resultados de la red evaluada en términos de deflectometría.

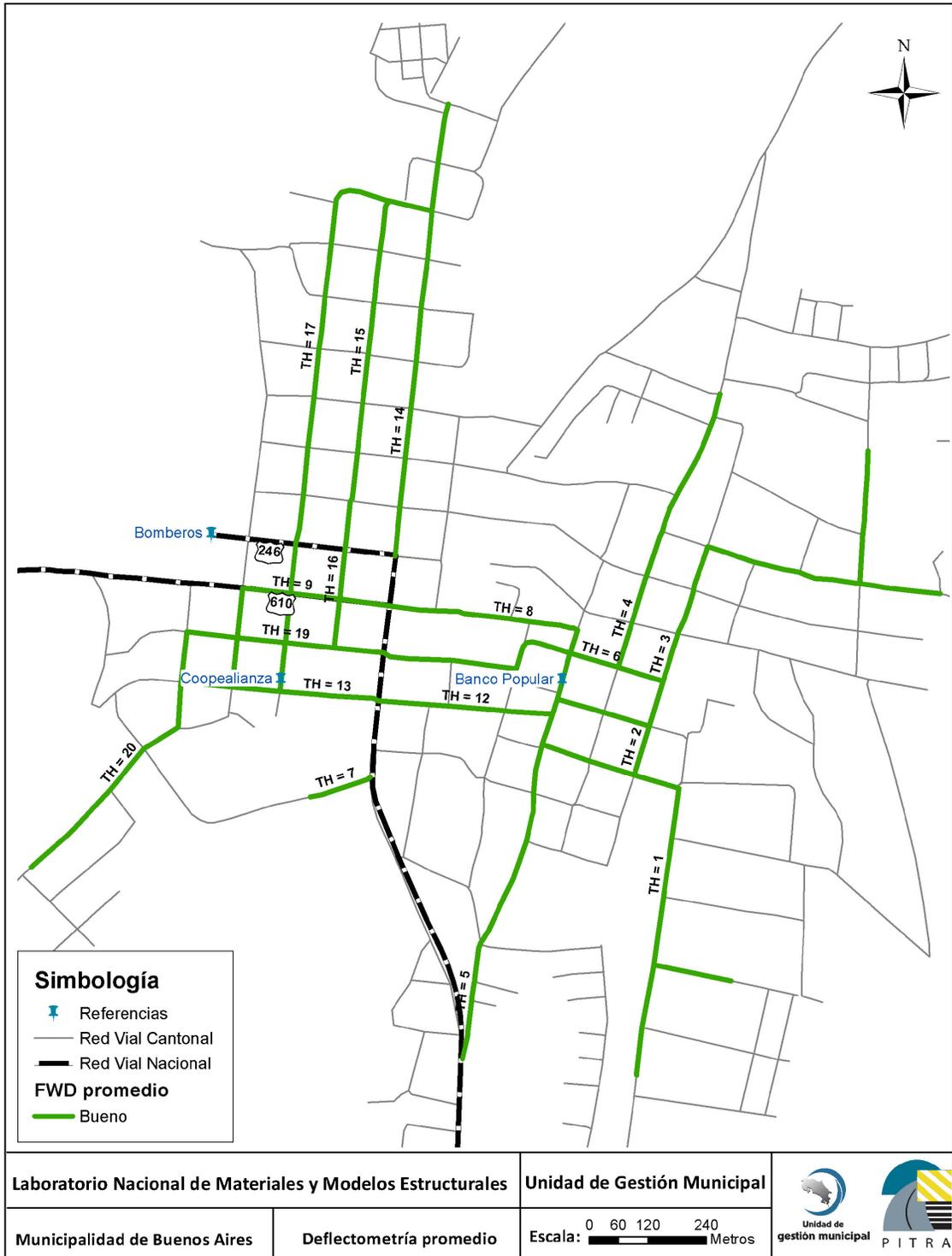


Figura 6. Deflectometría promedio de las vías analizadas en el cantón de Buenos Aires.



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 le calculó el IRI promedio de cada uno. Con el fin de clasificar la RVC en función de IRI se utiliza la siguiente simbología: “Bueno”, IRI menor a 3,6 m/km; “Regular”, IRI entre 3,6 m/km y 6,4 m/km; “Malo”, IRI entre 6,4 m/km y 10 m/km; “Muy malo”, IRI mayor a 10 m/km. El análisis por IRI _{promedio} se indica gráficamente en la Figura 7.

La distribución de la cantidad de metros lineales y tramos homogéneos asociados a cada categoría de IRI se muestran porcentualmente en la Figura 8 y Figura 9, respectivamente; de éstas se destaca que el 39% de los tramos evaluados en Buenos Aires poseen un IRI superior a 6,4 m/km e inferior a 10,0 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. Estas irregularidades también ocasionan un deterioro acelerado de la estructura, debido a las cargas dinámicas a las que se ve sometida, ocasionado por el golpeteo de los vehículos al transitar por una ruta irregular.

