



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE (PITRA)

EIC-Lanamme-INF-1640-2022

INFORME DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL CANTONAL DE LA MUNICIPALIDAD DE GOICOECHEA

Preparado por:
Unidad de Gestión Municipal

San José, Costa Rica
Octubre, 2022



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.





EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 2

Información técnica del documento

1. Informe EIC-Lanamme-INF-1640-2022		2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: Informe de evaluación de la red vial cantonal de la Municipalidad de Goicoechea		4. Fecha del Informe: Octubre 2022	
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440			
6. Notas complementarias			
7. Resumen <i>Este informe presenta los resultados del proceso de digitalización, validación y evaluación de la red vial cantonal de Goicoechea que se realizó entre los años 2018 y 2021, de acuerdo con la Ley 8114 y 8603, el convenio marco de cooperación R-CONV-069-2017 y lo establecido en los oficios LM-IC-D-0109-18 y LM-IC-D-386-19. Los resultados del proceso de digitalización y validación indican que se tiene una red vial cantonal y de travesía de 181,15 km distribuida en los siete distritos, que se clasificó según su tipo de superficie de ruedo en mezcla asfáltica, concreto, adoquines, lastre o grava y tierra. Se clasificó la red vial en rutas primarias, secundarias y terciarias. Se realizó 64 conteos vehiculares y 31 sondeos a cielo abierto. Se clasificó los materiales de relleno granular y suelo subrasante en el laboratorio y se midió el CBR en sitio en 23 de los sitios de sondeo. Se evaluó la condición de la red vial cantonal por Notas de Calidad en 132,94 km, que incluye la evaluación estructural y funcional de la red vial asfaltada e indicación de tipos de intervención asociados a nivel de red. Se evaluó de forma Visual 29,47 km, principalmente en rutas terciarias con superficie de mezclas asfáltica en caliente, concreto, adoquines, lastre y tierra.</i>			
8. Palabras clave Evaluación de red vial cantonal, Goicoechea		9. Nivel de seguridad: Ninguno	10. Número de páginas: 123
11. Preparado por:			
Ing. Catalina Vargas Sobrado, M.Eng Unidad de Gestión Municipal		Ing. Alonso Ulate Castillo, M.Eng Unidad de Gestión Municipal	
Fecha / /		Fecha / /	
12. Revisado por:	13. Revisado por:	14. Aprobado por:	
Ing. Eric Acosta Hernández Coordinador Unidad de Gestión Municipal	Lic. Nidia María Segura Jiménez Asesora legal LanammeUCR	Ing. Ana Luisa Elizondo Salas Coordinadora PITRA	
Fecha / /	Fecha / /	Fecha / /	



Índice de contenido

1.	Antecedentes y marco legal	9
2.	Introducción	9
3.	Objetivos	12
3.1	Objetivo general	12
3.2	Objetivos específicos	12
4.	Alcance	12
5.	Metodología de evaluación de la red vial cantonal de Goicoechea.....	13
5.1	Conteos vehiculares	15
5.2	Sondeos	16
5.3	Evaluación con Notas de calidad	17
5.4	Evaluación Visual	24
6.	Identificación y validación de la red vial del cantonal de Goicoechea	30
6.1	Validación de la red vial cantonal.....	30
6.2	Longitud total y tipo de superficie de ruedo.....	31
6.3	Análisis funcional y jerarquía de la red vial cantonal	36
7.	Resultados de los conteos vehiculares.....	41
8.	Resultados de los sondeos	48
8.1	Espesores de estructura de pavimento existente.....	48
8.2	Caracterización del material de relleno	51
8.3	Caracterización del suelo subrasante	53
8.4	CBR en sitio de las capas del pavimento existente.....	56
9.	Tipo de evaluación aplicada a la red vial cantonal de Goicoechea	62
10.	Resultados de la evaluación de la red vial cantonal asfaltada con Notas de Calidad (FWD/IRI)	68
10.1	Condición estructural de los pavimentos asfálticos evaluados.....	69
10.2	Condición funcional de los pavimentos asfálticos evaluados	77



10.3	Notas de calidad	83
10.4	Tipos de intervención a nivel de red	92
11.	Resultados de la evaluación de la red vial cantonal con metodología visual.	100
12.	Conclusiones.....	116
13.	Recomendaciones	121
14.	Referencias bibliográficas	122
15.	Anexos.....	124

Índice de Tablas

Tabla 1.	Clasificación de la subrasante según el CBR en sitio.	17
Tabla 2.	Condición funcional según la medición de IRI.....	19
Tabla 3.	Notas de calidad de acuerdo con los resultados de la condición de IRI y FWD.	20
Tabla 4.	Evaluación visual de red vial asfaltada.	25
Tabla 5.	Evaluación de la red vial con adoquines.	26
Tabla 6.	Evaluación visual de la red vial con superficie de concreto.....	28
Tabla 7.	Evaluación de la red vial con superficie de grava o lastre.....	29
Tabla 8.	Evaluación visual de la red vial con superficie de tierra.	29
Tabla 9.	Tipo de superficie de rueda RVC y travesía de Goicoechea según distrito (km).	32
Tabla 10.	Clasificación funcional de la RVC de Goicoechea (km).....	37
Tabla 11.	Resultados de TPD, % de pesados y ESAL para los conteos realizados en Goicoechea.	42
Tabla 12.	Resumen de datos de TPD y % de pesados por distrito.	47
Tabla 13.	Resumen de espesores de capa identificados en los sondeos.	50
Tabla 14.	Resumen de caracterización del material de relleno.....	52
Tabla 15.	Resumen de caracterización del suelo subrasante.....	54
Tabla 16.	Resumen de resultados de CBR en sitio promedio con DCP y calidad de subrasante.....	58
Tabla 17.	Tipo de evaluación por distrito para la red vial cantonal de Goicoechea.	62
Tabla 18.	Evaluación de la RVC de Goicoechea con Notas de calidad según la jerarquía vial.....	68
Tabla 19.	Condición estructural (FWD) de la RVC por distrito.	71
Tabla 20.	Condición estructural (FWD) por distrito de las rutas “Sin IRI”.	76
Tabla 21.	Condición funcional (IRI) de la RVC por distrito.	79



Tabla 22. Distribución porcentual de Notas Q en la red vial cantonal asfaltada de Goicoechea.	85
Tabla 23. Distribución de Notas de Calidad por distrito para la red vial cantonal asfaltada.	87
Tabla 24. Distribución del Tipo de Intervención en la red vial cantonal asfaltada de Goicoechea.	93
Tabla 25. Distribución del Tipo de Intervención por distrito de la red vial cantonal asfaltada.	96
Tabla 26. Evaluación Visual de la RVC de Goicoechea según jerarquía vial y tipo de superficie de ruedo.	101
Tabla 26. Evaluación visual de red vial con superficie de ruedo asfáltica.	103
Tabla 27. Evaluación visual de la red vial con superficie de ruedo de concreto.	106
Tabla 28. Evaluación visual de red vial con superficie de ruedo de adoquines.	109
Tabla 29. Evaluación visual de red vial con superficie de ruedo de lastre.	110
Tabla 30. Evaluación visual de red vial de tierra.	111

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura general de un Sistema de Administración de Pavimentos (SAP).	10
Figura 2. Flujograma del proceso de gestión vial municipal.	11
Figura 3. Esquema metodológico general.	14
Figura 4. Tipo de conteos vehiculares realizados por el LanammeUCR en la RVC.	16
Figura 5. Estructura típica de un pavimento flexible.	16
Figura 6. Deflectómetro de impacto del LanammeUCR.	18
Figura 7. Condición estructural del pavimento con base granular según la deflexión medida y TPD.	18
Figura 8. Perfilómetro inercial laser del LanammeUCR.	19
Figura 9. Tipo de intervención recomendada para cada nota de calidad.	23
Figura 10. Distribución distrital de la RVC y de travesía de Goicoechea.	31
Figura 11. Distribución del tipo de superficie de ruedo en la RVC de Goicoechea.	32
Figura 12. Tipo de superficie de ruedo de la red vial del distrito de Calle Blancos.	33
Figura 13. Tipo de superficie de ruedo de la red vial del distrito de Guadalupe.	33
Figura 14. Tipo de superficie de ruedo de la red vial del distrito de Purral.	34
Figura 15. Tipo de superficie de ruedo de la red vial del distrito de Rancho Redondo.	34
Figura 16. Tipo de superficie de ruedo de la red vial del distrito de San Francisco.	35
Figura 17. Tipo de superficie de ruedo de la red vial del distrito de Mata de Plátano.	35
Figura 18. Tipo de superficie de ruedo de la red vial del distrito de Ipís.	36



Figura 19. Distribución porcentual de la clasificación funcional en la RVC de Goicoechea.	37
Figura 20. Clasificación funcional de la red vial del distrito de Calle Blancos.	38
Figura 21. Clasificación funcional de la red vial del distrito de Guadalupe.	38
Figura 22. Clasificación funcional de la red vial del distrito de Purral.	39
Figura 23. Clasificación funcional de la red vial del distrito de Rancho Redondo.	39
Figura 24. Clasificación funcional de la red vial del distrito de San Francisco.	40
Figura 25. Clasificación funcional de la red vial del distrito de Mata de Plátano.	40
Figura 26. Clasificación funcional de la red vial del distrito de Ipís.	41
Figura 27. Ubicación de los conteos vehiculares realizados en la red vial del distrito de Calle Blancos.	44
Figura 28. Ubicación de los conteos vehiculares realizados en la red vial del distrito de Guadalupe.	44
Figura 29. Ubicación de los conteos vehiculares realizados en la red vial del distrito de Purral.	45
Figura 30. Ubicación de los conteos vehiculares realizados en la red vial del distrito de San Francisco.	45
Figura 31. Ubicación de los conteos vehiculares realizados en la red vial del distrito de Mata de Plátano.	46
Figura 32. Ubicación de los conteos vehiculares realizados en la red vial del distrito de Ipís.	46
Figura 33. Estadísticas de TPD por distrito.	47
Figura 34. Estadísticas de porcentaje de vehículos pesados por distrito.	47
Figura 35. Ubicación de sondeos realizados en el distrito de Ipís.	59
Figura 36. Ubicación de sondeos realizados en el distrito de Mata de Plátano.	59
Figura 37. Ubicación de sondeos realizados en el distrito de Purral.	60
Figura 38. Ubicación de sondeos realizados en el distrito de Guadalupe.	60
Figura 39. Ubicación de sondeos realizados en el distrito de Calle Blancos.	61
Figura 40. Ubicación de sondeos realizados en el distrito de San Francisco.	61
Figura 41. Distribución del tipo de evaluación por km realizada en el cantón Goicoechea.	63
Figura 42. Tipo de evaluación por distrito realizada en el cantón de Goicoechea.	64
Figura 43. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito de Calle Blancos.	64
Figura 44. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito de Guadalupe.	65
Figura 45. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito de Purral.	65
Figura 46. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito de Rancho Redondo.	66
Figura 47. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito de San Francisco.	66



Figura 48. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito de Mata de Plátano. ...	67
Figura 49. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito de Ipís.	67
Figura 50. Distribución porcentual de la evaluación de la RVC de Goicoechea según la jerarquía vial.	68
Figura 51. Distribución porcentual de la condición estructural de la red vial cantonal asfaltada.	70
Figura 52. Condición estructural (FWD) de la RVC por distrito.	71
Figura 53. Condición estructural de la RVC asfaltada de Calle Blancos.	72
Figura 54. Condición estructural de la RVC asfaltada de Guadalupe.	72
Figura 55. Condición estructural de la RVC asfaltada de Purral.	73
Figura 56. Condición estructural de la RVC asfaltada de Rancho Redondo.	73
Figura 57. Condición estructural de la RVC asfaltada de San Francisco.	74
Figura 58. Condición estructural de la RVC asfaltada de Mata de Plátano.	74
Figura 59. Condición estructural de la RVC asfaltada de Ipís.	75
Figura 60. Condición estructural (FWD) por distrito de las rutas “Sin IRI”.	77
Figura 61. Distribución porcentual de la condición funcional de la red vial cantonal asfaltada.	78
Figura 62. Condición funcional (IRI) de la RVC por distrito.	80
Figura 63. Condición funcional de la RVC asfaltada de Calle Blancos.	80
Figura 64. Condición funcional de la RVC asfaltada de Guadalupe.	81
Figura 65. Condición funcional de la RVC asfaltada de Purral.	81
Figura 66. Condición funcional de la RVC asfaltada de Ipís y Rancho Redondo.	82
Figura 67. Condición funcional de la RVC asfaltada de San Francisco.	82
Figura 68. Condición funcional de la RVC asfaltada de Mata de Plátano.	83
Figura 69. Distribución de Notas de Calidad para la red vial cantonal asfaltada.	85
Figura 70. Distribución de Notas de Calidad para la red vial cantonal asfaltada, descartando “Sin Nota Q”.	86
Figura 71. Distribución de Notas de Calidad por distrito para la red vial cantonal asfaltada.	88
Figura 72. Distribución de Notas de Calidad por distrito para la red vial cantonal asfaltada, descartando “Sin Nota Q”.	88
Figura 73. Notas de Calidad de la RVC asfaltada de Calle Blancos.	89
Figura 74. Notas de Calidad de la RVC asfaltada de Guadalupe.	89
Figura 75. Notas de Calidad de la RVC asfaltada de Purral.	90
Figura 76. Notas de Calidad de la RVC asfaltada de San Francisco.	90
Figura 77. Notas de Calidad de la RVC asfaltada de Mata de Plátano.	91
Figura 78. Notas de Calidad de la RVC asfaltada de Ipís y Rancho Redondo.	91



Figura 79. Distribución del Tipo de Intervención para la red vial cantonal asfaltada.....	94
Figura 80. Distribución del Tipo de Intervención para la red vial cantonal asfaltada, descartando “Sin tipo de intervención”.....	94
Figura 81. Distribución del Tipo de Intervención por distrito para la red vial cantonal asfaltada.....	97
Figura 82. Distribución del Tipo de Intervención por distrito para la red vial cantonal asfaltada, descartando “Sin tipo de intervención”.....	97
Figura 83. Tipo de Intervención a nivel de red para la RVC asfaltada de Calle Blancos..	98
Figura 84. Tipo de Intervención a nivel de red para la RVC asfaltada de Guadalupe.....	98
Figura 85. Tipo de Intervención a nivel de red para la RVC asfaltada de Purral.....	99
Figura 86. Tipo de Intervención a nivel de red para la RVC asfaltada de San Francisco.	99
Figura 87. Tipo de Intervención a nivel de red para la RVC asfaltada de Ipís y Rancho Redondo.....	100
Figura 88. Evaluación Visual de la RVC de Goicoechea según jerarquía vial.	101
Figura 89. Evaluación Visual de la RVC de Goicoechea según tipo de superficie y jerarquía vial.....	102
Figura 90. Evaluación visual de la red vial con superficie asfáltica en el cantón de Goicoechea.....	103
Figura 91. Evaluación visual de la red vial con superficie asfáltica por distrito.....	105
Figura 92. Evaluación visual de la red vial con superficie de ruedo de concreto.....	106
Figura 93. Evaluación visual de la red vial con superficie de concreto por distrito.....	108
Figura 94. Evaluación visual de la red vial con superficie de ruedo de adoquines.....	109
Figura 95. Evaluación visual de red vial con superficie de ruedo de lastre.....	110
Figura 96. Evaluación visual de la red vial con superficie de lastre por distrito.....	111
Figura 97. Evaluación visual de la red vial de tierra.....	112
Figura 98. Evaluación visual de la red vial de tierra por distrito.....	112
Figura 99. Evaluación visual de la red vial de Calle Blancos.....	113
Figura 100. Evaluación visual de la red vial del distrito Guadalupe.....	113
Figura 101. Evaluación visual de la red vial del distrito Purral.....	114
Figura 102. Evaluación visual de la red vial del distrito Rancho Redondo.....	114
Figura 103. Evaluación visual de la red vial del distrito San Francisco.....	115
Figura 104. Evaluación visual de la red vial del distrito Mata de Plátano.....	115
Figura 105. Evaluación visual de la red vial del distrito Ipís.....	116



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 9

1. Antecedentes y marco legal

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 (RVN). Con este propósito, el LanammeUCR realiza tareas de fiscalización, evaluación, investigación, asesoría técnica y transferencia de tecnología.

La ley No. 8603 reformó los artículos 5 y 6 de la ley No. 8114 adicionando el inciso j) al artículo 6, en el cual se establece que:

“Con la finalidad de garantizar la calidad de la red vial cantonal (RVC) 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 Goicoechea formalizó el convenio marco de cooperación R-CONV-069-2017 con el LanammeUCR, cuyo objetivo es fortalecer el proceso de gestión vial municipal, mediante actividades de asesoría técnica, transferencia de tecnología y capacitación.

El presente documento corresponde al informe final sobre el proceso de digitalización, validación y evaluación de la red vial cantonal de Goicoechea, de acuerdo con lo establecido en: la propuesta de trabajo original y ampliada de los entregables acordados con la municipalidad (LM-IC-D-0109-18 y LM-IC-D-386-19, respectivamente), entregas preliminares de conteos vehiculares (LM-IC-D-0280-2020, LM-IC-D-0478-2020, LM-D-IC-0892-2020); y el oficio de entrega oficial de la digitalización y validación de la red vial cantonal (EIC-Lanamme-971-2021).

2. Introducción

La gestión vial es el conjunto de acciones y procesos orientados a conservar y desarrollar el patrimonio vial para satisfacer, con el mejor nivel de servicio posible, la necesidad derivada de transporte de la sociedad. La gestión vial busca mitigar el deterioro y promover el desarrollo de la infraestructura vial con una visión de mediano y largo plazo, así como la optimización de los recursos disponibles. Para esto es necesario conocer la extensión, cobertura y condición de cada uno de los elementos o activos que componen la infraestructura vial, entre ellos: los pavimentos, puentes, túneles, obras pluviales o drenajes (cunetas, cordón y caño, tragantes, alcantarillas), dispositivos de seguridad vial



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 10

(señalización vertical y horizontal, barreras de contención) y obras geotécnicas (taludes, terraplenes).

La gestión de activos viales tiene como componente principal la administración de los pavimentos, ya que éstos son los activos que generalmente representan la mayor proporción del patrimonio vial, debido al elevado costo asociado que tiene su construcción, conservación y rehabilitación, además de que sobre su superficie se movilizan los vehículos que transportan bienes y personas.

De acuerdo con lo anterior, se establecen los Sistemas de Administración de Pavimentos (SAP), que permiten orientar las decisiones y priorizar la inversión de los recursos siempre limitados, con un menor grado de incertidumbre. Los SAP incluyen al menos cinco etapas: diseño, construcción, mantenimiento y evaluación, como se muestra en la **Figura 1**. El presente informe se relaciona específicamente en la etapa de evaluación de los pavimentos de una red vial.



Figura 1. Estructura general de un Sistema de Administración de Pavimentos (SAP).
Fuente: Adaptado de (Haas, Hudson, & Zaniewski, 1993).