Es posible establecer que un 57% de la longitud evaluada en Buenos Aires (6 km aproximadamente) presenta un IRI promedio del tramo inferior a 6,4 m/km, lo cual se asocia a una condición superficial aceptable para las velocidades de operación en una ruta cantonal.

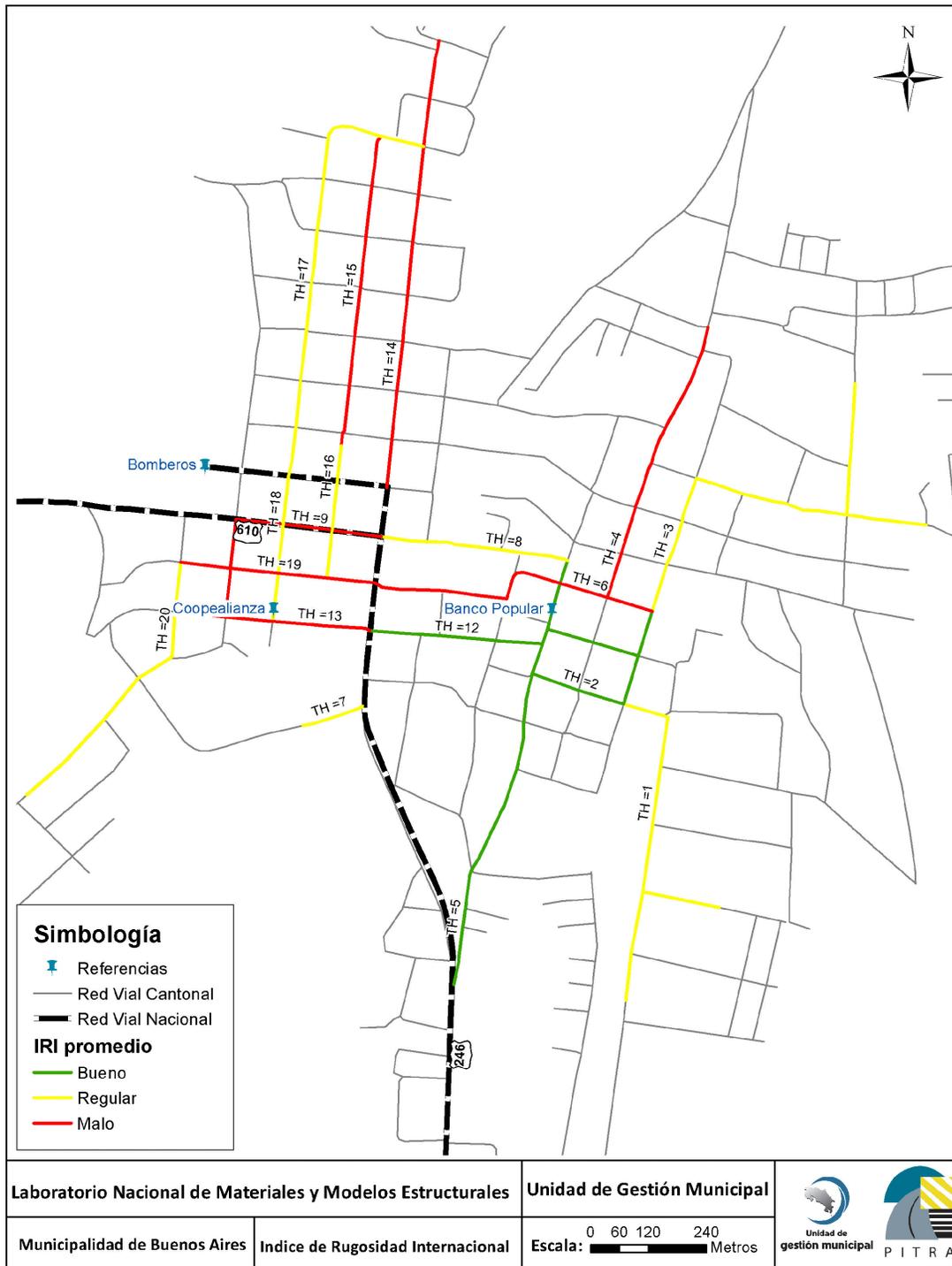


Figura 7. IRI promedio para las vías analizadas en el cantón de Buenos Aires.

Fuente: LanammeUCR, 2014.

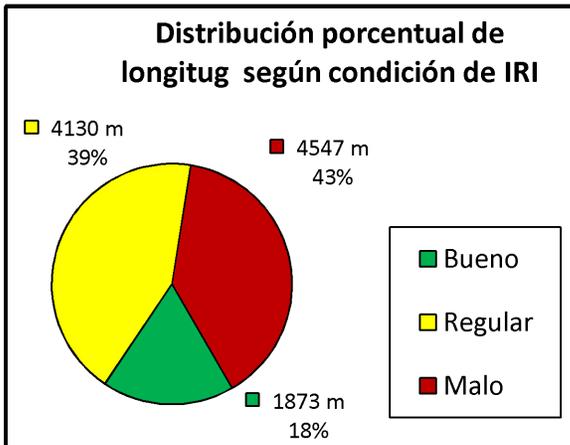


Figura 8. Porcentaje de metros lineales clasificados según el IRI promedio.

Fuente: LanammeUCR, 2014.

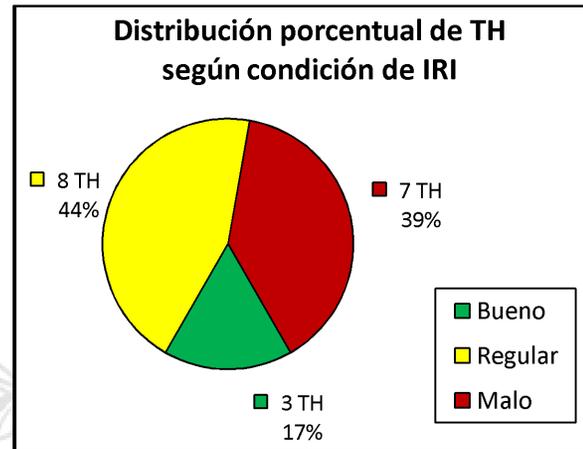


Figura 9. Porcentaje de tramos clasificados según el IRI promedio.

Fuente: LanammeUCR, 2014.

3.3 Notas Calidad

El estado de cada uno de los tramos es analizado funcional y estructuralmente, y mediante la condición de cada una de estas evaluaciones se puede determinar la condición en el que se encuentra un tramo en el momento de su evaluación; a este nuevo indicador se le denomina **Nota de calidad**, y permite definir la estrategia de intervención más adecuada a nivel de gestión para cada tramo.

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

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

En la Tabla 2 y Tabla 3, se presentan dos matrices que establecen notas de calidad en función de los valores de IRI y deflectometría medidos al momento de la evaluación.

Tabla 2. 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 3. Notas de calidad para un tránsito superior a los 5000 vehículos diarios e inferior a 15000 vehículos diarios para una estructura con base granular.

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

Fuente: LanammeUCR, 2012.

El uso de colores en la Tabla 2 y Tabla 3 refleja, de manera general, el tipo de intervención (a nivel de gestión) que requiere cada una de las categorías. Los colores verdes representan actividades relacionadas con el mantenimiento, el amarillo se refiere a tramos que requieren recuperación de la capacidad funcional, el azul requiere un proceso de análisis a nivel de proyecto ya que se encuentra en una condición intermedia, los colores rosados representan tramos que requieren rehabilitación menor, los colores naranjas y rojos representan una rehabilitación mayor y los negros requieren reconstrucción, en la siguiente sección se amplía la descripción de los diferentes tipos de intervenciones.



Cada una de las categorías que se muestran en la Tabla 2 y Tabla 3 están asociadas a una descripción que caracteriza las condiciones generales en las que se encuentran los tramos en estudio, así como la intervención que se recomienda. Esta descripción, al igual que la Tabla 2 y Tabla 3, son una adaptación a las condiciones municipales de las notas de calidad expuestas en el informe LM-PI-UE-05-11.

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 elevada. Debido al deterioro de la capa de ruedo estos pavimentos pasarán a las categorías M-RF o Q7 en el mediano plazo. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de mediano costo que se enfoquen a atender la pérdida de capacidad funcional en el corto plazo.