Los procesos de gestión de activos viales pueden funcionar a distintos niveles de detalle, según la disposición de recursos por parte de la entidad administradora de la red. Se pueden definir tres niveles de planificación básicos (Solminihaç, 1998):

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

La gestión municipal de activos viales requiere del establecimiento de procesos que permitan mejorar progresivamente la condición de los diferentes componentes de la red vial y también desarrollarla de acuerdo con las necesidades de los usuarios. Se debe procurar un sistema de gestión sencillo, en el cual se pueda recolectar información de forma ágil, rápido y a un costo moderado, para evitar que el mantenimiento del sistema de gestión se convierta en un fin por sí mismo, en lugar de ser un medio para facilitar la conservación del patrimonio vial. La **Figura 2** muestra un flujograma básico sobre los procesos y resultados básicos necesarios para una gestión vial municipal eficiente y efectiva.



Figura 2. Flujograma del proceso de gestión vial municipal.



3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Realizar un diagnóstico técnico sobre la condición de la red vial cantonal de Goicoechea a nivel de red, en el cual se establece la extensión y condición general de los caminos por medio de ensayos de campo y evaluación visual.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar la digitalización y validación de la red vial cantonal de Goicoechea.
- Establecer la extensión y tipo de superficie de rudo la red vial cantonal de Goicoechea.
- Realizar conteos vehiculares para estimar el tránsito vehicular, y determinar las categorías de deflectometría de impacto (FWD) aplicables en cada camino.
- Realizar calcatas (sondeos) para conocer la estructura de pavimento existente en vías representativas de la RVC del cantón.
- Evaluar la red vial cantonal de Goicoechea por medio de ensayos de campo no destructivos o evaluación visual, de acuerdo con el tipo de superficie de rudo y jerarquía vial, y las limitaciones de cada metodología de evaluación.
- Establecer la condición general de la red vial cantonal de Goicoechea para cada tipo de superficie de rudo y asociar tipos de intervención recomendados a nivel de red.
- Generar capas cartográficas en un sistema de información geográfica (SIG) que incluya la información básica de los caminos, tránsito vehicular, sondeos a cielo abierto, deterioros y condición general.

4. Alcance

- La información generada en este informe corresponde a una evaluación a nivel de red, que se puede utilizar para planificación vial a mediano plazo.
- La gestión operativa de la red vial cantonal y diseño de medidas de intervención específicas a nivel de proyecto, requiere de información detallada como estudios



preliminares de los suelos, materiales, cargas vehiculares, variables ambientales, entre otros elementos que no se incluyen en esta evaluación.

- El LanammeUCR evaluó la red vial del cantón de Goicoechea en una longitud total de 173,65 km y diferentes tipos de pavimentos o superficie de ruedo: pavimento flexible con carpeta de mezcla asfáltica en caliente, pavimento flexible con adoquines de concreto, pavimento rígido con losas de concreto, caminos no pavimentados con superficie de grava o lastre y caminos de tierra.
- La condición de la red vial establecida en este informe es un insumo que puede ser utilizado por la municipalidad para generar un sistema de información geográfica, un sistema de gestión de pavimentos o realizar la planificación quinquenal correspondiente, conforme vaya incorporando datos sobre otros activos viales y las intervenciones realizadas.
- Adicionalmente a lo indicado en el presente informe, se evaluó diez puentes municipales cuya condición se indica en el informe: LM-PI-GM-INF-06-2019 *Informe de Inspección y Evaluación de los Puentes en el cantón de Goicoechea*. También, se remitió el oficio LM-IC-D-0647-19, indicando que la evaluación determinó una condición alarmante en el puente denominado Paso Hondo, por ende, requería de atención especial por parte de las autoridades municipales.

5. Metodología de evaluación de la red vial cantonal de Goicoechea

La condición de la red vial cantonal de Goicoechea se evaluó por medio de una metodología ajustada a la jerarquía vial y tipo de superficie de ruedo existente de la red vial cantonal, utilizando principalmente las técnicas de evaluación de Notas de Calidad y evaluación visual, como se resume en la Figura 3.

Se inició con la primera etapa de Identificación de la RVC, que incluye la digitalización, validación en campo, identificación de tipo de superficie de ruedo y análisis funcional para definir la jerarquía. Luego, en la segunda etapa se realizan los conteos vehiculares para estimar el comportamiento del tránsito y cargas vehiculares. Se continúa con la tercera etapa con la excavación de sondeos a cielo abierto, donde se realiza la caracterización de las estructuras de pavimento, medición de CBR (capacidad de soporte) en sitio y caracterización de suelos.

Finalmente, se ejecuta la cuarta etapa, donde se realiza la evaluación de la superficie de ruedo de la red vial, ya sea por medio de Notas de calidad para la mayor parte de la red vial



EIC-Lanamme-INF-1640-2022

Página 14

cantonal asfaltada, y evaluación visual para algunas rutas asfaltadas de menor jerarquía, como caminos con superficie de concreto, adoquines, lastre y tierra.

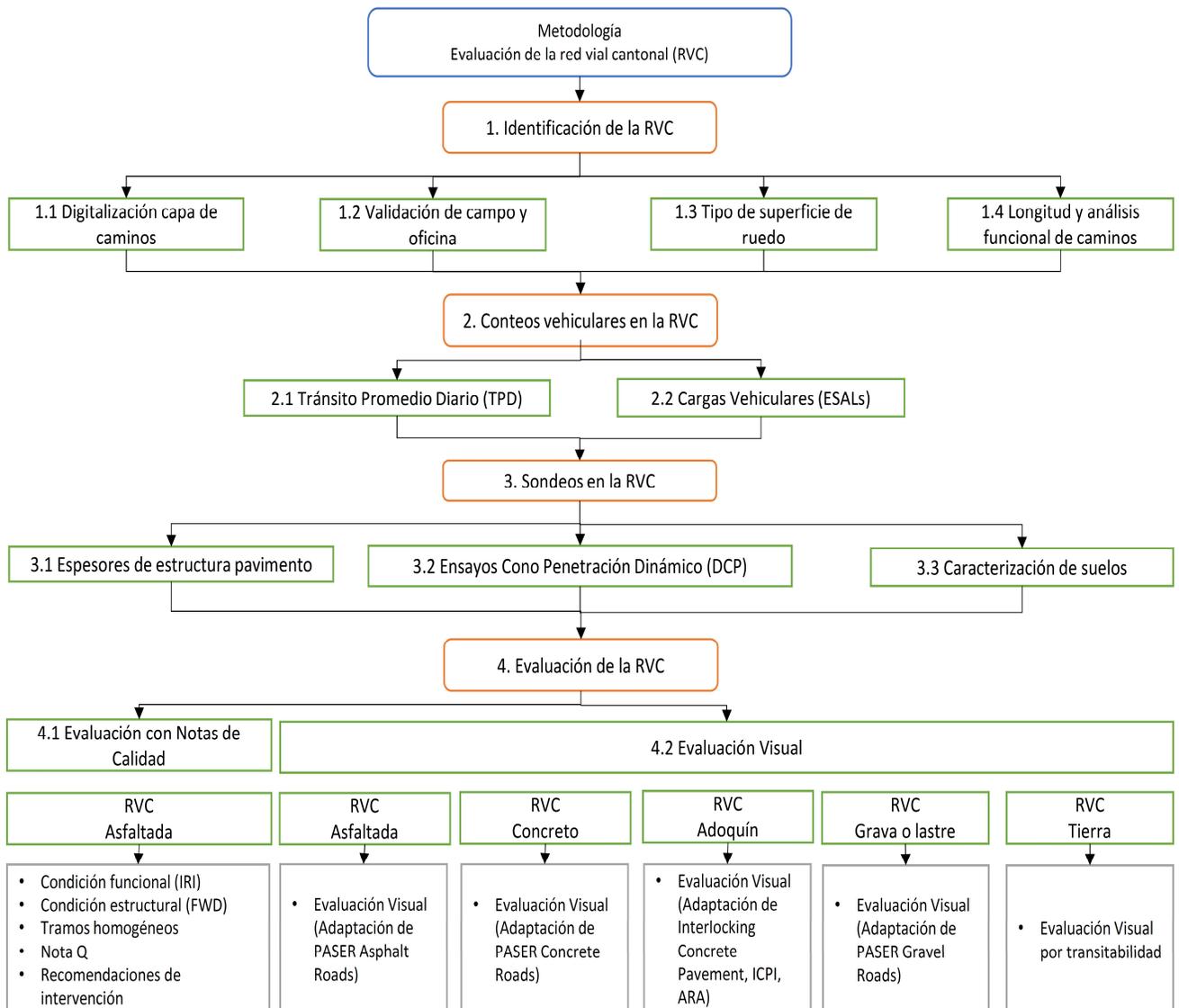


Figura 3. Esquema metodológico general.



5.1 Conteos vehiculares

El tránsito vehicular se mide por medio de conteos que se realizan en diferentes puntos de la red vial cantonal, previamente acordados con la Municipalidad. Estos datos permiten estimar el volumen y clasificación vehicular que tiene el cantón en sus diferentes vías.

La información de tránsito y clasificación vehicular corresponde a un análisis de red que puede ser utilizada para direccionar acciones de planificación e identificación de centros de atracción de viajes y carga. Sin embargo, para realizar estudios de impacto y reordenamiento vial, así como diseño estructural de pavimentos, se deben realizar conteos vehiculares específicos a nivel de proyecto.

El LanammeUCR, en conjunto con la Municipalidad, realizan los conteos de tránsito vehicular bajo una serie de protocolos que incluyen aspectos como los siguientes:

- Se realizan preferiblemente durante períodos de tránsito normal del periodo lectivo, se evitan los días de vacaciones o feriados.
- Se realizan entre lunes y viernes, preferiblemente martes, miércoles o jueves para evitar el efecto fin de semana.
- Se realizan conteos de 24 horas para tomar en cuenta ambos períodos de hora pico, y facilitar el análisis del cálculo del Tránsito promedio diario anual (TPDA).
- Se escogen los sitios con mayor flujo vehicular para realizar conteos semanales, de forma que se pueda estimar el factor de expansión diario (FED).
- Se coloca los contadores en los puntos de mayor flujo vehicular, en zonas donde no interrumpen el comportamiento normal del tránsito, y se evitan zonas congestionadas o con estacionamiento para obtener una buena clasificación y estimación de las cargas vehiculares en Ejes Equivalentes (ESALs).
- Se utiliza equipo neumático para los conteos vehiculares en las vías pavimentadas y equipo tipo radar para las vías no pavimentadas, como se observa en la Figura 4.



a) Contador neumático en vía
pavimentada



b) Contador radar en vía no
pavimentada

Figura 4. Tipo de conteos vehiculares realizados por el LanammeUCR en la RVC (fotos con fines ilustrativos, no necesariamente corresponden al cantón).

5.2 Sondeos

Una estructura de pavimento flexible convencional está compuesta por el suelo de subrasante, una o dos capas de materiales granulares (subbase y base) y la superficie de ruedo (en este caso carpeta de mezcla asfáltica), como se observa en la **Figura 5**.

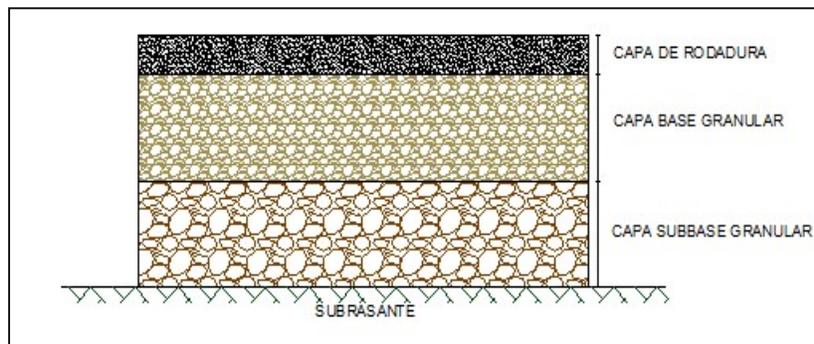


Figura 5. Estructura típica de un pavimento flexible.

La evaluación de la red vial cantonal incluye la caracterización de la estructura de pavimento por medio de calcatas o sondeos a cielo abierto donde se obtiene información sobre el espesor de las diferentes capas del pavimento, caracterización visual y de laboratorio (SUCS y AASHTO) de materiales existentes en cada capa y suelo de subrasante, y capacidad de soporte de California en sitio de la subrasante (CBR, por sus siglas en inglés), en este caso medido por medio del Cono de Penetración Dinámico (DCP) y algunos casos también en laboratorio.



Finalmente, se clasifica la calidad de la subrasante como apoyo de estructura de pavimento, de acuerdo con lo indicado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 1. Clasificación de la subrasante según el CBR.

Calidad de subrasante	CBR
Excelente	>50 %
Bueno	20-49,9 %
Regular	7-19,9%
Pobre a regular	5-6,9%
Muy pobre	< 5%
Sin datos	Sitios donde no fue posible realizar el ensayo

5.3 Evaluación con Notas de calidad

La evaluación de la red vial cantonal asfaltada se realiza por medio de una adaptación de la metodología empleada en el análisis de condición de la red vial nacional en los años 2010-2011, de acuerdo con lo presentado en el informe LM-PI-UE-05-11, del año 2011, del LanammeUCR.

Se realizan ensayos no destructivos para identificar la condición estructural y funcional de los caminos con superficie de carpeta de mezcla asfáltica, como se describe a continuación.

5.3.1 Condición estructural

La condición estructural de un pavimento se determina a partir de la respuesta mecánica de las capas de materiales que lo componen (suelo de subrasante, subbase, base y superficie de ruedo), ante las cargas del tránsito vehicular.

El equipo utilizado por el LanammeUCR para la medición de la respuesta estructural de los pavimentos es el Deflectómetro de Impacto (FWD, por sus siglas en inglés). Este equipo induce un impacto estándar sobre la superficie del pavimento y mide las deflexiones en nueve puntos a diferentes distancias respecto al punto de aplicación de la carga, como se muestra en la Figura 6.



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 18

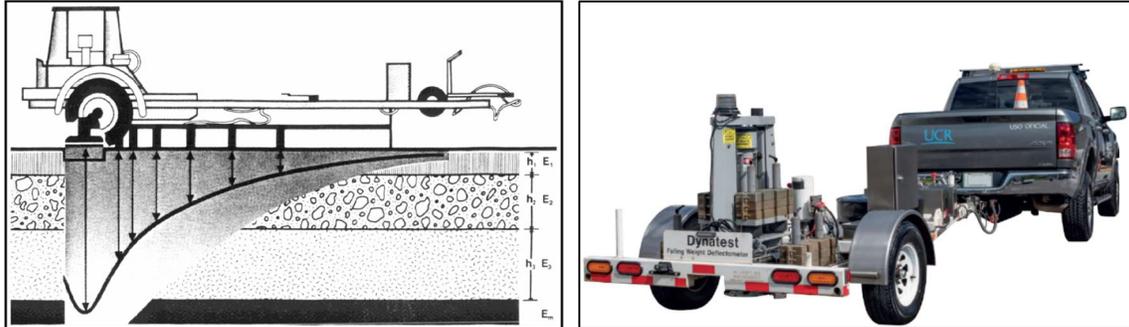


Figura 6. Deflectómetro de impacto del LanammeUCR.

Fuente: (Centro de Transferencia Tecnológica LanammeUCR, Abril, 2019)

El ensayo de deflectometría se realiza según lo establecido en la norma ASTM D4694 a cada 50 m para la red vial cantonal, con el propósito de establecer la condición estructural del pavimento a partir de la deflexión medida en cada punto, dependiendo del Tránsito Promedio Diario (TPD) de la ruta, como se muestra en la Figura 7 para el caso de un pavimento flexible con base granular.

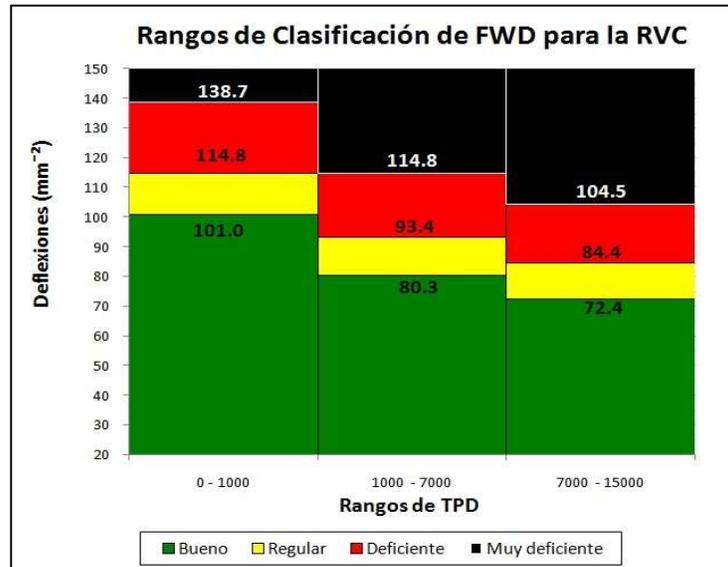


Figura 7. Condición estructural del pavimento con base granular según la deflexión medida y TPD.

Fuente: (Arias & Allen, 2014)



5.3.2 Condición funcional

La condición funcional de un pavimento corresponde a la capacidad de la vía para proporcionar un servicio y viaje confortable a los usuarios, y es estimada mediante la medición del Índice de Regularidad Internacional (IRI). El IRI es un parámetro de amplia aceptación mundial para el control de calidad en obra y gestión vial, pues la regularidad superficial está directamente asociada a los costos de operación de los vehículos y la vida útil de los pavimentos.

El equipo utilizado por el LanammeUCR para la medición del IRI es del tipo Perfilómetro Inercial Láser, el cual es un equipo de alto rendimiento que produce medidas automáticas y de alta calidad del perfil del camino. Las mediciones son independientes de cualquier variación en el peso y velocidad del vehículo, temperatura, color y textura del pavimento. Este equipo mide la distancia del suelo al vehículo con un medidor láser ubicado en la parte delantera del vehículo, como se muestra en el esquema de funcionamiento del equipo de la Figura 8.

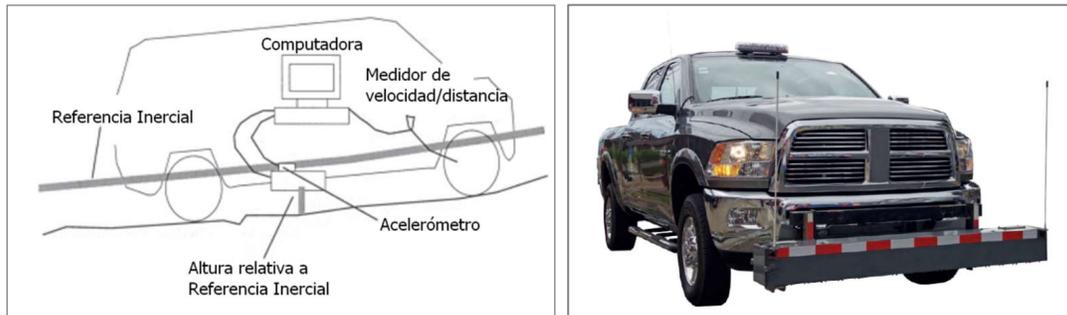


Figura 8. Perfilómetro inercial laser del LanammeUCR.