- M-RF: En esta categoría se encuentran estructuras con un deterioro funcional extremo que afecta significativamente la velocidad del tránsito. Presentan grandes baches y grietas profundas en la carpeta asfáltica. El deterioro se presenta en más de la mitad de la superficie, comprometiendo la capacidad estructural del pavimento. Debido al deterioro en la capa de ruedo, en el corto plazo estos pavimentos pasarán a la categoría RH-RF. Los tramos que presentan esta categoría son candidatos a intervenciones de tipo de mantenimiento de alto costo, enfocadas en recuperar la pérdida de capacidad funcional en el corto plazo para evitar un mayor deterioro de la capacidad estructural.
- Q5: Estas estructuras se encuentran en una condición de capacidad estructural y funcional intermedia por lo que es necesario realizar un análisis más detallado a nivel de proyecto.
- Q7: Los pavimentos en esta categoría tienen una condición de ruedo similar a los que se encuentran en la categoría Q4, sin embargo, presentan una peor condición estructural, por lo que deterioros como ahuellamientos, agrietamientos por fatiga o agrietamientos transversales y longitudinales son mayores. 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 de que presenten una buena condición funcional en el momento de su evaluación, normalmente se debe a recapados o tratamientos superficiales recientes pero que no han contribuido a dar aporte estructural significativo, por lo tanto son trabajos de poca durabilidad. La condición de pérdida acelerada de la capacidad estructural y funcional de estos pavimentos los convierte en candidatos a intervenciones de tipo rehabilitación mayor que debería ser atendida a corto plazo.
- R-1, R-2: Estos pavimentos presentan una condición estructural muy deficiente. Los tramos que se encuentran categorizados en esta condición y poseen una buena condición de la capa de ruedo se debe, principalmente, a la presencia de sobrecapas o tratamientos superficiales recientes pero que no han contribuido, de manera significativa, a nivel estructural, por lo tanto, son trabajos de poca durabilidad y existe una rápida migración a notas como R-3 y NP, donde la alternativa de intervención es una reconstrucción del pavimento. Estos tramos son candidatos a intervenciones del tipo rehabilitación mayor que debería ser atendida de forma inmediata.
- R-3, NP: Estos pavimentos presentan un altísimo nivel de deterioro. Donde la transitabilidad y la capacidad estructural son inferiores a los niveles aceptables para una carretera pavimentada. Estos tramos son candidatos a las inversiones de más alto costo, siendo tramos candidatos a una reconstrucción.

3.3.2 Notas de calidad de la red vial analizada

Las notas de calidad se asignaron según el procedimiento descrito en la sección 3.3, utilizando la Tabla 2 y Tabla 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 y flujo vehicular característico.

En la Tabla 4, se puede observar el detalle de la longitud y los valores promedio de IRI y deflectometría para cada tramo homogéneo; además, se indica la nota de calidad asociada a los valores obtenidos.

Tabla 4. Nota de calidad asignada a cada tramo analizado en la localidad de Buenos Aires.

TH	Longitud (m)	FWD promedio	IRI promedio	Nota Q
1	852,2	60,6	6,09	Q2
2	596,3	48,8	3,20	Q1
3	1052,8	54,3	4,40	Q2
4	601,0	47,1	8,67	Q4
5	918,8	48,1	2,88	Q1
6	625,5	56,8	6,58	Q4
7	129,9	62,8	5,49	Q2
8	390,8	47,2	6,38	Q2
9	302,5	35,2	6,46	Q4
12	358,2	50,6	3,54	Q1
13	507,6	55,9	6,65	Q4
14	935,6	56,0	7,25	Q4
15	650,6	62,5	7,65	Q4
16	276,2	47,6	3,89	Q2
17	924,6	47,7	4,17	Q2
18	305,6	41,5	6,12	Q2
19	507,4	43,0	6,43	Q4
20	615,0	50,8	4,10	Q2

En la Figura 10 puede observarse cada tramo homogéneo clasificado según la metodología de notas de calidad.

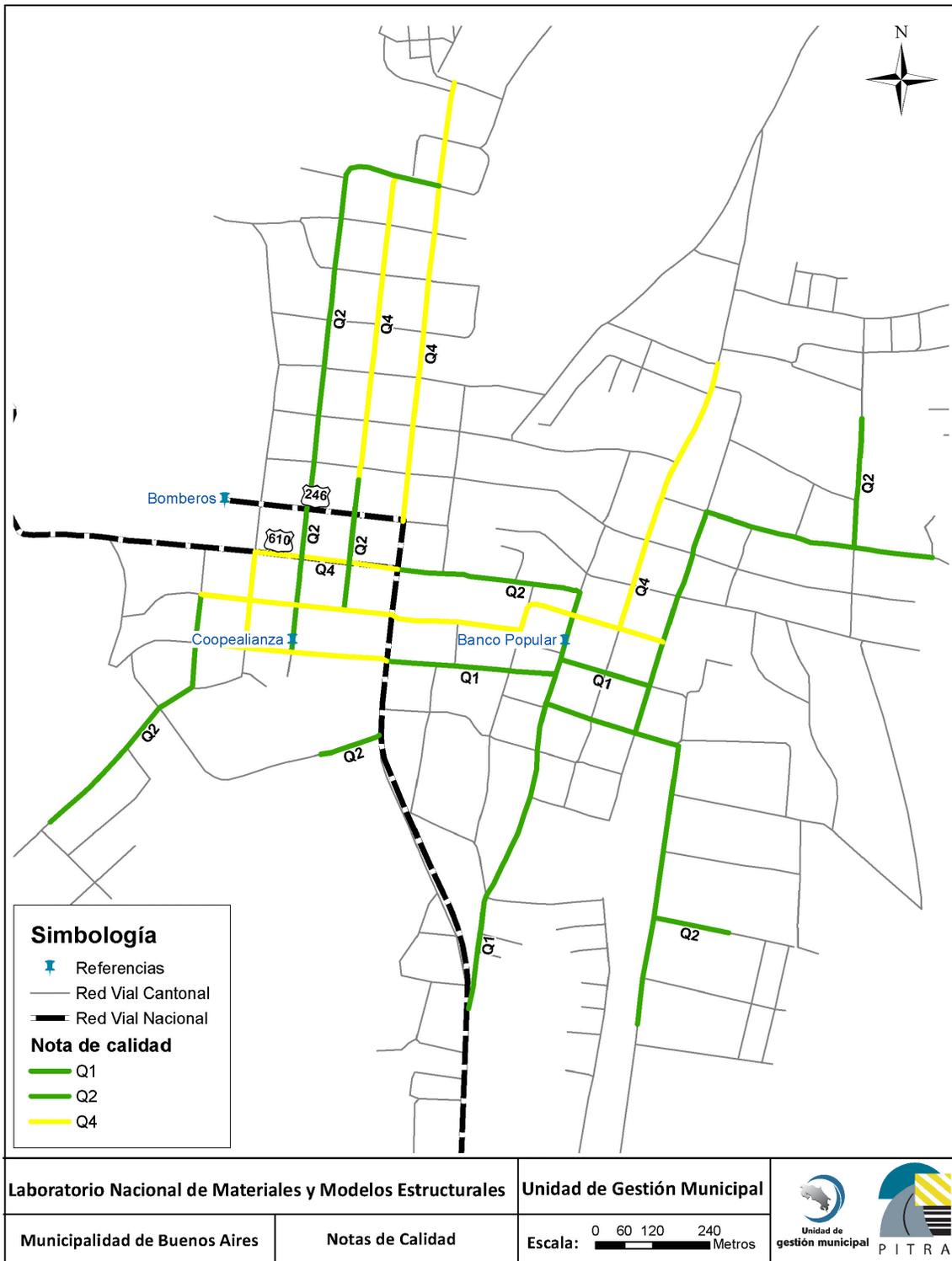


Figura 10. Notas de calidad para los tramos homogéneos analizados en Buenos Aires.

En la Figura 11, puede observarse la distribución porcentual de la longitud total estudiada de tramos homogéneos según la nota de calidad que se le asigna, y en la Figura 12 se hace la misma distribución porcentual pero con respecto a la cantidad de éstos.

En ambas figuras se aprecia que un 39% corresponde a una nota de calidad "Q4", y que la mejor condición (es decir, la nota de calidad Q1) corresponde únicamente a 3 tramos homogéneos equivalentes a 1,9 km, aproximadamente.

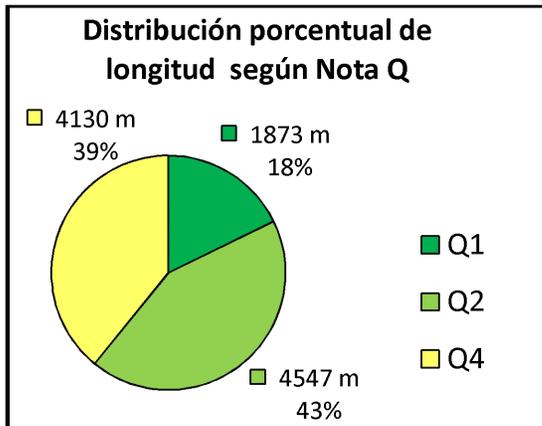


Figura 11. Porcentaje de metros lineales clasificados según la Nota Q.

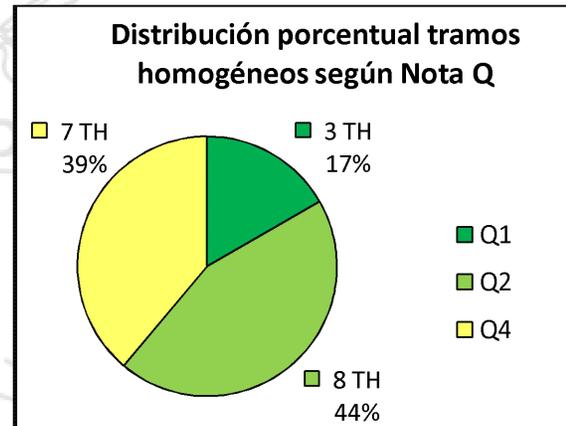


Figura 12. Porcentaje de tramos homogéneos clasificados según la Nota Q.

3.4 Tipos de intervención

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

Las intervenciones recomendadas son generales y se enfocan en el análisis a nivel de red, por lo que son una herramienta útil para la gestión y la definición de estrategias de intervención en un determinado periodo de tiempo (plan de inversiones), con el objetivo fundamental de mejorar el estado de la red vial de manera paulatina y sostenida.

Es necesario que las estrategias presentadas a nivel de red sean ajustadas para ser aplicadas a un nivel táctico-operativo, con el objetivo de generar el diseño de las



intervenciones a nivel de proyecto y determinar así el presupuesto específico necesario para ejecutar cada uno de los proyectos que se definen como prioritarios por el municipio.