Fuente: (Centro de Transferencia Tecnológica LanammeUCR, Abril, 2019)

Las mediciones del perfil longitudinal del pavimento se realizan según lo establecido en la norma ASTM E950 y se calcula el IRI con una frecuencia de 25 metros para las rutas cantonales acordadas con la Municipalidad, y cada medición se asocia a una condición funcional de acuerdo con los rangos que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Condición funcional según la medición de IRI.

Condición funcional	IRI (m/km)
Bueno	< 3,6
Regular	3,6-6,4
Malo	6,4-10
Muy malo	>10

Fuente: (Arias, Allen, & López, 2012)



5.3.3 Tramos homogéneos

A partir de los datos de la evaluación estructural y funcional, se calculan los parámetros de FWD promedio y IRI promedio, respectivamente. Esto permite definir tramos homogéneos con una misma condición general, los cuales se obtienen por medio de métodos estadísticos definidos en la Guía de Diseño de Pavimentos de AASHTO 1993, que se adaptan a la organización administrativa de la red vial cantonal, de acuerdo con los códigos de caminos del registro vial municipal ante el MOPT.

5.3.4 Notas de calidad

A cada tramo homogéneo se le asigna el indicador llamado **Nota de Calidad**, que refleja la condición general del pavimento en esa sección y se asocia al tipo de intervención recomendado para gestión vial a nivel de red.

La metodología plantea matrices que relacionan la capacidad estructural (valores de FWD) 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 se encuentra en función del tránsito vehicular: una ruta de alto tránsito requiere una mayor capacidad (menor deflexión) para soportar las cargas vehiculares, en comparación con una ruta de bajo tránsito.

La metodología utilizada para la evaluación de la red vial municipal es una adaptación de la metodología empleada en el análisis de la red vial nacional en los años 2010-2011, la cual se presenta en el informe LM-PI-UE-05-11, del año 2011, del LanammeUCR.

Para simplificar el procedimiento se utiliza la matriz general que se muestra en la **Tabla 3**, donde se asignan las notas de calidad en función de los resultados de IRI y deflectometría (FWD) obtenidos en la evaluación.

Tabla 3. Notas de calidad de acuerdo con los resultados de la condición de IRI y FWD.

IRI m/km	Deflexión 10 ⁻² mm			
	Bueno	Regular	Deficiente	Muy Deficiente
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: (Jiménez, 2011)



La descripción de las diferentes notas de calidad es el siguiente:

- **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. A pesar de esto, pueden presentar deterioros que no son percibidos por la deflectometría de campo ni por 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 mantenimiento de preservación de bajo costo, enfocados 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 ni 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, enfocados 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 puede afectar 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 encuentra estructuras con severo deterioro funcional 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 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 para determinar el tipo de intervención requerida.
 - 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 y pueden presentar mayores deterioros como ahuellamientos, agrietamientos por fatiga o agrietamientos transversales y longitudinales. En estos pavimentos el deterioro estructural y funcional se acelera, 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 en 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 en esta categoría poseen una condición de ruedo similar a M-RF, sin embargo, presentan una peor condición estructural, debido a una mayor presencia de deterioros. En estos tramos el deterioro se acelera, y se vuelven propensos a pasar a la categoría R3 a corto plazo. Estas estructuras son candidatas a intervenciones de tipo rehabilitación menor, enfocadas en recuperar la pérdida de capacidad funcional y estructural en el corto plazo para evitar o retardar un mayor deterioro.
 - Q6, Q8 y Q9: Estos tramos presentan una condición estructural muy deficiente. En el caso que presenten una buena condición funcional en el momento de su evaluación, normalmente se debe a la colocación reciente de sobrecapas o tratamientos superficiales. Sin embargo, este tipo de intervención no da aporte estructural significativo, lo que puede provocar que estos trabajos sean 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 asignados a esta categoría que presentan una buena condición de la capa de ruedo pueden deberse principalmente, a la colocación reciente de sobrecapas o tratamientos superficiales, pero que no han contribuido de manera significativa, a nivel estructural. Por lo tanto, son trabajos de poca durabilidad y podría darse 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 alto 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 o reconstrucción.



5.3.5 Tipos de intervención asociada a nivel de red

A cada nota de calidad, se le asocia un tipo de intervención general para gestión vial a **nivel de red**. Estas recomendaciones son una herramienta útil para la gestión y la definición de estrategias de intervención a mediano plazo (5 años) con el objetivo fundamental de mejorar el estado de la red vial de manera paulatina y sostenida. Luego, de forma anual, la Municipalidad podrá ajustar las recomendaciones a nivel de red, de acuerdo con estudios específicos que permitan diseñar las intervenciones a nivel de proyecto para definir presupuestos finales. El tipo de intervención asociado a cada nota de calidad se muestra en la **Figura 9**. La diferencia entre el tipo de intervención identificada con color naranja y rojo corresponde a que el color rojo se asocia a una rehabilitación mayor que requiere realizarse de forma inmediata, esto para evitar que los tramos de caminos clasificados en esta categoría, se deterioren rápidamente y pasen a la categoría de reconstrucción en el corto plazo.

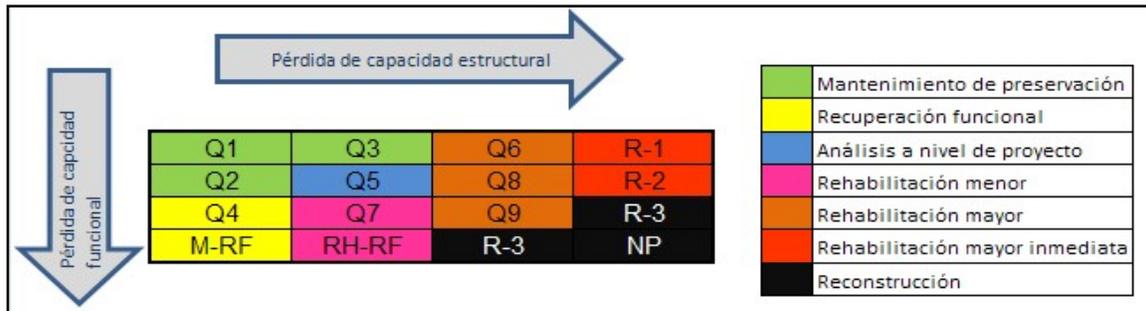


Figura 9. Tipo de intervención recomendada para cada nota de calidad.

Fuente: (Jiménez, 2011)

El tipo de intervención se definió a partir de lo indicado en el informe LM-PI-UE-05-11, del año 2011, del LanammeUCR y se describen a continuación:

- **Mantenimiento de Preservación:** corresponde a pavimentos que se encuentran en buen estado (funcional y estructural). Este tipo de intervención es de bajo costo relativo ya que se asocia a sellos o sobrecarpetas de bajo espesor como: *sello de arena*, *sellos de niebla (fog seal)*, *sello de lechada asfáltica (slurry seals)*, *tratamientos superficiales bituminosos (TSB)*, *sellado de grietas y microcarpetas asfálticas*, entre otros. El objetivo fundamental de este tipo de intervenciones es prolongar la vida útil del pavimento y corregir deterioros funcionales de leves.
- **Mantenimiento de recuperación funcional (IRI):** Su objetivo es mejorar la condición funcional del tramo, por lo que no necesariamente brindan aporte estructural. En estos casos se puede considerar labores de sustitución de la superficie de rudo, 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 irregularidad superficial influya en un mayor daño en la capacidad estructural del pavimento.

- **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 de mezclas asfáltica con aporte estructural.
- **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 carpeta y la intervención de la base, donde se realice 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.

5.4 Evaluación Visual

Se evalúa las secciones de la red vial cantonal donde no es posible aplicar la metodología de Notas de Calidad descrita en el Apartado 5.3 de este informe, ya sea en rutas con superficie de mezcla asfáltica, como rutas con pavimento rígido de concreto, adoquines, lastre y tierra, de acuerdo con lo indicado a continuación.

La metodología oficial costarricense para evaluación visual corresponde al Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica, MAV 2016. Sin embargo, en la red vial cantonal de Goicoechea se utilizó una adaptación de la metodología visual *Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER)* debido a que la evaluación se realiza en un nivel de red para planificación a mediano plazo

5.4.1 Caminos con superficie de mezcla asfáltica

Los caminos de la red vial cantonal con superficie de mezcla asfáltica que no fue posible evaluar con la metodología de Notas de Calidad, se evaluaron por medio de una adaptación de la metodología de evaluación visual *Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Asphalt Roads Manual* (Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison, 2002) según lo acordado para este convenio. Se evalúan los deterioros y generalidades del camino, que son calificados en una escala cuantitativa que se asocia a la condición de la superficie de ruedo como se describe a continuación:



- Se evalúa visualmente cuatro categorías de defectos:
 - Deterioros superficiales: desprendimientos, pulimiento y exudación.
 - Deformación de la superficie: ahuellamientos y desplazamientos de mezcla asfáltica.
 - Fisuras y grietas: transversales y longitudinales por fatiga, cuero de lagarto, reflexión de grietas y juntas de construcción, agrietamiento en bloque.
 - Reparaciones: como bacheos.
- Se califica cada deterioro del 10 (inexistente o muy leve) a 1 (severo y extenso).
- Se establecen tramos con condición homogénea de acuerdo con la inspección visual.
- Se establece una condición general promedio para cada camino o tramo homogéneo.
- Se califica cada camino o tramo de 10 a 1 de acuerdo como se indica en la Tabla 4.
- Se considera como referencia adicional los datos de ensayos de deflectometría (FWD) de impacto en caso de existir en el tramo evaluado, de acuerdo con lo indicado en el Apartado 5.3.1.

Tabla 4. Evaluación visual de red vial asfaltada.

Calificación	Condición	Descripción general
8-10	Excelente	Superficie nueva o sobrecapa recientemente colocada. Pavimento sujeto a seguimiento y actividades de preservación.
6-7	Bueno	Sin grietas longitudinales por fatiga o muy leves, exudación leve, sin desprendimientos o muy leves. Pavimento sujeto a mantenimiento de preservación como sello de grietas o tratamientos superficiales asfálticos.
4-5	Regular	Desprendimiento moderado a severos, grietas por fatiga moderadas, grietas en bloque, exudación moderada y severa y existencia de bacheo en buena condición. Pavimento sujeto a mantenimiento como perfilado y sobrecapa, luego de un análisis que determine si se requiere aporte estructural.
2-3	Malo	Agrietamiento en cuero de lagarto, agrietamientos en bloque extensivos, ahuellamientos moderados y severos, mucho bacheo y desprendimientos que forman huecos. Pavimento sujeto a rehabilitación para recuperar la capacidad estructural.
1	Pésimo	Deterioro severo y extensivo de la superficie. Requiere reconstrucción.

Fuente: Adaptado de (Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison, 2002).



5.4.2 Caminos con superficie de adoquines

La red vial cantonal con superficie de adoquines fue evaluada por medio de una adaptación de la metodología de evaluación visual del *Interlocking Concrete Block Pavement Distress Manual* (Interlocking Concrete Pavement Institute , 2007).

Se evalúan los deterioros y generalidades del camino, que son calificados en una escala cuantitativa que se asocia a la condición de la superficie de ruedo como se describe a continuación:

- Se evalúa visualmente los siguientes deterioros: adoquines dañados, depresiones, pérdida de confinamiento, ancho de juntas excesivo, escalonamientos, elevaciones, desplazamientos, pérdida de arena/bombeo de finos, pérdida de adoquines, bacheo y ahuellamientos.
- Se califica cada deterioro de 10 (inexistente o muy leve) a 1 (severo y extenso).
- Se establece tramos con condición homogénea de acuerdo con la inspección visual.
- Se establece una condición general promedio para cada camino o tramo homogéneo.
- Se califica cada camino o tramo de 10 a 1 de acuerdo como se indica en la Tabla 5.

Tabla 5. Evaluación de la red vial con adoquines.

Calificación	Condición	Descripción general
8-10	Excelente	Excelente condición de ruedo, superficie de adoquines cerrada y compacta, sin escalonamientos, depresiones, elevaciones, desplazamientos, ni ahuellamientos, buen confinamiento lateral y transversal, y buen drenaje.
6-7	Bueno	Buena condición de ruedo con algunas irregularidades aisladas que no afectan velocidad de operación, superficie de adoquines con pérdida de arena y juntas abiertas, algunos deterioros estructurales leves, algunos puntos de confinamiento lateral o transversal deteriorados y buen drenaje con algunos problemas aislados.
4-5	Regular	Superficie de ruedo con irregularidades moderadas que obligan a reducir velocidad de operación, algunos puntos de confinamiento lateral o transversal deteriorados, deterioros estructurales moderados, confinamiento lateral y transversal con deterioros moderados que afectan la condición del pavimento. Adoquines sueltos o rotados por ausencia de arena, confinamiento o desplazamientos y drenajes en condición regular



Calificación	Condición	Descripción general
2-3	Malo	Superficie de ruedo irregular con afectación severa a la velocidad de operación, deterioros estructurales severos, deterioros severos en confinamiento lateral con depresiones, adoquines sueltos, astillados o quebrados, reparaciones con deterioros, y drenajes en mala condición que afectan el pavimento.
1	Pésimo	Superficie de ruedo en pésima condición donde los vehículos deben detenerse frecuentemente, combinación de deterioros estructurales severos, deterioro de los adoquines por durabilidad del material, reparaciones muy deterioradas en condición pésima y drenajes inexistentes o en pésima condición.

Fuente: Adaptado de (Interlocking Concrete Pavement Institute , 2007).

5.4.3 Caminos con superficie de concreto hidráulico

La red vial cantonal con superficie de concreto fue evaluada por medio de una adaptación de la metodología de evaluación visual *Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Concrete Roads* (Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison, 2002), según lo acordado en este convenio. Se evalúa los deterioros y generalidades del camino, que son calificados en una escala cuantitativa que se asocia a la condición de la superficie de ruedo como se describe a continuación:

- Se evalúa visualmente los deterioros de desgaste, desprendimientos, fisuras tipo mapa, picaduras, pérdida de sello de juntas, grietas aisladas tipo meandro, deterioro de pozos y tragantes, grietas transversales, grietas longitudinales, escalonamientos, asentamientos, quebraduras en juntas y grietas de esquina.
- Se califica cada deterioro del 10 (inexistente o muy leve) a 1 (severo y extenso).
- Se establecen tramos con condición homogénea de acuerdo con la inspección visual.
- Se establece una condición general promedio para cada camino o tramo homogéneo.
- Se califica con una nota de 1 a 10 cada tramo o camino, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 6.



Tabla 6. Evaluación visual de la red vial con superficie de concreto.

Calificación	Condición	Descripción general
8-10	Excelente	Superficie nueva o muy reciente.
6-7	Bueno	Algunas señales de desgaste y deterioros leves, requiere mantenimiento rutinario.
4-5	Regular	Señales de quebraduras y escalonamientos leves. Requiere algunas reparaciones y mejora en drenajes.
2-3	Malo	Muestra escalonamientos moderado o severos, requiere reparaciones de espesor completo.
1	Pésimo	Requiere reconstrucción.

Fuente: Adaptado de (Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison, 2002).

5.4.4 Caminos con superficie de grava y lastre

La red vial cantonal con superficie de grava o lastre fue evaluada por medio de una adaptación de la metodología de evaluación visual *Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Gravel Roads* (Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison, 2002).

Se evalúa los deterioros y generalidades del camino, calificándolos en una escala cuantitativa que se asocia la condición de la superficie de ruedo como se describe a continuación:

- Se evalúa visualmente los deterioros de corona y bombeo, drenajes, ondulaciones, generación de polvo, huecos, roderas o ahuellamientos, agregado suelto, espesor de capa de agregado.
- Se califica cada deterioro del 5 (inexistente o muy leve) a 1 (severo y extenso).
- Se establece tramos con condición homogénea de acuerdo con la inspección visual.
- Se establece una condición general promedio para cada camino o tramo homogéneo.
- Se califica cada camino o tramo de 5 a 1 de acuerdo como se indica en la **Tabla 7**.



Tabla 7. Evaluación de la red vial con superficie de grava o lastre.

Calificación	Condición	Descripción general
5	Excelente	Construcción nueva o muy reciente.
4	Bueno	Camino reconformado recientemente.
3	Regular	Pérdida de corona, agregado suelto y huecos, puede requerir reconformación y relastrado.
2	Malo	Mucho agregado suelto, huecos, corrugaciones y deformación de calzada, velocidad <40 km/h.
1	Pésimo	El paso es difícil y la vía puede cerrarse en ocasiones.

Fuente: Adaptado de (Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison, 2002).

5.4.5 Caminos con superficie de tierra

Los caminos con superficie de tierra fueron evaluados por medio de inspección visual para clasificarlos en dos categorías, de acuerdo con las condiciones de transitabilidad existente como se describe en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Evaluación visual de la red vial con superficie de tierra.

Condición	Descripción general
Transitable	Camino con superficie de tierra que permite el tránsito de cualquier tipo de vehículo principalmente en época seca, pero puede presentar dificultades de tránsito en época lluviosa. Cuenta con poco material granular sin seleccionar o ningún material granular. Generalmente no cuenta con elementos de drenaje pluvial como cunetas o pasos de alcantarilla.
Intransitable	Camino con superficie de tierra que no permite el tránsito vehicular debido a su grave deterioro. Presenta alto grado de erosión, con surcos, cárcavas y deformaciones por la falta de material granular y drenajes pluviales.



6. Identificación y validación de la red vial del cantonal de Goicoechea

6.1 Validación de la red vial cantonal

La identificación y reconocimiento de la red vial pública del cantón de Goicoechea es indispensable para la respectiva gestión de activos viales, ya que únicamente sobre estos caminos será posible la asignación de recursos por parte del Estado para su intervención. Sin embargo, con el pasar del tiempo, esta red puede tener modificaciones, ya sea porque: es común que algunos caminos sean reconocidos popularmente como públicos, pero que estén debidamente inscritos en el Catastro como “servidumbres, calles privadas, u otros”, por lo que deben ser eliminados del inventario vial; o bien, nuevos caminos decretados como públicos por ser obra nueva, o en consecuencia a cambios en su entorno que les brindan una nueva e importante funcionalidad dentro del cantón.

Por tanto, con el propósito de reconocer la longitud de caminos a evaluar en el presente informe, y tomando como referencia el Inventario Vial existente, fue necesaria la digitalización georreferenciada de los caminos del cantón de Goicoechea mediante ortofotos oficiales emitidas entre los años 2014 y 2018 por el Instituto Geográfico Nacional, a una escala 1:1 000 para centros urbanos y 1:5 000 para zonas rurales; sin embargo, en aquellos casos en que la ortofoto presentaba nubosidad o poca claridad, fue necesario realizar giras de campo para completar el trazado del camino con un GPS de alta precisión. Lo anterior, permitió disponer de un trazado de todos los caminos existentes en el cantón.