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

- **Mantenimiento de Preservación:** Son aplicables a estructuras que se encuentran en buen estado (funcional y estructural), son intervenciones de bajo costo relativo. Existen diferentes tipos de intervenciones de este tipo, entre ellos: *sand seal*, *slurry seals*, *fog seal*, *chip seals*, sellados de grietas y microcarpetas, entre otros. El objetivo fundamental de este tipo de intervenciones es 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 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 periodo 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 económico y requiere de un diseño estructural formal.

En la Figura 13, se muestra de manera sencilla la categorización de cada nota de calidad según el tipo de intervención que se recomienda a nivel de red. Es necesario hacer la diferencia entre el tipo de intervención identificada con color naranja y color 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 y requerir una reconstrucción del pavimento.

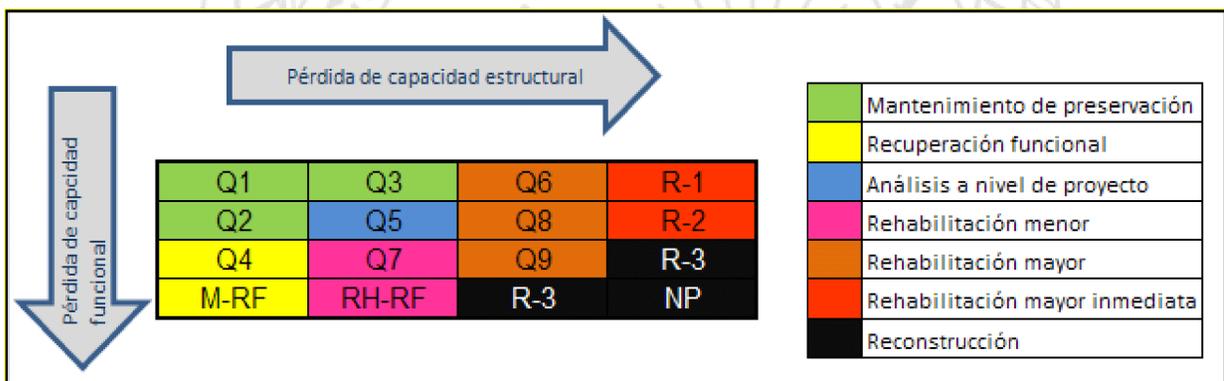


Figura 13. Tipo de intervención recomendada para cada nota de calidad.

Fuente: LanammeUCR, 2012.

En la Tabla 5, puede observarse el tipo de intervención (a nivel de red) propuesto para cada tramo homogéneo en la localidad de Buenos Aires, con base en las mediciones y evaluaciones realizadas en el 2012 por el personal del LanammeUCR y la UTGV de Buenos Aires.

Tabla 5. Tipo de intervención requerido a nivel de red para cada tramo evaluado de la red vial cantonal de Buenos Aires.

TH	Longitud (m)	Notas Q	Tipo de Intervención
1	852,2	Q2	Mantenimiento de preservación
2	596,3	Q1	Mantenimiento de preservación
3	1052,8	Q2	Mantenimiento de preservación
4	601,0	Q4	Recuperación funcional
5	918,9	Q1	Mantenimiento de preservación
6	625,6	Q4	Recuperación funcional
7	129,9	Q2	Mantenimiento de preservación
8	390,9	Q2	Mantenimiento de preservación
9	302,6	Q4	Recuperación funcional
12	358,2	Q1	Mantenimiento de preservación
13	507,7	Q4	Recuperación funcional
14	935,6	Q4	Recuperación funcional
15	650,7	Q4	Recuperación funcional
16	276,2	Q2	Mantenimiento de preservación
17	924,6	Q2	Mantenimiento de preservación
18	305,7	Q2	Mantenimiento de preservación
19	507,4	Q4	Recuperación funcional
20	615,0	Q2	Mantenimiento de preservación

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

En la Figura 14, puede observarse la distribución porcentual de los tipos de intervención requeridos según la cantidad de kilómetros analizados (10,6 km); es de apreciar que para el cantón de Buenos Aires se presentan únicamente dos tipos de intervención de los siete que se presentaron anteriormente, los cuales corresponden a aquellos en los cuales los cambios deben realizarse para mejorar la condición funcional de la red vial, estos resultados son producto de, en general, la buena condición estructural de la red en estudio.

De acuerdo con la Figura 15, en 11 de los 18 tramos homogéneos se requiere un mantenimiento de preservación con el objetivo de que conserven su estado actual, y de tal

manera impedir que con el paso del tiempo y la intervención de diversos factores externos, su calidad disminuya más rápidamente de lo esperado según la vida útil para la cual fue diseñada.

Además, se muestra que 4,1 km deben ser intervenidos para recuperar su condición funcional, y así permitir un viaje más confortable a los usuarios motorizados de la carretera.