Sin embargo, dado que esta digitalización podría incluir caminos privados, servidumbres u otros, fue necesario validar su carácter público de acuerdo con el conocimiento del personal de la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal (UTGVM) de Goicoechea.

De acuerdo con el oficio EIC-Lanamme-971-2021 denominado “*Entrega de la Red Vial Cantonal digitalizada del cantón de Goicoechea*” y enviado a la Municipalidad del día 05 de noviembre del año 2021, se identificó una red vial cantonal de 169,59 kilómetros de longitud total, distribuidos entre 171 códigos de caminos municipales debidamente inscritos ante la Secretaría de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Además, se digitalizaron 13 caminos (4,06 km) que se encuentran pendientes a inscribir en la próxima presentación del Inventario Vial, y 8 caminos (7,50 km) declarados y/o pendientes por declarar como rutas de travesía (éstas se dibujan, pero no se les incluye código de camino municipal). Es decir, en total la capa cartográfica de los caminos posee un total de 181,15 km de longitud.

Finalmente, la digitalización de red vial y su respectiva validación, permitieron disponer de una capa cartográfica georreferencia a línea centro de cada uno de los caminos del cantón, a través de la cual la gestión vial puede verse facilitada en la UTGVM mediante el uso de



un Sistema de Información Geográfica (SIG) que sirva como base de datos de consulta y constante actualización. Esta capa base de los caminos municipales fue completada con toda la información mostrada en este informe, por cuanto corresponde a un insumo valioso para su futura gestión, pues incluye datos de tránsito promedio diario, tipo de superficie, estado, jerarquía, longitud, distrito de origen, nombre del camino, entronque de inicio y fin, deterioros identificados, entre otros.

6.2 Longitud total y tipo de superficie de ruedo

La longitud total de la red vial cantonal y de travesía que se ha identificado y validado de acuerdo con lo indicado por el personal de la Municipalidad de Goicoechea es de 181,15 km que se distribuye en los siete distritos como lo indica la **Figura 10**. De acuerdo con esto, los dos distritos que más longitud de caminos presentan son Mata de Plátano con 39,81 km (22%) y Guadalupe con 35,49 km (20%), mientras que los distritos que menor longitud de red vial presentan son San Francisco con 5,89 km (3%) y Rancho Redondo con 16,73 km (9%).

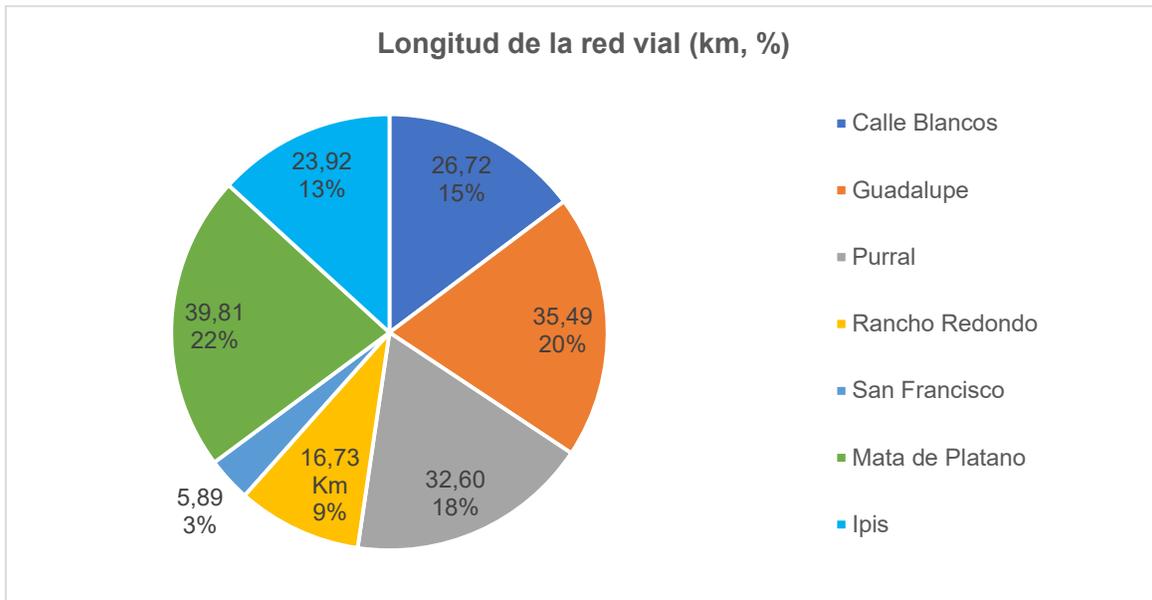


Figura 10. Distribución distrital de la RVC y de travesía de Goicoechea.

El cantón de Goicoechea cuenta con una red vial cantonal que presenta diferentes superficies de ruedo, desde pavimento de carpeta de mezcla asfáltica en caliente, adoquines de concreto, pavimento rígido de concreto, lastre y tierra. La distribución de kilómetros de la red vial cantonal y de travesía según el tipo de superficie se muestra en la Tabla 9 y en el gráfico de la Figura 11 (las vías de travesía corresponden a 7,5 km en mezcla



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 32

asfáltica). Además, se presenta los mapas por distrito del tipo de superficie de rueda desde la **Figura 12** hasta la **Figura 18**.

El distrito que presenta mayor longitud de red vial de mezcla asfáltica es Guadalupe con 34,95 km, mientras que el distrito con mayor extensión de red vial de concreto es Mata de Plátano con 7,66 km, donde también se encontró 89 m de pavimento de adoquín. Por otro lado, en el distrito de Rancho Redondo es donde se tiene la mayor longitud de caminos de lastre con 2,79 km y 8,74 km de tierra.

Adicionalmente, en la **Tabla 9** se indica una longitud de caminos “Sin acceso” ubicados en los distritos de Purral y Mata de Plátano, donde no fue posible realizar el reconocimiento del tipo de superficie de rueda y evaluación por condiciones de seguridad ciudadana y dificultad de acceso vehicular.

Tabla 9. Tipo de superficie de rueda RVC y travesía de Goicoechea según distrito (km).

Distrito	Mezcla asfáltica	Concreto	Adoquín	Lastre	Tierra	Sin acceso	Total
Calle Blancos	26,60	0,12	-	-	-	-	26,72
Guadalupe	34,95	0,52	-	-	0,02	-	35,49
Purral	28,57	0,97	-	-	0,23	2,83	32,60
Rancho Redondo	5,20	-	-	2,79	8,74	-	16,73
San Francisco	4,57	1,33	-	-	-	-	5,89
Mata de Plátano	25,52	7,66	0,89	1,93	3,11	0,69	39,81
Ipís	23,11	0,58	-	-	0,24	-	23,92
Total general	148,52	11,16	0,89	4,72	12,33	3,52	181,15



Figura 11. Distribución del tipo de superficie de rueda en la RVC y de travesía de Goicoechea.

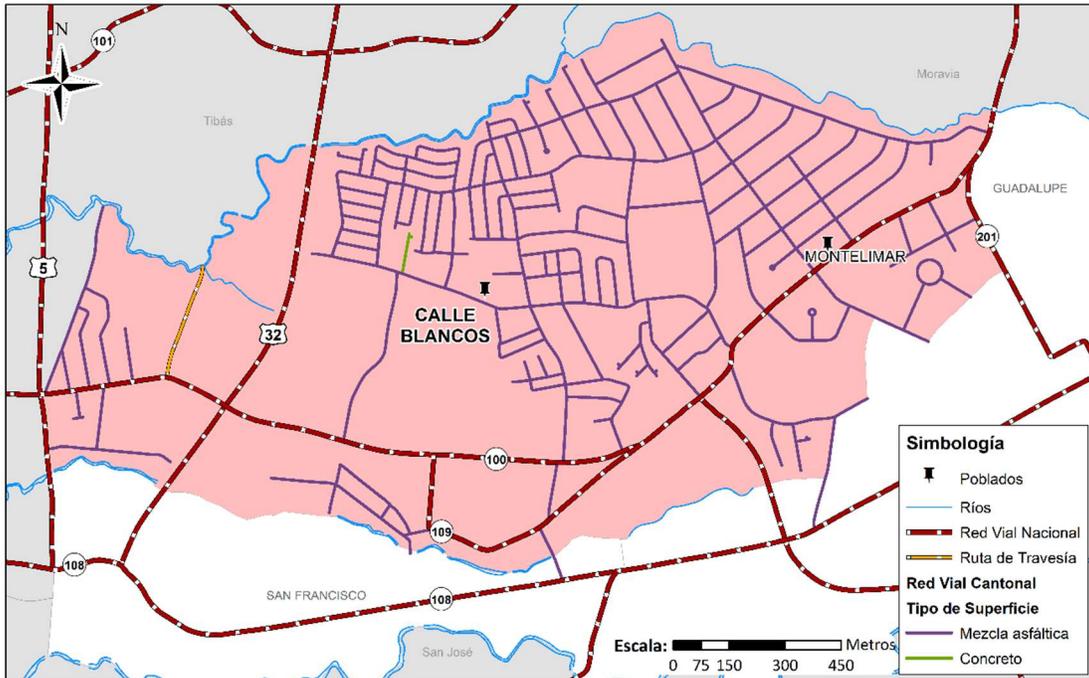


Figura 12. Tipo de superficie de ruede de la red vial del distrito de Calle Blancos.

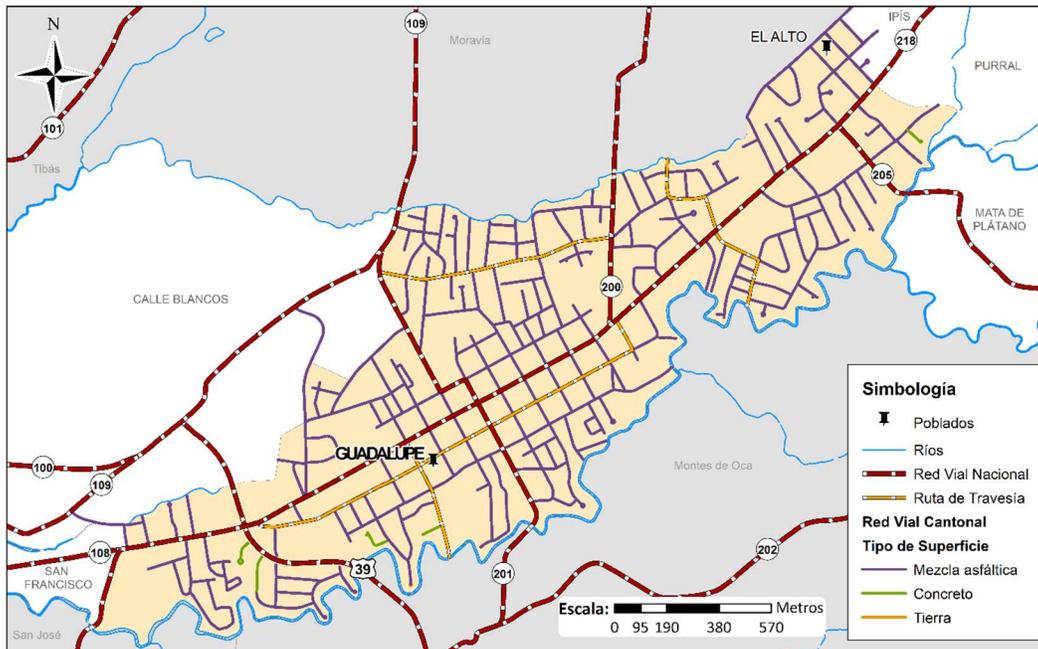


Figura 13. Tipo de superficie de ruede de la red vial del distrito de Guadalupe.

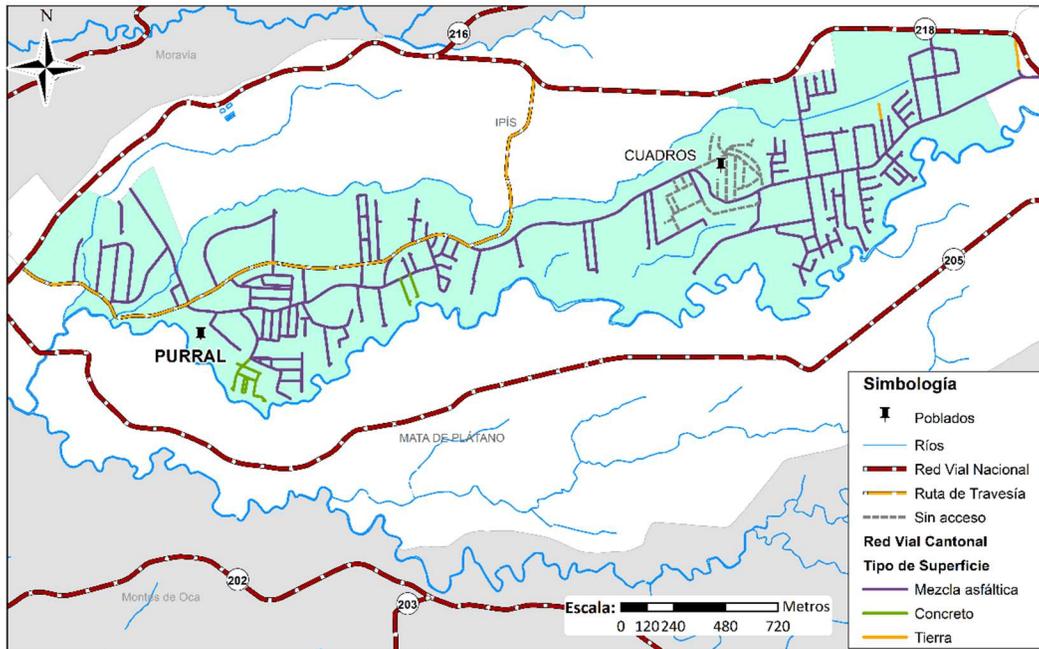


Figura 14. Tipo de superficie de rueda de la red vial del distrito de Purral.

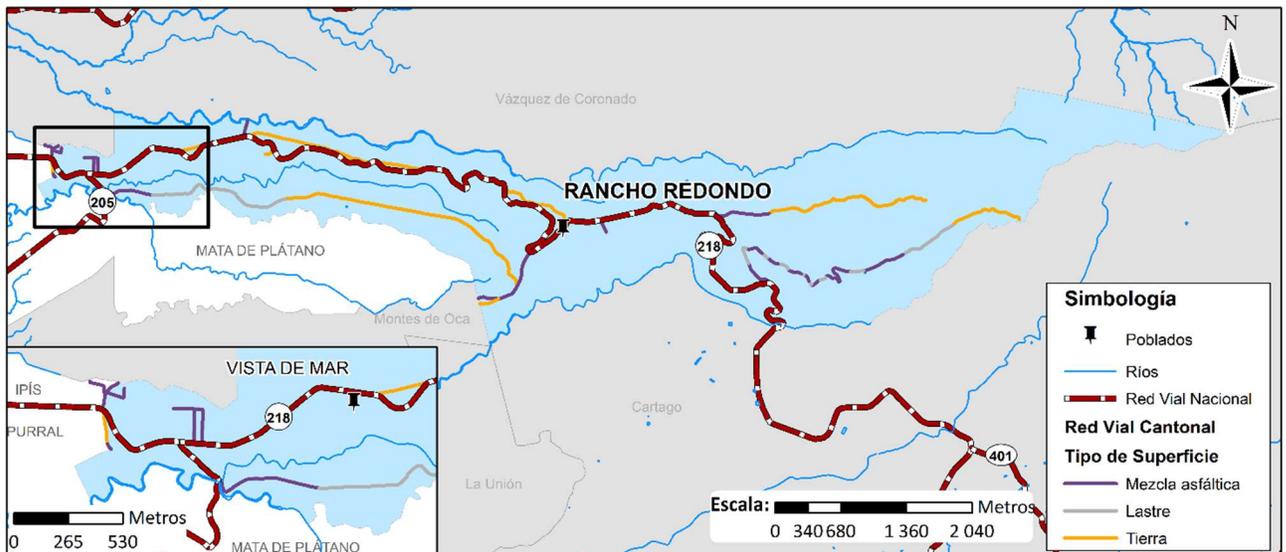


Figura 15. Tipo de superficie de rueda de la red vial del distrito de Rancho Redondo.



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 35

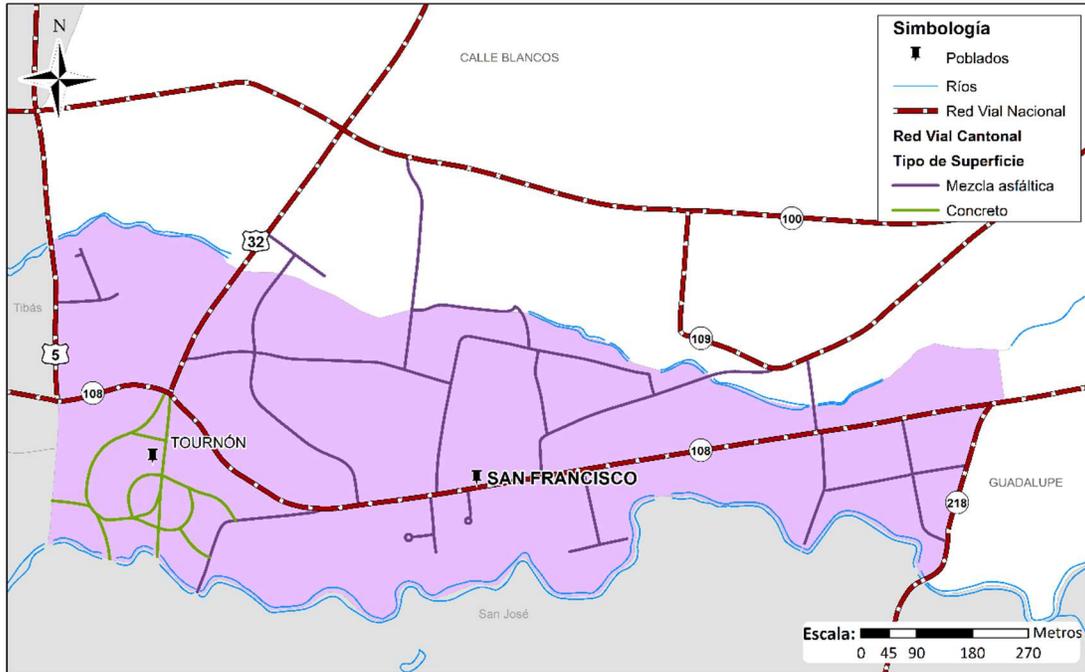


Figura 16. Tipo de superficie de rueda de la red vial del distrito de San Francisco.

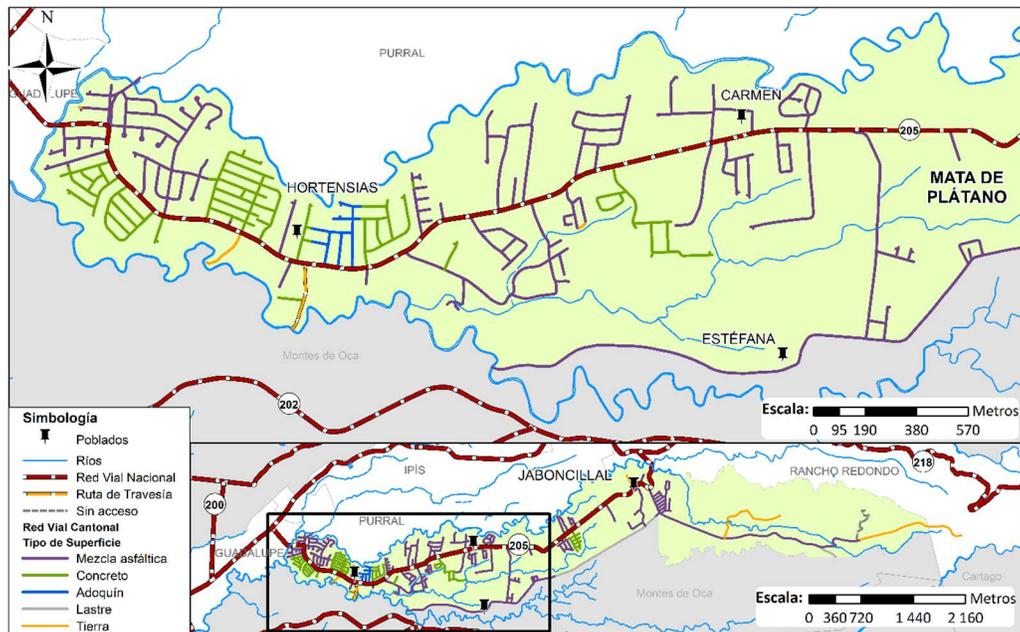


Figura 17. Tipo de superficie de rueda de la red vial del distrito de Mata de Plátano.

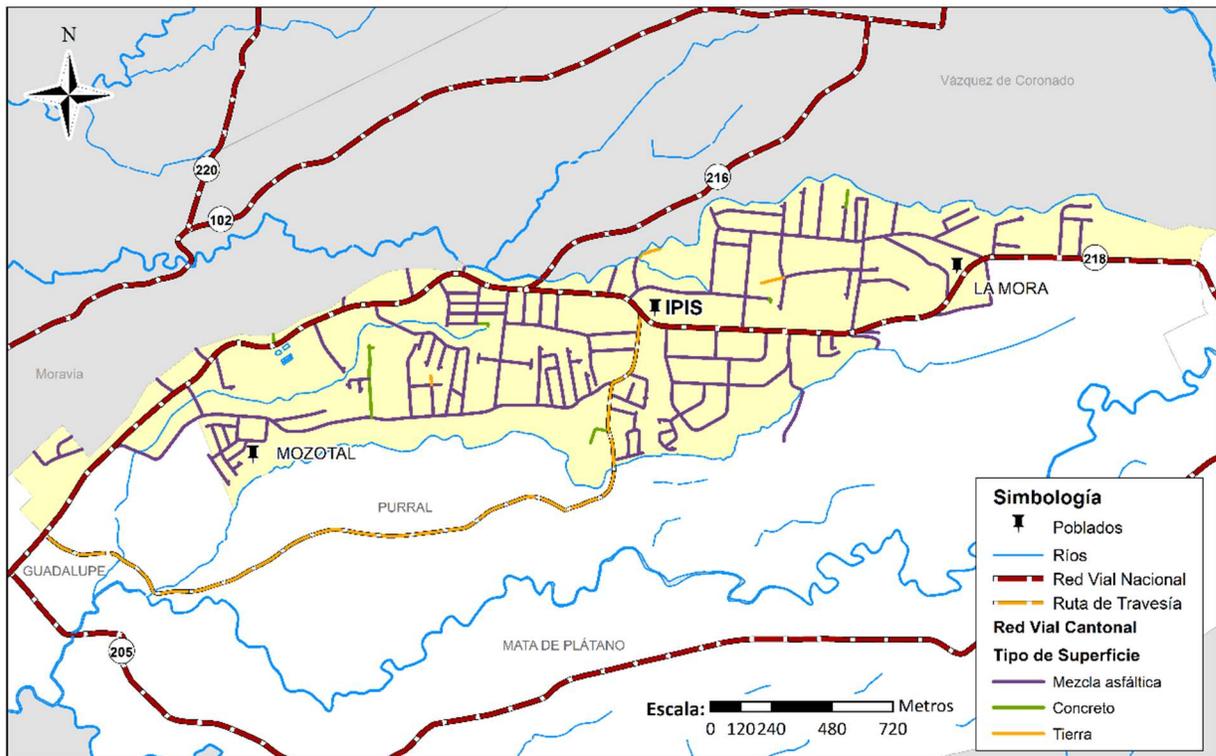


Figura 18. Tipo de superficie de ruede de la red vial del distrito de Ipís.

6.3 Análisis funcional y jerarquía de la red vial cantonal

Se realizó un análisis funcional en conjunto con los funcionarios de la Municipalidad de Goicoechea, en el cual se clasificó la red vial según su jerarquía en tres tipos de rutas: primaria, secundaria y terciaria, como se muestra en la **Tabla 10** y en los mapas de la **Figura 20** a la **Figura 26**; los 7,5 km correspondientes a los caminos de travesía se excluyen de estas categorías. De acuerdo con esto, el distrito de Guadalupe es el que mayor longitud de red vial primaria tiene con 10,15 km, Calle Blancos es el distrito con mayor longitud de red vial secundaria con 8,33 km y Purral es el distrito con mayor longitud de red vial terciaria con 21,82 km. Además, se especificó la longitud de la red vial de Travesía para los cuatro distritos de Calle Blancos, Guadalupe, Purral y Mata de Plátano.

Por otro lado, se presenta en **Figura 19** el gráfico de distribución porcentual general de la jerarquía vial, en el cual se puede apreciar que la mayor parte de la red vial cantonal de Goicoechea corresponde a caminos terciarios, con 122,65 km (71%), mientras que se tienen 20,89 km (12%) de rutas secundarias y 30,10 km (17%) de rutas primarias.



Tabla 10. Clasificación funcional de la RVC de Goicoechea (km).

Distrito	Primaria	Secundaria	Terciaria	Travesía	Total
Calle Blancos	5,26	8,33	12,81	0,32	26,72
Guadalupe	10,15	4,33	17,28	3,73	35,49
Purrál	4,65	2,94	21,82	3,20	32,60
Rancho Redondo	0,16	-	16,56	-	16,73
San Francisco	2,91	2,23	0,75	-	5,89
Mata de Plátano	1,07	1,05	37,43	0,25	39,81
Ipís	5,89	2,02	16,01	-	23,92
Total general	30,10	20,89	122,65	7,50	181,15

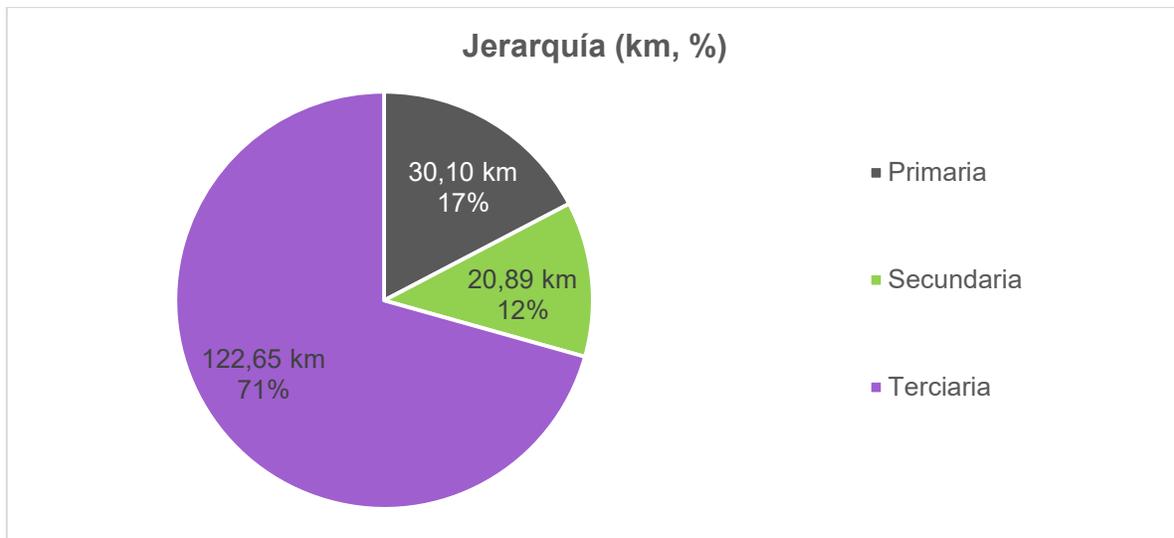


Figura 19. Distribución porcentual de la clasificación funcional en la RVC de Goicoechea.



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 38

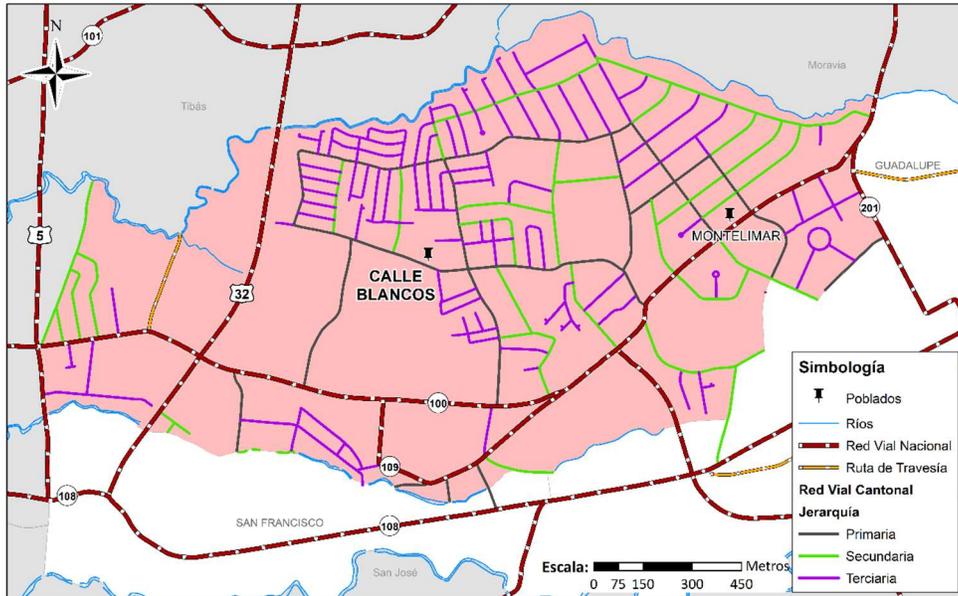


Figura 20. Clasificación funcional de la red vial del distrito de Calle Blancos.

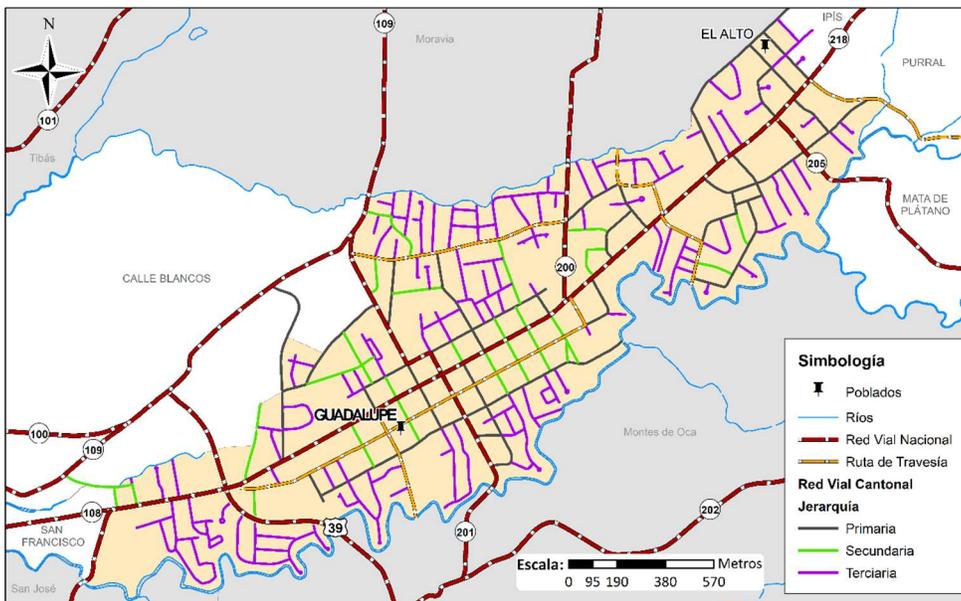


Figura 21. Clasificación funcional de la red vial del distrito de Guadalupe.

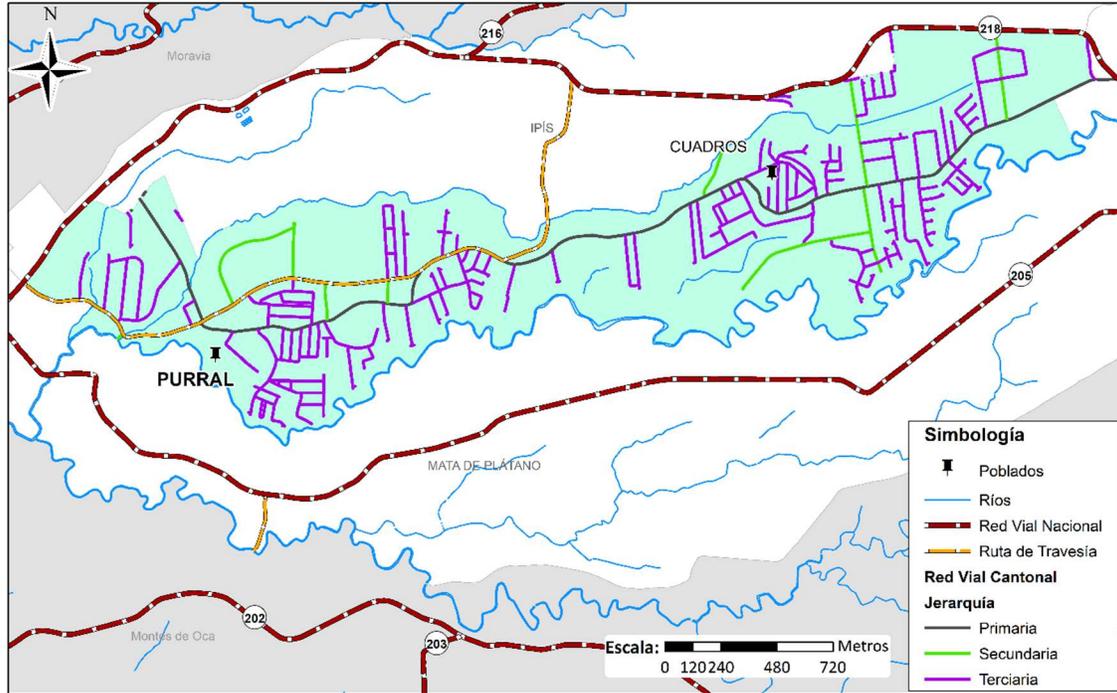


Figura 22. Clasificación funcional de la red vial del distrito de Purral.

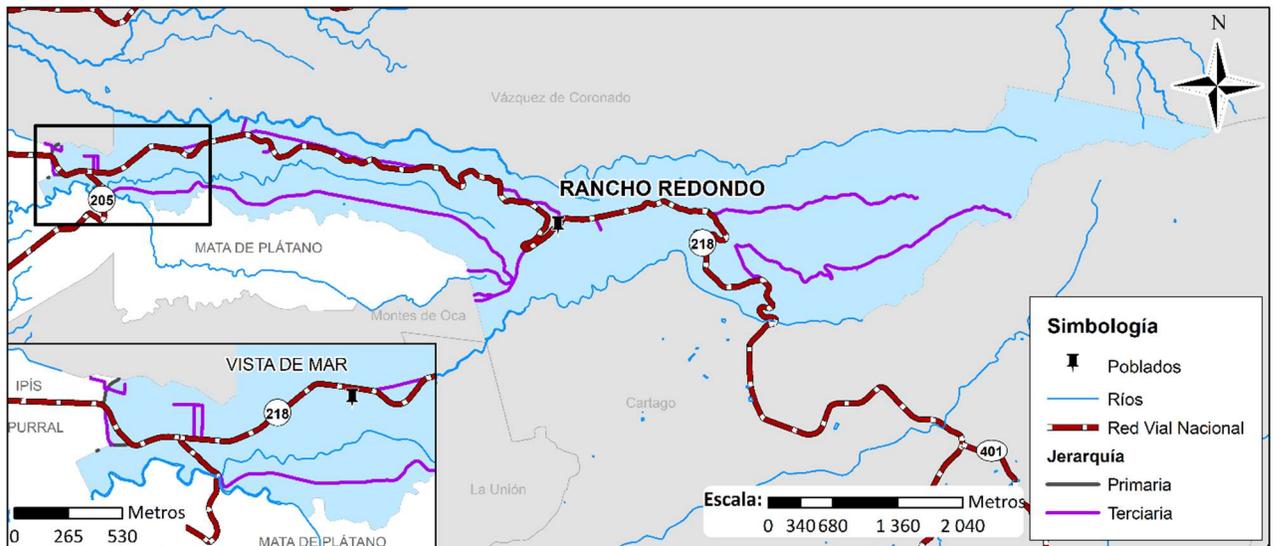


Figura 23. Clasificación funcional de la red vial del distrito de Rancho Redondo.

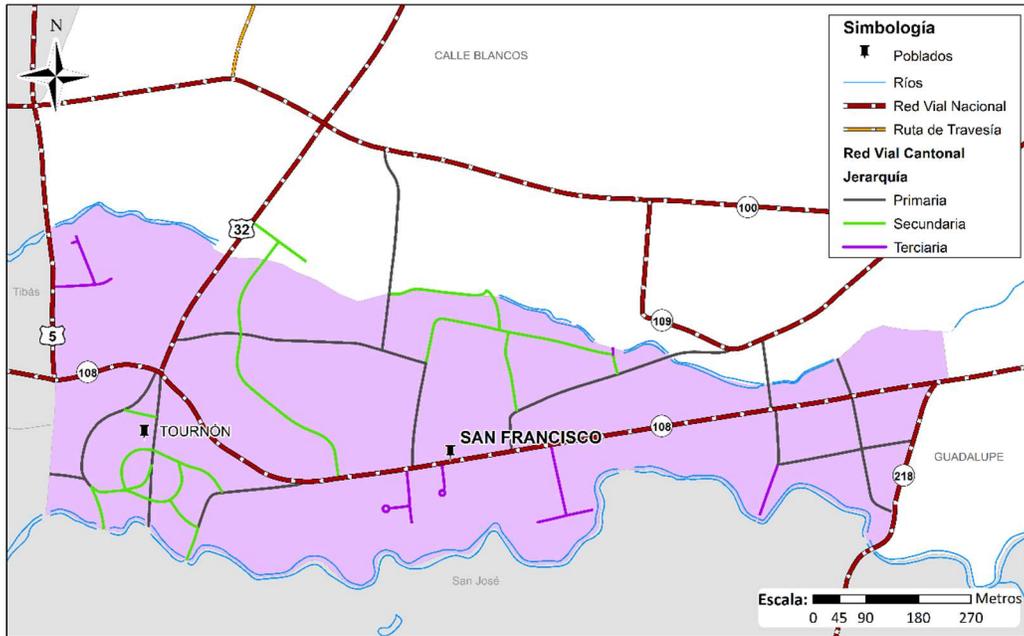


Figura 24. Clasificación funcional de la red vial del distrito de San Francisco.