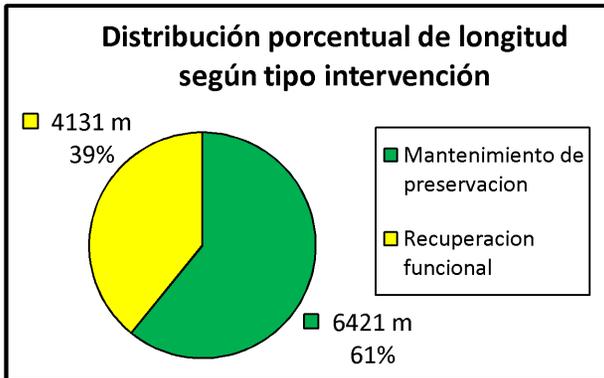


Figura 14. Porcentaje de metros lineales clasificados según Tipo de Intervención.

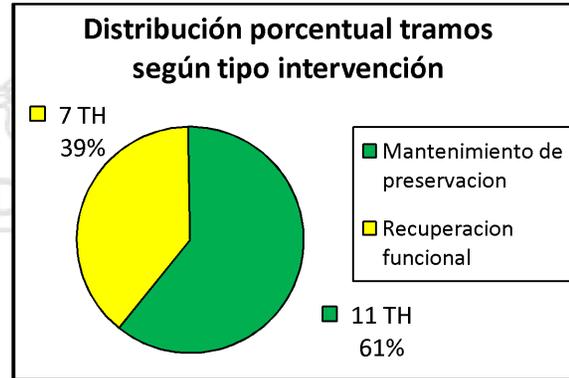


Figura 15. Porcentaje de de tramos homogéneos clasificados según Tipo de Intervención.

A continuación en la Figura 16, se observa de manera gráfica el tipo de intervención propuesto para cada uno de los tramos homogéneos, según el estado estructural y las mediciones del IRI.