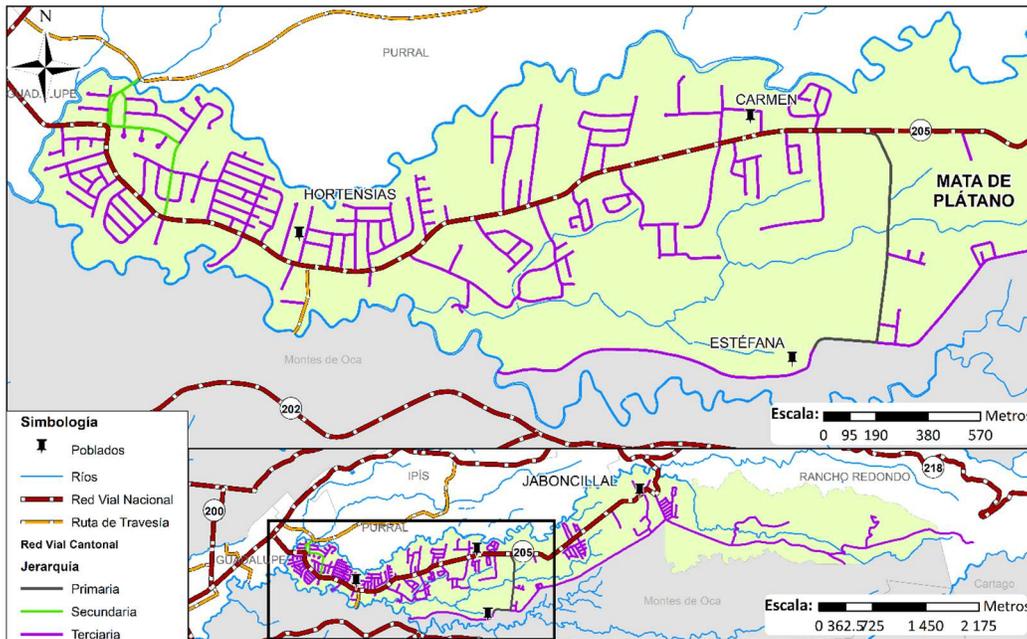


Figura 25. Clasificación funcional de la red vial del distrito de Mata de Plátano.

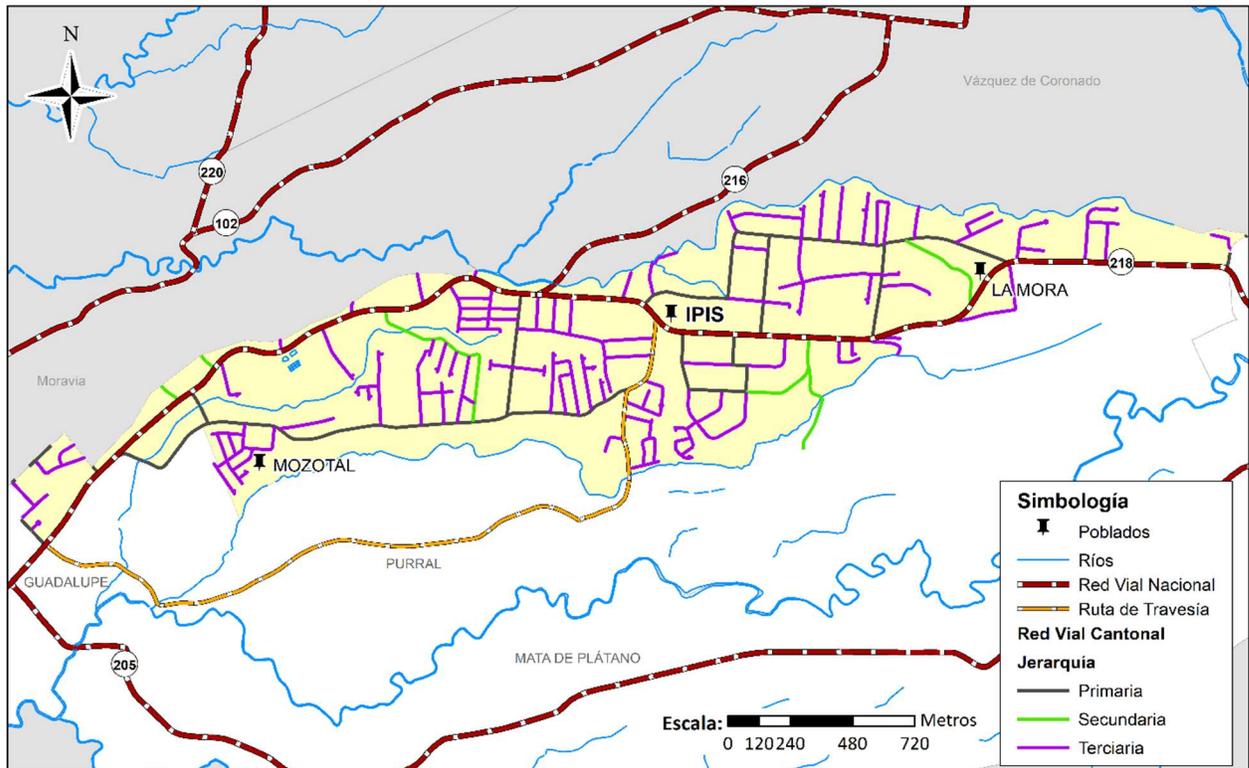


Figura 26. Clasificación funcional de la red vial del distrito de Ipís.

7. Resultados de los conteos vehiculares

Se realizó un total de 64 conteos vehiculares entre los años 2019 y 2020 en la red vial cantonal de Goicoechea, para lo cual se utilizó equipo neumático en rutas de la red vial cantonal asfaltada en todos los casos. Se estimó el Tránsito Promedio Diario (TPD), porcentaje de vehículos pesados (% pesados) y cargas vehiculares en Ejes Equivalentes (ESAL) proyectados a 10, 15 y 20 años, con la metodología AASHTO 93, y los factores camión asociados a nivel nacional, considerando un 4% de crecimiento anual del tránsito, lo cual se muestra en el resumen de la Tabla 11. Además, la tabla completa de datos sobre los conteos vehiculares se adjunta en el Anexo 1. La ubicación de cada conteo se muestra en los mapas de cada distrito que van desde la Figura 27 hasta la Figura 32.

Por otro lado, en la **Tabla 12**, **Figura 33** y **Figura 34** se muestra las estadísticas sobre el TPD y % de pesados en cuanto a datos mínimos, promedio y máximos identificados en los conteos vehiculares realizados en el cantón.



Tabla 11. Resultados de TPD, % de pesados y ESAL para los conteos realizados en Goicoechea.

#	Distrito	Código camino	TPD	% pesados	ESAL 10 años	ESAL 15 años	ESAL 20 años
1	San Francisco	1-08-156	2942	4,96	243104	405444	602956
2	San Francisco	1-08-156	5623	9,50	1685307	2810727	4179973
3	San Francisco	1-08-155	5243	4,73	697385	1163087	1729685
4	Calle Blancos	1-08-161	8135	6,22	1209192	2016671	2999092
5	San Francisco	1-08-158	6956	6,51	1306392	2178779	3240171
6	Calle Blancos	1-08-001	1955	2,92	86102	143599	213553
7	Calle Blancos	1-08-163	2374	3,79	126869	211589	314665
8	Calle Blancos	1-08-001	3657	4,70	332827	555083	825491
9	Calle Blancos	1-08-001	1976	3,44	71560	119346	177486
10	Calle Blancos	1-08-161	1076	7,49	1657060	2763617	4109913
11	Calle Blancos	1-08-162	2809	10,15	839053	1399359	2081056
12	Calle Blancos	1-08-001	4434	6,16	583389	972966	1446946
13	Calle Blancos	1-08-038	5735	6,43	883324	1473194	2190860
14	Calle Blancos	1-08-001	693	2,45	9993	16666	24785
15	Guadalupe	1-08-014	8679	6,37	1611924	2688340	3997965
16	Guadalupe	1-08-172	1289	6,18	3153348	5259101	7821073
17	Guadalupe	1-08-016	4314	3,62	244561	407875	606572
18	Guadalupe	1-08-168	7170	6,01	1127129	1879807	2795556
19	Guadalupe	1-08-039	8681	3,39	1473753	2457901	3655268
20	Guadalupe	1-08-012	2046	5,47	112254	187216	278418
21	Guadalupe	1-08-012	1067	5,57	2009487	3351390	4984019
22	Guadalupe	1-08-025	4171	5,61	557772	930243	1383411
23	Guadalupe	1-08-041	2787	4,16	139319	232354	345545
24	Guadalupe	1-08-042	5414	4,75	336975	562001	835780
25	Guadalupe	1-08-029	2172	3,41	84444	140834	209442
26	Mata de Plátano	1-08-048	7378	5,96	777406	1296544	1928156
27	Mata de Plátano	1-08-061	3678	7,78	827601	1380260	2052654
28	Mata de Plátano	1-08-061	7926	8,67	1385481	2310682	3436331
29	Mata de Plátano	1-08-079	1413	4,25	87374	145721	216709
30	Mata de Plátano	1-08-046	9756	6,58	1384625	2309254	3434208
31	Ipís	1-08-122	4424	4,43	322331	537579	799460



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 43

#	Distrito	Código camino	TPD	% pesados	ESAL 10 años	ESAL 15 años	ESAL 20 años
32	Guadalupe	1-08-042	816	3,06	15912	26538	39465
33	Guadalupe	1-08-041	4584	5,82	462561	771451	1147264
34	Guadalupe	1-08-022	3520	4,46	308716	514871	765691
35	Guadalupe	1-08-021	6392	3,97	579778	966945	1437992
36	Ipís	1-08-126	5976	7,81	1204055	2008103	2986351
37	Ipís	1-08-124	3157	13,43	1084163	1808150	2688990
38	Ipís	1-08-129	3219	2,86	195263	325657	484301
39	Ipís	1-08-123	5374	7,76	808119	1347768	2004334
40	Purrál	1-08-085	7182	12,57	2251669	3755296	5584688
41	Purrál	1-08-085	5182	7,97	1031850	1720903	2559241
42	Purrál	1-08-086	4009	7,91	725821	1210512	1800213
43	Purrál	1-08-087	4411	8,16	394081	657241	977416
44	Purrál	1-08-125	981	3,98	33035	55096	81936
45	Purrál	1-08-088	6258	3,16	461988	770496	1145844
46	Purrál	1-08-089	1357	2,65	33697	56199	83577
47	Calle Blancos	1-08-166	2353	9,35	678752	1132011	1683470
48	Calle Blancos	1-08-001	727	3,03	3066	5113	7603
49	Calle Blancos	1-08-163	2261	8,01	458639	764911	1137537
50	Calle Blancos	1-08-023	2527	8,59	130221	217180	322979
51	Guadalupe	1-08-024	4330	5,06	599012	999023	1485697
52	Guadalupe	1-08-025	4748	6,26	245471	409392	608828
53	Guadalupe	1-08-031	2615	6,46	238415	397624	591327
54	Guadalupe	1-08-015	2798	3,32	74414	124106	184565
55	Guadalupe	1-08-026	2379	3,36	113562	189397	281662
56	Guadalupe	1-08-039	1173	4,69	83336	138987	206694
57	Guadalupe	1-08-039	2737	3,18	251091	418765	622766
58	Guadalupe	1-08-042	496	2,82	3910	6520	9697
59	Ipís	1-08-148	6530	4,38	713597	1190125	1769894
60	Ipís	1-08-148	4736	6,61	262446	437703	650930
61	Ipís	1-08-135	1048	2,67	10047	16757	24920
62	Ipís	1-08-123	5221	5,57	549369	916228	1362569
63	Ipís	1-08-146	1098	3,56	1233241	2056779	3058740
64	San Francisco	1-08-152	5185	2,91	225374	375876	558984

EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 44

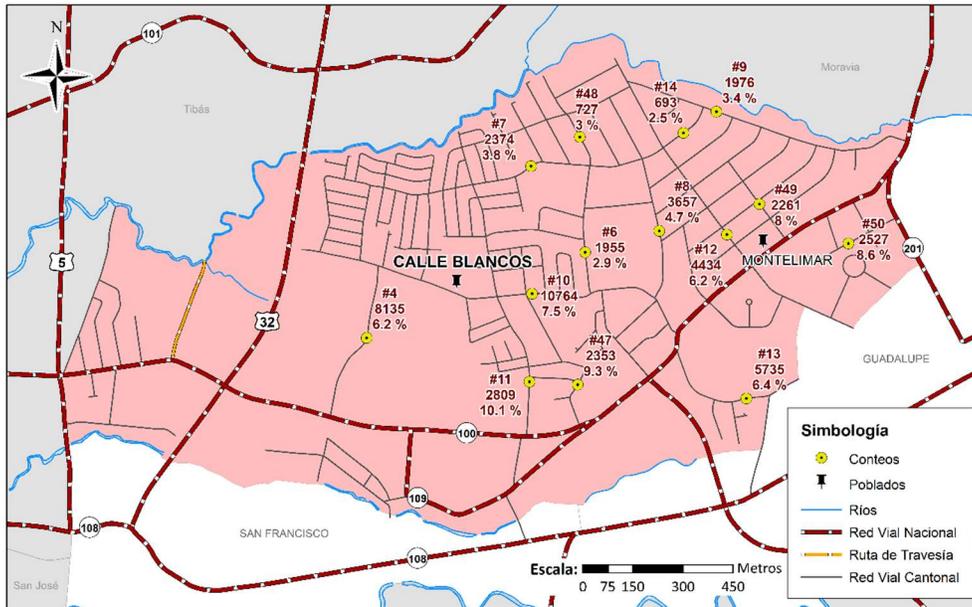


Figura 27. Ubicación de los conteos vehiculares realizados en la red vial del distrito de Calle Blancos.

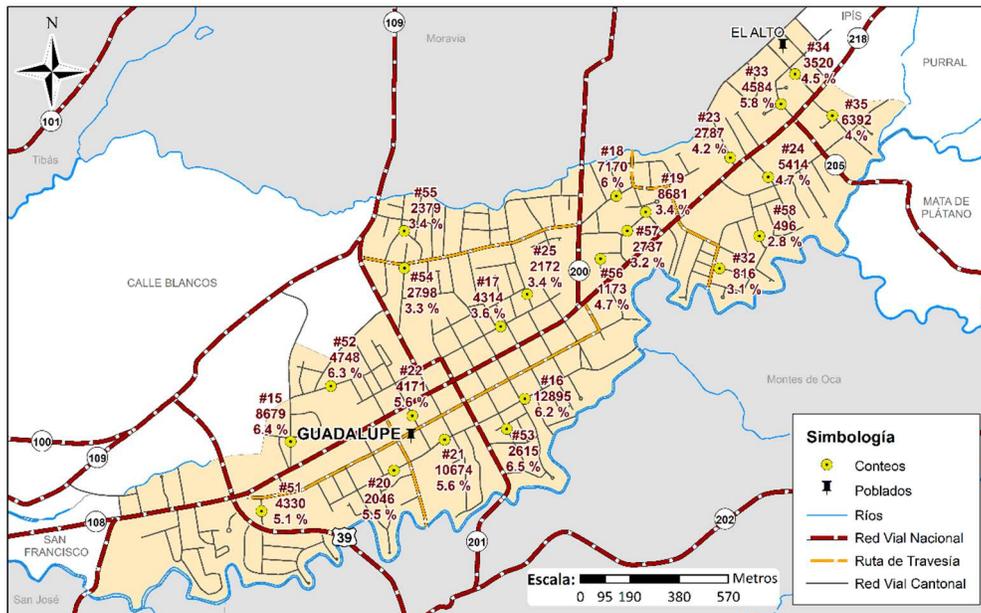


Figura 28. Ubicación de los conteos vehiculares realizados en la red vial del distrito de Guadalupe.



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 45

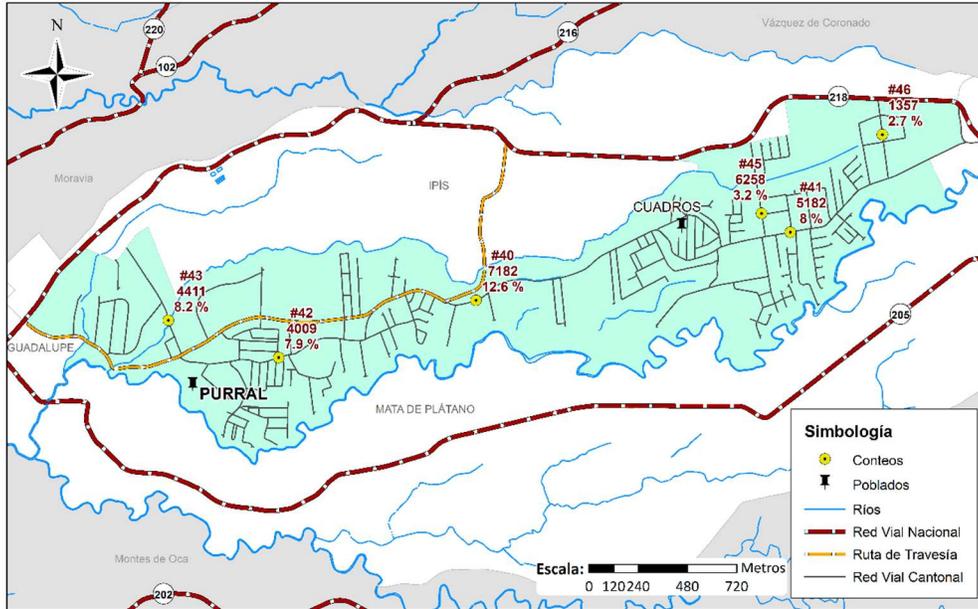


Figura 29. Ubicación de los conteos vehiculares realizados en la red vial del distrito de Purral.

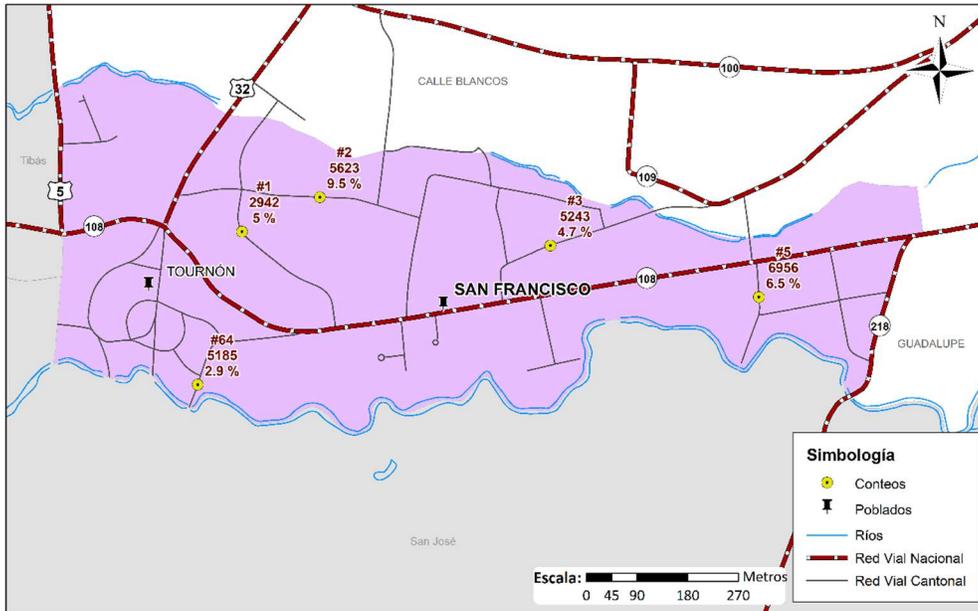


Figura 30. Ubicación de los conteos vehiculares realizados en la red vial del distrito de San Francisco.

EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 46

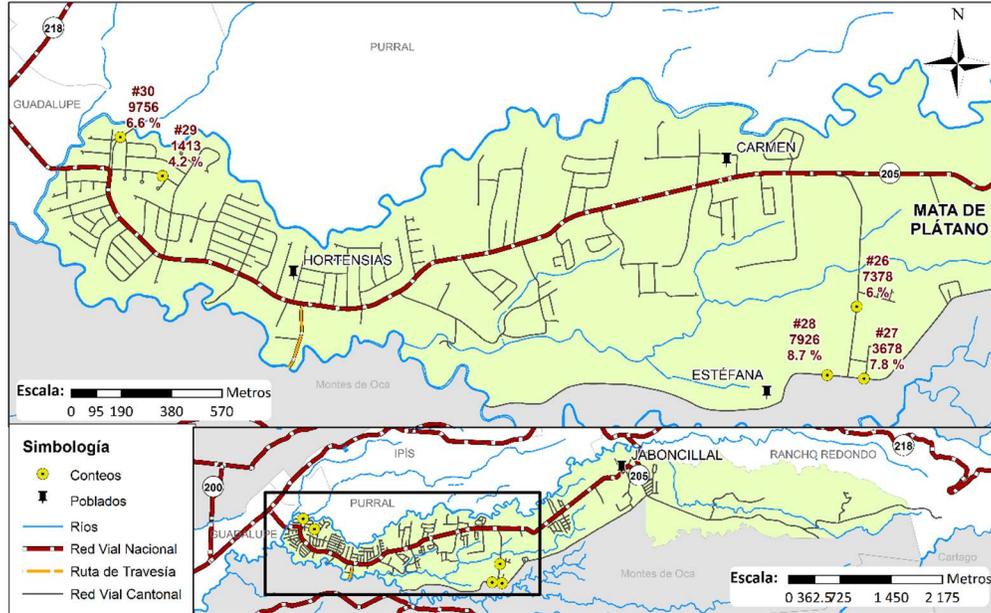


Figura 31. Ubicación de los conteos vehiculares realizados en la red vial del distrito de Mata de Plátano.

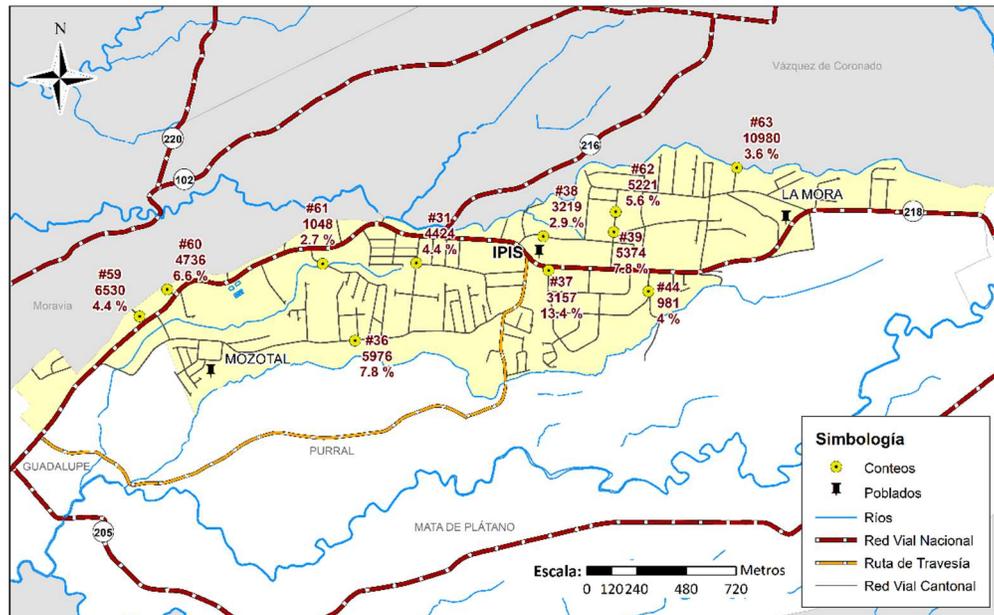


Figura 32. Ubicación de los conteos vehiculares realizados en la red vial del distrito de Ipís.



Tabla 12. Resumen de datos de TPD y % de pesados por distrito.

Distrito	TPD			% pesados		
	mínimo	promedio	máximo	mínimo	Promedio	máximo
Calle Blancos	693	3251	10764	2,45	5,88	10,15
Guadalupe	496	4591	12895	2,82	4,65	6,46
Purrál	981	4197	7182	2,65	6,63	12,57
San Francisco	2942	5190	6956	2,91	5,72	9,50
Mata de Plátano	1413	6030	9756	4,25	6,65	8,67
Ipís	1048	5067	10980	2,67	5,91	13,43

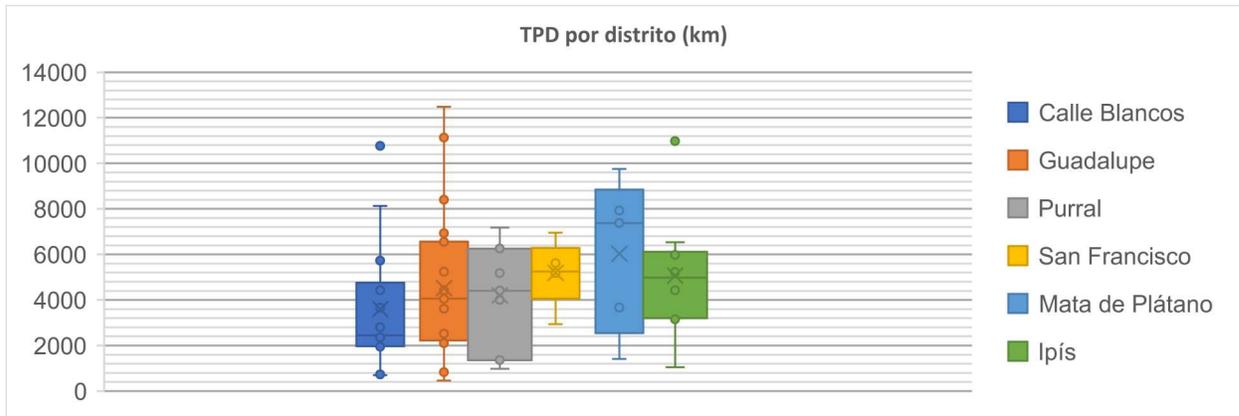


Figura 33. Estadísticas de TPD por distrito.

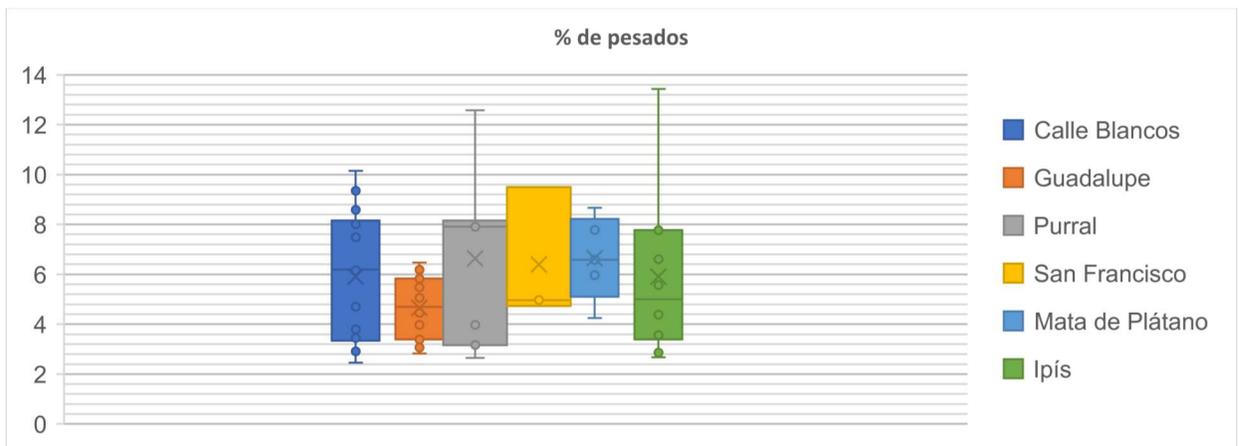


Figura 34. Estadísticas de porcentaje de vehículos pesados por distrito.



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 48

Se puede observar en la Tabla 12 y **Figura 33**, que le mayoría de datos de TPD del cantón se concentran entre los valores de 1357 y 8841 vehículos/día. Además, se observa que en el distrito de Guadalupe es donde se tiene mayor dispersión de datos, pues se midió valores de TPD desde un mínimo de 496 vehículos/día, hasta 12895 vehículos/día como valor máximo de todo el cantón. Así mismo, el mayor volumen vehicular se presenta en los distritos de Guadalupe, San Francisco y Mata de Plátano con TPD promedio de 4591, 5190 y 6030 vehículos/día respectivamente. Por otro lado, en los distritos de Calle Blancos y Purral se identifican los menores valores de TPD promedio, con valores de 3251 y 4197 vehículos/día respectivamente. Lo anterior se puede asociar a la densidad comercial e industrial de los primeros distritos, en comparación con distritos como Purral que corresponde en su mayoría a zonas de residencia donde el tránsito es más bajo generalmente.

En cuanto al porcentaje de vehículos pesados, en la **Tabla 12** y **Figura 34**, se observa que la mayoría de los datos se encuentran entre 3,16% y 9,50%. Además, los distritos que presentan mayores valores promedio son Mata de Plátano y Purral, con 6,65% y 6,63% respectivamente. Sin embargo, los valores extremos máximos de porcentaje de pesados, se observan en los distritos de Ipís y Purral con 13,43% y 12,57%, respectivamente; mientras que en Guadalupe y Calle Blancos se presentan los valores extremos mínimos con 4,65% y 5,88%, respectivamente. Lo anterior puede asociarse a que en Guadalupe es un centro urbano comercial y habitacional, mientras que los distritos de Purral, San Francisco e Ipís tienen mayor actividad industrial.

8. Resultados de los sondeos

Se realizó un total de 31 sondeos en el cantón de Goicoechea para evaluar y medir los espesores de las capas del pavimento existente, tomar muestras para caracterización de laboratorio y medir CBR en sitio con el DCP y en laboratorio, lo cual se documentó por medio de los formularios que se adjuntan en el Anexo 2. Además, en los mapas por distrito de la Figura 35 a la Figura 40 se muestra la ubicación de cada sondeo realizado.

8.1 Espesores de estructura de pavimento existente

En la **Tabla 13** se presenta un resumen de los espesores de cada capa de la estructura de pavimento existente que se identificó en los sondeos a cielo abierto realizados en todos los distritos con excepción de Rancho Redondo.

Se puede apreciar la existencia de sobrecapa de mezcla asfáltica en caliente (SCA) con espesor variable entre 3 y 8 cm, en 12 de los 31 sondeos realizados. Por otro lado, en los 19 sondeos restantes, donde no se identificó SCA, el espesor de carpeta asfáltica (CA) varía entre 2 y 9 cm, con ocho sitios donde se tiene espesor menor o igual a 5 cm. Lo anterior evidencia las acciones de conservación vial que se han realizado en los últimos



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 49

años con la colocación de SCA y la necesidad de continuar reforzando las estructuras de pavimento en los sitios requeridos.

En cuanto a las capas de apoyo de la estructura de pavimento existente, se identificó principalmente una o dos capas de material de relleno granular (MR-1 y/o MR-2). La capa de MR-1 se identificó en los 31 sondeos con espesor variable entre 7 y 55 cm, pero con 20 cm como espesor más frecuente que se presenta en siete sondeos. Por otro lado, la capa de MR-2 se identificó en seis de los 31 sondeos, con espesor variable entre 20 y 32 cm. Adicionalmente, se identificó una capa de base estabilizada con cemento (BE) con espesor entre 5 y 15 cm, en tres de los 31 sondeos realizados.

En cuanto a los distritos y sus estructuras de pavimento, en Ipís es donde se identificó mayor espesor promedio de la CA existente, con 8 cm en cinco de los siete sondeos realizados. En los dos sondeos restantes se identificó SCA también de 8 cm de espesor. En cuanto a las capas granulares, se tiene MR-1 con espesor entre 15 y 55 cm en todos los sondeos y MR-2 entre 20 y 30 cm en dos de los sitios donde se realizó sondeos.

En el distrito de Mata de Plátano, se tiene SCA en dos de los cuatro sondeos realizados con espesor entre 2,5 y 4 cm. Mientras que la CA se observó con espesor entre 5 y 8 cm. En cuanto a las capas granulares, se identificó MR-1 con espesor entre 12 y 40 cm y en ninguno de los sondeos realizados se observó capa MR-2.

En el distrito de Purral se identificó la existencia de sobrecapas de mezcla asfáltica en todos los sondeos realizados, posiblemente debido a la existencia de capas antiguas de mezcla asfáltica (CA) de bajo espesor entre 3 y 4 cm. El espesor de la capa MR-1 varía entre 10 y 25 cm y se identificó la existencia de la capa MR-2 con 30 cm de espesor, solamente en el sondeo 14.

En el distrito de San Francisco solamente se realizó tres sondeos, donde se identificó un sitio con SCA de 10 cm de espesor y la CA varía entre 6 y 9 cm de espesor. En este caso se encontró BE en dos de los sondeos realizados, con espesor variable entre 5 y 10 cm, en los sondeos 17 y 31, respectivamente. La capa de relleno granular MR-1 se identificó en todos los sondeos, con espesor entre 15 y 25 cm. Además, se encontró una capa MR-2, solamente en el sondeo 16 con espesor de 20 cm.

En Guadalupe se realizaron ocho sondeos, de los cuales se encontró SCA en dos sitios, con espesor entre 6 y 7 cm, mientras que se identificó CA con espesor variable entre 5 y 10 cm. Solamente se encontró BE en el sondeo 20, con 15 cm de espesor, mientras que la capa MR-1 presenta espesor variable entre 7 y 50 cm, junto con dos sitios donde se encontró capa MR-2 con espesor de 32 cm.

Finalmente, en el distrito de Calle Blancos se encontró SCA solamente en el sondeo 27 con espesor de 3 cm, mientras que el espesor de la capa CA varía entre 3 y 10 cm. Por otro



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 50

lado, se tiene capa MR-1 con espesor de entre 15 y 30 cm y no se identificó BE ni capa MR-2 en los cinco sondeos realizados.

Tabla 13. Resumen de espesores de capa identificados en los sondeos.

Sondeo	Distrito	Código de camino	Espesor de capas identificadas (cm)				
			SCA	CA	BE	MR-1	MR-2
1	Ipís	1-08-129	-	8	-	20	20
2	Ipís	1-08-129	-	8	-	20	30
3	Ipís	1-08-124	8	10	-	15	-
4	Ipís	1-08-122	-	8	-	55	-
5	Ipís	1-08-126	-	8	-	20	-
6	Ipís	1-08-135	-	8	-	28	-
7	Ipís	1-08-126	8	4	-	40	-
8	Mata de Plátano	1-08-044	-	5	-	40	-
9	Mata de Plátano	1-08-079	4	5	-	35	-
10	Mata de Plátano	1-08-067	-	8	-	35	-
11	Mata de Plátano	1-08-061	2,5	7,5	-	12	-
12	Purrál	1-08-087	8	4	-	25	-
13	Purrál	1-08-089	5	3	-	25	-
14	Purrál	1-08-088	5	4	-	10	30
15	Purrál	1-08-085	6	3	-	20	-
16	San Francisco	1-08-155	-	7	-	25	20
17	San Francisco	1-08-158	10	6	5	15	-
18	Guadalupe	1-08-016	7	10	-	15	-
19	Guadalupe	1-08-041	-	3	-	15	-
20	Guadalupe	1-08-041	6	4	15	20	-
21	Guadalupe	1-08-042	-	3	-	50	-
22	Guadalupe	1-08-039	-	3	-	12	32
23	Guadalupe	1-08-031	-	7	-	25	-
24	Guadalupe	1-08-033	-	7	-	18	32
25	Guadalupe	1-08-036	-	2	-	7	-
26	Calle Blancos	1-08-038	-	5	-	20	-
27	Calle Blancos	1-08-023	3	7	-	15	-
28	Calle Blancos	1-08-001	-	4	-	30	-
29	Calle Blancos	1-08-166	-	10	-	30	-
30	Calle Blancos	1-08-001	-	3	-	20	-
31	San Francisco	1-08-156	-	9	10	25	-

Abreviaturas de capas:

SCA= sobrecapa de mezcla asfáltica en caliente, CA=carpeta de mezcla asfáltica en caliente, BE=base estabilizada con cemento, MR-1= primera capa de material granular de relleno, MR-2= segunda capa de material granular de relleno



8.2 Caracterización del material de relleno

Durante la excavación de los sondeos se recolectó 17 muestras de material de relleno (MR-1) y una muestra de material de relleno (MR-2), para ser caracterizadas en el laboratorio con ensayos de análisis granulométrico, Límites de Atterberg y en algunos casos se realizaron ensayos de relación humedad-densidad (Proctor Estándar o Modificado) y CBR de laboratorio, cuyos resultados se muestran en la tabla del Anexo 3 y los informes de laboratorio adjuntos en el Anexo 5.