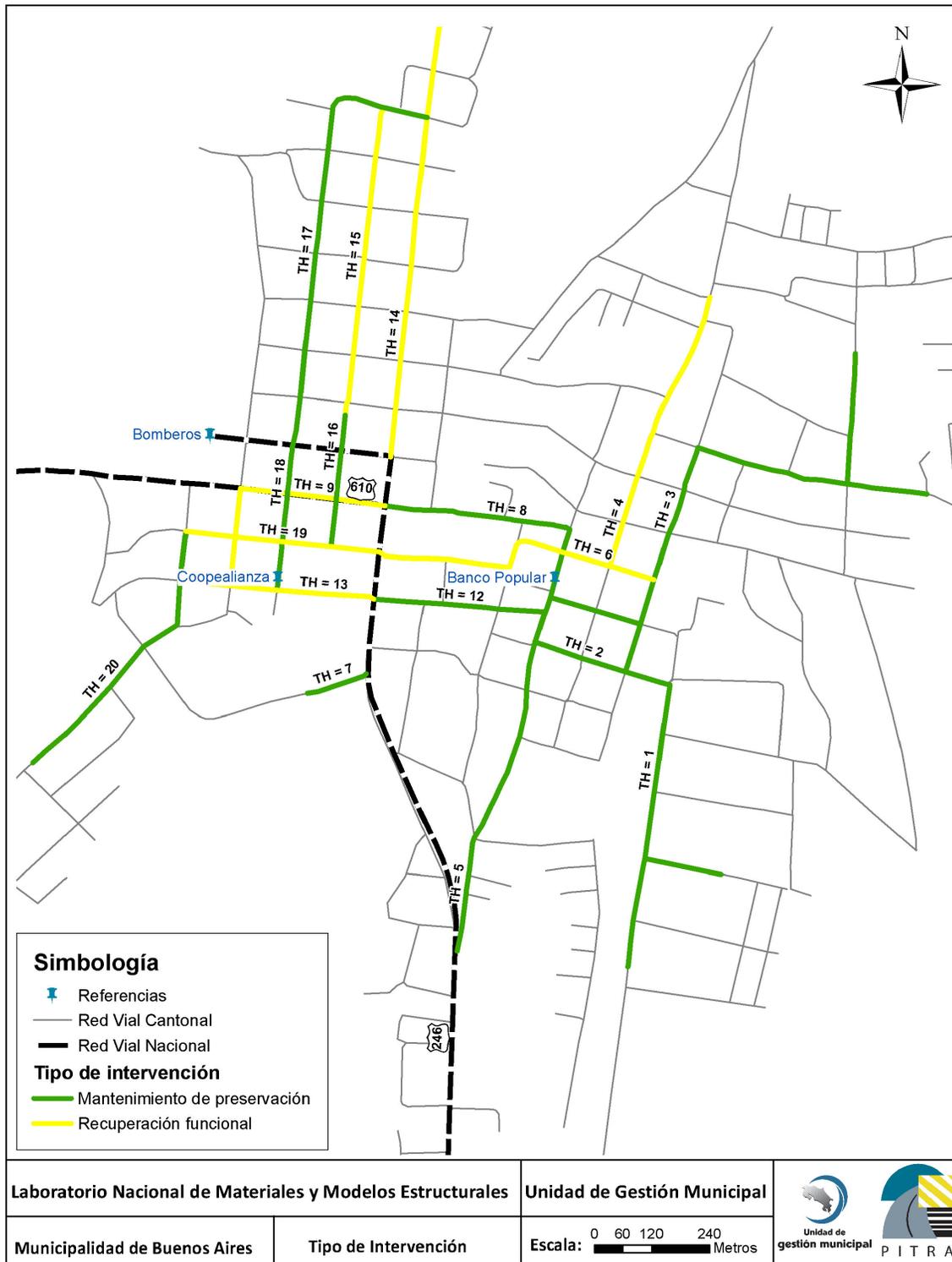


Figura 16. Tipo de intervención recomendada para cada tramo homogéneo.

3.5 Diseño y Costos de los Tratamientos

Como se mencionó anteriormente se consideraron diferentes tipos de intervenciones según el estado actual en el que se encuentre cada uno de los tramos analizados:

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

Para diseñar las diferentes intervenciones es necesario realizar un retrocálculo 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, por medio de la 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, y utilizarlo 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 de Buenos Aires.

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

Es importante recalcar que los costos son generados para estructuras características de las rutas municipales de Buenos Aires para un análisis a nivel estratégico; por lo tanto, 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 invertir 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 que cambien de tipo de intervención (intervenir un tramo que se encuentra en el límite de rehabilitación, 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

De acuerdo con las pruebas y análisis realizados a las vías estudiadas en el cantón de Buenos Aires a finales del año 2012, se determina que existe una buena condición estructural para cada tramo analizado.

Con respecto al estado funcional de la red, se tiene que un 39% de los tramos estudiados presentan valores de IRI mayores a 6,4 m/km; es decir, que para este porcentaje las mediciones realizadas implican una irregularidad superficial moderadamente alta, lo cual provoca costos de operación (desgaste de llantas, combustible, etc.) elevados para los usuarios y mayores tiempos de viaje; además de que la irregularidad en una superficie



provoca un desgaste acelerado en la estructura de pavimento al generarse un impacto dinámico de las llantas de los vehículos sobre la superficie asfáltica.

Con el objetivo de definir unidades discretas que faciliten la gestión municipal en cuanto al mantenimiento y mejoramiento de la red, se configuraron 18 tramos que por compartir ciertas características se consideran homogéneos; sin embargo, cada uno de estos tramos requiere de un tipo de intervención particular a lo largo de toda su longitud.

De los resultados de este análisis a la red vial cantonal de Buenos Aires, se obtiene que un 61% de los 10,6 km estudiados, equivalentes a 11 tramos homogéneos con una longitud total de 6,4 km, requieren únicamente un mantenimiento de preservación, pues presentan una buena condición estructural y valores de IRI menores a 6,4 m/hm.

Sin embargo, a la longitud restante (4,1 km) correspondiente a un 39% de los tramos homogéneos, se le ha determinado necesaria una intervención para recuperar su condición funcional, debido a que está categorizada con una "Buena" capacidad estructural, pero presenta mediciones de IRI elevadas, que generan una disminución en el confort, seguridad, optimización de los recursos y otros elementos que hacen decrecer el nivel de servicio de la ruta.

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

Las recomendaciones de intervención se establecen basadas en la condición actual del pavimento, en el momento de ejecutar los ensayos de laboratorio y campo (año 2012). Además, estas recomendaciones se proponen como soluciones óptimas generales a la condición de cada tramo homogéneo al realizar la evaluación, es decir, si un tramo homogéneo requiere reconstrucción o una rehabilitación mayor, aplicar otra solución diferente y de menor costo sería en un uso eficiente de los recursos.



4.2 Recomendaciones

Se recomienda al municipio generar un plan de inversiones a mediano plazo, un 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. Así mismo, se recomienda tener prioridad con los tramos en la condición de mantenimiento de preservación para prolongar la vida útil de los mismos y maximizar la inversión realizada; de igual forma se recomendaría si hubiesen tramos homogéneos en la categoría de rehabilitación mayor, pues se podría evitar tener que hacer mayores intervenciones a un corto plazo, ya que en esta condición las carreteras se deterioran con rapidez, pasando a notas de calidad R2-R3, donde lo que se requeriría es una reconstrucción y por lo tanto implicaría inversiones mayores.

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

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

-----UL-----



5 REFERENCIAS

- 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.
- 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.
- 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-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.
- 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.
- Solminihac H. (1998). Gestión de Infraestructura Vial; Editorial Universidad Católica de Chile, Chile.