En la **Tabla 14** se presenta el resumen de resultados de caracterización del material de relleno por el Sistema Unificado de Suelos (SUCS) y AASHTO. De forma general, se puede observar que los materiales de relleno del cantón de Goicoechea corresponden a gravas y arenas limosas o arcillosas que se clasifican como GM, GC y SM en el sistema SUCS y como A-1-a, A-1-b, A-2-4 y A-2-6 en el sistema AASHTO. Estos tipos de material son catalogados como buena fundación o apoyo de estructuras de pavimento. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que posiblemente, se ha dado migración de finos desde el suelo hacia las capas granulares de relleno, durante los años de servicio de los pavimentos existentes, lo cual puede reducir su capacidad de drenaje y soporte. Por otro lado, se identificó que en el sondeo 17 del distrito de San Francisco, el material de relleno corresponde a una arena limosa con grava (SM), clasificada como A-7-6 en el sistema AASHTO, el cual es un material contaminado con suelo, que se considera malo o pobre como apoyo de una estructura de pavimento.

En cuanto a los distritos, se identifica que en Ipís el material de relleno corresponde a grava limosa o arcillosa (GM o GC) en cuatro de las seis muestras tomadas en los sondeos. Los otros dos casos corresponden a los sondeos 6 y 7 donde se encontró material de relleno de arena limosa con grava. En el distrito de Mata de Plátano se tiene que el material de relleno corresponde arena limosa con grava (SM) en las dos muestras tomadas en los sondeos 9 y 10. De forma similar, en las muestras de material de relleno tomadas en los distritos de Purral, San Francisco, Guadalupe y Calle Blancos se identifica arena y grava limosa (SM o GM).

Se debe resaltar que 14 de las 20 muestras corresponden a material No Plástico (NP), mientras que solamente dos de las muestras resultaron con Índice de Plasticidad (IP) mayor a 10, específicamente en los sondeos 3 y 17, de los distritos de Ipís y San Francisco, respectivamente. Además, se realizó el ensayo de CBR de laboratorio para tres muestras de material de relleno, cuyos resultados fueron de 33,9%, 65,8% y 60,72%, para los sondeos 7, 16 y 21, de los distritos de Ipís, San Francisco y Guadalupe, respectivamente. Estos resultados confirman que los materiales de relleno pueden funcionar como buena capa de apoyo para las estructuras de pavimento existente. El detalle sobre lo anterior se puede observar en la tabla del Anexo 3.



Tabla 14. Resumen de caracterización del material de relleno.

Sondeo	Distrito	Capa	Informe Laboratorio	# muestra	Clasificación SUCS	Descripción SUCS	Clasificación AASHTO
1	Ipís	MR-1	I-1229-19 / I-1120-19	496-19	GW-GM	Grava bien gradada con	A-1-a
2	Ipís	MR-1	I-1229-19 / I-1120-19	498-19	GM	Grava limosa con	A-1-b
3	Ipís	MR-1	I-1229-19	500-19	GC	Grava arcillosa	A-2-6 (0)
4	Ipís	MR-1	I-1229-19 / I-1120-19	502-19	GC-GM	Grava limo arcillosa	A-2-4 (0)
6	Ipís	MR-1	I-1229-19 / I-1120-19	505-19	SM	Arena limosa con	A-2-4 (0)
7	Ipís	MR-1	I-1229-19 / I-1120-19	508-19	SM	Arena limosa con	A-1-b
9	Mata de Plátano	MR-1	I-1229-19 / I-1120-19	511-19	SM	Arena limosa con	-
10	Mata de Plátano	MR-1	I-1229-19 / I-1120-19	513-19	SM	Arena limosa con	A-1-b
13	Purrál	MR-1	I-1704-19 / I-1573-19	1344-19	GM	Grava limosa con	A-1-a
14	Purrál	MR-1	I-1704-19 / I-1573-19	1346-19	SM	Arena limosa con	A-1-b
15	Purrál	MR-1	I-1704-19 / I-1573-19	1348-19	SW-SM	Arena bien gradada	A-1-a
16	San Francisco	MR-1	I-1720-19 / I-1769-19	1686-19	SM	Arena limosa con	A-1-b
17	San Francisco	MR-1	I-1720-19 / I-1769-20	1687-19	SM	Arena limosa con	A-7-6 (2)
20	Guadalupe	MR-1	I-1956-19 / I-2081-19	2185-19	GM	Grava limosa con	-
21	Guadalupe	MR-1	I-1956-19 / I-2081-19	2187-19	SM	Arena limosa con	A-1-b
22	Guadalupe	MR-2	I-1956-19 / I-2081-19	2189-19	SP-SM	Arena mal gradada	A-1-a
23	Guadalupe	MR-1	I-1956-19 / I-2081-19	2191-19	GM	Grava limosa con	A-2-4 (0)
24	Guadalupe	MR-1	I-1958-19 / I-1869-19	2065-19	GP	Grava mal gradada	A-1-a
29	Calle Blancos	MR-1	I-1720-19 / I-1769-19	1682-19	SM	Arena limosa con	A-2-4 (0)
31	San Francisco	MR-1	I-1720-19 / I-1769-19	1684-19	GM	Grava limosa con	-

Abreviaturas de capas:

MR-1= primera capa de material granular de relleno, MR-2= segunda capa de material granular de relleno



8.3 Caracterización del suelo subrasante

Se obtuvo 30 muestras de suelo de subrasante para ser caracterizadas en el laboratorio, de forma similar a las muestras de material de relleno, cuyos resultados se muestran en la tabla del Anexo 4 y los informes de laboratorio adjuntos en el Anexo 5.

En la **Tabla 15** se presenta el resumen de resultados sobre la caracterización de las muestras de suelo subrasante por SUCS y AASHTO, así como en los mapas de la Figura 35 a la Figura 40 se muestra la ubicación de cada sondeo y el tipo de suelo identificado. Se puede observar de forma general, que los suelos del cantón de Goicoechea corresponden a combinaciones de limos y arenas (ML, MH, SM) y en algunos casos aislados se tienen suelos arcillosos de baja plasticidad (CL), según SUCS. De forma similar, se tiene que según la clasificación de AASHTO, en su mayoría corresponden a suelos tipo A-4 y A-5, que se asocian con suelos limosos de regular calidad como apoyo para estructuras de pavimento, mientras que en algunos casos se identificaron suelos A-6, A-7-5 y A-7-6 que corresponden a suelos arcillosos de alta plasticidad, susceptibles a la humedad.

Respecto a los suelos de cada distrito, en Ipís se observa que se tienen suelos limosos arenosos tipo ML en la mayoría de los sondeos realizados. Sin embargo, en los sondeos 4 y 6 se identificó suelos tipo A-7-5 según AASHTO, que corresponden a suelos de baja capacidad de soporte y alta plasticidad, que pueden perder capacidad de soporte principalmente en condiciones de humedad. El mismo tipo de suelo se identificó en el distrito de San Francisco, para las dos muestras obtenidas en los sondeos 16 y 31.

En el distrito de Mata de Plátano, se tienen principalmente arenas limosas tipo SM y A-4, que corresponden a suelos de regular capacidad de soporte como subrasante de estructuras de pavimento.

En Purral, se identificó que la mayoría de los suelos son limos elásticos arenosos tipo MH y A-7-5 de alta plasticidad, que pueden ser suelos de baja capacidad de soporte y alta susceptibilidad a la humedad. Algo similar ocurre en el distrito de Calle Blancos, donde se tiene suelos limosos arenosos y arcillas arenosas, tipo ML y CL, que son clasificados como A-6 o A-7-5 según AASHTO, y son suelos de baja capacidad de soporte. En estos sitios se debe cuidar la condición de los drenajes para evitar saturación de suelos y diseñar adecuadamente las estructuras de pavimento para que resistan las cargas del tránsito considerando la presencia de suelos suaves.

En Guadalupe se encontró suelos tipo ML en cinco de los ocho sondeos realizados, en otros dos sondeos se identificó suelos SM y en el sondeo 24 se identificó suelo arcilloso de baja plasticidad CL. Sin embargo, estos suelos de Guadalupe son en general tipo A-4 y A-5, que según la clasificación de AASHTO son suelos de capacidad regular como apoyo de la estructura de pavimento debido a que tienen menor plasticidad y por lo tanto susceptibilidad a la humedad.



Adicionalmente, se realizó 15 ensayos de CBR de laboratorio cuyos resultados varían entre 2,67% y 10,14%, según su ubicación en cada distrito, lo que se puede observar con detalle en la tabla del Anexo 4.

Tabla 15. Resumen de caracterización del suelo subrasante.

Sondeo	Distrito	Informe Laboratorio	# muestra	Clasificación SUCS	Nombre SUCS	Clasificación AASHTO
1	Ipís	I-1229-19	495-19	ML	Limo arenoso	A-4 (5)
2	Ipís	I-1229-19	497-19	ML	Limo arenoso	A-5 (3)
3	Ipís	I-1229-19	499-19	ML	Limo arenoso	A-4 (1)
4	Ipís	I-1229-19	501-19	MH	Limo elástico arenoso	A-7-5 (11)
5	Ipís	I-1229-19	503-19	SM	Arena limosa	A-4 (1)
6	Ipís	I-1229-19	504-19	ML	Limo arenoso	A-7-5 (12)
7	Ipís	I-1229-19	507-19	ML	Limo arenoso	A-4 (2)
8	Mata de Plátano	I-2081-19	2182-19	SM	Arena limosa	A-4 (0)
9	Mata de Plátano	I-1229-19	510-19	ML	Limo arenoso	A-6 (5)
10	Mata de Plátano	I-1229-19	512-19	SM	Arena limosa	A-4 (0)
11	Mata de Plátano	I-1229-19	514-19	SM	Arena limosa	A-4 (0)
12	Purrál	I-1229-19	509-19	ML	Limo arenoso	A-4 (1)
13	Purrál	I-1704-19	1343-19	MH	Limo elástico arenoso	A-7-5 (7)
14	Purrál	I-1704-19	1345-19	MH	Limo elástico arenoso	A-7-5 (8)



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 55

Sondeo	Distrito	Informe Laboratorio	# muestra	Clasificación SUCS	Nombre SUCS	Clasificación AASHTO
15	Purrál	I-1704-19	1347-19	MH	Limo elástico arenoso	A-7-5 (6)
16	San Francisco	I-1769-19	1685-19	ML	Limo arenoso	A-7-5 (10)
18	Guadalupe	I-2081-19	2193-19	SM	Arena limosa con grava	A-4 (0)
19	Guadalupe	I-2081-19	2183-19	ML	Limo arenoso	A-4 (2)
20	Guadalupe	I-2081-19	2184-19	ML	Limo arenoso	A-4 (2)
21	Guadalupe	I-2081-19	2186-19	SM	Arena limosa	A-4 (1)
22	Guadalupe	I-2081-19	2188-19	ML	Limo arenoso	A-4 (2)
23	Guadalupe	I-2081-19	2190-19	ML	Limo arenoso con grava	A-5 (2)
24	Guadalupe	I-1958-19	2064-19	CL	Arcilla poco plástica arenosa	A-6 (6)
25	Guadalupe	I-2081-19	2192-19	ML	Limo arenoso	A-5 (3)
26	Calle Blancos	I-1958-19	2066-19	ML	Limo arenoso	A-5 (4)
27	Calle Blancos	I-1958-19	2067-19	ML	Limo arenoso	A-7-6 (8)
28	Calle Blancos	I-1958-19	2068-19	CL	Arcilla poco plástica arenosa	A-6 (7)
29	Calle Blancos	I-1769-19	1681-19	ML	Limo arenoso	A-7-5 (6)
30	Calle Blancos	I-1958-19	2069-19	CL	Arcilla poco plástica arenosa	A-6 (9)
31	San Francisco	I-1769-19	1683-19	ML	Limo arenoso	A-4 (5)



8.4 Capacidad de soporte (CBR) en sitio de las capas del pavimento existente

Se realizaron ensayos de CBR en sitio con el Cono de Penetración Dinámico (DCP), por sus siglas en inglés) durante la excavación de 23 de los 31 sondeos de Goicoechea. Las lecturas del ensayo obtenidas en sitio se pueden ver en el formulario de cada sondeo que se adjunta en el Anexo 2, mientras que el gráfico de CBR en sitio de cada sitio se puede observar en el Anexo 6.

El ensayo del DCP mide la resistencia a la penetración de las capas del pavimento, lo cual se correlaciona con el CBR en las condiciones de densidad y humedad naturales del sitio al momento del ensayo. Esto puede diferir del resultado del ensayo de laboratorio donde se lleva la muestra de suelo a su densidad máxima y humedad óptima, para luego saturarlo y realizar el ensayo de CBR correspondiente.

En la **Tabla 16** se presenta el resumen de resultados de CBR en sitio promedio obtenido para cada capa del pavimento existente en los sondeos realizados. Además, se indica la calidad de subrasante estimada de acuerdo con el CBR en sitio obtenido, según AASHTO. Los mapas de ubicación de los sondeos, donde se indica la calidad de subrasante estimada según el CBR en sitio, se muestran de la **Figura 35** a la **Figura 40** para cada distrito donde se realizó ensayos de DCP.

De manera general, se observa que existe variabilidad en el CBR en sitio medido con el DCP, lo que posiblemente depende de la ubicación del sondeo, tipo de suelo y condiciones particulares de densidad y humedad local. Dado lo anterior, se tiene que la capa de material de relleno MR-1 presenta valores de CBR en sitio entre 14% y 71,4%, la capa de material de relleno MR-2 presenta valores entre 8,3% y 72,1% y en la capa de suelo subrasante se midió CBR en sitio entre 5,9% y 69,7%.

En el distrito de Ipís la capa MR-1 presenta valores de CBR en sitio promedio entre 34,7% y 67,4%, la capa de MR-2 presenta valores entre 47,4% y 72,1%. Esto indica que las capas de material de relleno MR-1 y MR-2 dan soporte moderado a la estructura de pavimento en sus condiciones naturales del sitio, sin llegar a igualar las condiciones de una base granular, cuyo CBR esperados es de al menos 80%, aunque sí se aproximan a las condiciones de una subbase granular cuyo CBR esperado es de al menos 20%. El suelo subrasante presenta valores de CBR en sitio de entre 7,4% y 49,9%, lo cual indica que hay variabilidad en las condiciones de soporte para la estructura de pavimento, que se encontró en el sitio.

En el distrito de Mata de Plátano la capa de relleno MR-1 tiene valores de CBR en sitio promedio entre 34,8% y 63,5%, y el suelo subrasante entre 6,9% y 40,5%. Lo anterior indica que la capa granular de relleno ofrece una capacidad de soporte similar a un material de subbase granular, mientras que el suelo subrasante es variable dependiendo del sitio, tipo de suelo y condiciones de humedad y densidad. Un ejemplo de lo anterior es el sondeo 9



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 57

donde se encontró un CBR en sitio promedio bajo de 6,9%, lo cual está asociado a un suelo ML/A-6 de alta plasticidad.

En el distrito de Purral se obtuvo valores de CBR en sitio de 51% y 17%, para la capa de material de relleno MR-1, en los sondeos 14 y 15 donde se realizó el ensayo de DCP, respectivamente. En el sondeo 14 se obtuvo CBR en sitio de 66,3% para la capa de relleno MR-2, y el suelo subrasante mostró valores de 56,5% y 39,4%. Lo anterior indica que las capas de relleno granular dan un soporte relativo similar a un material de subbase granular, y el suelo subrasante presenta valores de CBR en sitio de excelente a bueno, a pesar de que en estos sitios se tienen suelos tipo MH/A-7-5 de alta plasticidad. Esto posiblemente se deba a que las condiciones de humedad y densidad locales son favorables.

En el distrito de Guadalupe se realizaron seis ensayos de DCP, entre los cuales se obtuvo que el CBR en sitio para la capa de material de relleno MR-1 varía entre 14% y 26%, mientras que solo en el sondeo 24 se identificó la capa de material de relleno MR-2, para la cual se obtuvo un CBR en sitio promedio de 8,3%. Esto indica que las capas de relleno granular MR-1 y MR-2 en este distrito no presentan buena capacidad de soporte bajo las condiciones existentes de humedad y densidad local, ya que en algunos casos ni siquiera alcanzan los valores mínimos de una capa típica de subbase granular, para la cual se espera al menos CBR de 20%. Por otro lado, el suelo de subrasante mostró valores de CBR en sitio promedio que van desde 5,9% y 6,9% en los sondeos 18 y 25, respectivamente; hasta valores de 47,5% y 38,2% para los sondeos 23 y 24, respectivamente. Lo anterior indica que puede existir variabilidad en las condiciones de humedad y densidad existentes, ya que los suelos identificados en el distrito son principalmente limosos arenosos tipo ML/A-4, que generalmente presentan condiciones favorables como capa de apoyo para estructuras de pavimento.

En el distrito de Calle Blancos se tiene CBR en sitio promedio entre 17,4% y 71,4% para la capa de material de relleno MR-1 y solamente en el sondeo 28 se identificó material de relleno MR-2 con una CRB en sitio promedio de 31,9%. Esto indica que la capa de material granular de las estructuras de pavimento existentes en el distrito se comportan de manera similar a una subbase granular sin llegar a dar soporte equivalente a una base granular, para la cual se solicita un CBR de al menos 80%. El suelo de subrasante presenta CBR en sitio promedio entre 10,6 y 69,7%, a pesar de que en algunos sitios se identificó suelos limosos arenosos tipo ML/A-7-5 y arcillosos tipo CL/A-6 de alta plasticidad.

Finalmente, en el distrito de San Francisco se realizó el ensayo de DCP en el sondeo 31 solamente, donde se obtuvo un CBR en sitio promedio de 41,2% para la capa de material de relleno MR-1, mientras que en el suelo de subrasante se obtuvo 46,3%. Esto indica que tanto la capa de material de relleno como el suelo subrasante ofrecen soporte de moderado a bueno para la estructura de pavimento existente.



Tabla 16. Resumen de resultados de CBR en sitio promedio con DCP y calidad de subrasante.

Sondeo	Distrito	CBR de la capa de la estructura de pavimento existente (%)			Calidad de subrasante
		MR-1	MR-2	SR	
1	Ipís	67,4	47,4	9,5	Regular
2	Ipís	65,0	72,1	21,8	Bueno
3	Ipís	39,1	-	7,4	Regular
5	Ipís	34,7	-	49,9	Bueno
6	Ipís	58,5	-	38,1	Bueno
8	Mata de Plátano	34,8	-	10,3	Regular
9	Mata de Plátano	62,2	-	6,9	Pobre a regular
10	Mata de Plátano	55,9	-	35,8	Bueno
11	Mata de Plátano	63,5	-	40,5	Bueno
14	Purrál	51,0	66,3	56,5	Excelente
15	Purrál	17,0	-	39,4	Bueno
18	Guadalupe	17,6	-	5,9	Pobre a regular
19	Guadalupe	14,0	-	10,7	Regular
21	Guadalupe	23,0	-	30,6	Bueno
23	Guadalupe	16,5	-	47,5	Bueno
24	Guadalupe	26,1	8,3	38,2	Bueno
25	Guadalupe	24,1	-	6,9	Pobre a regular
26	Calle Blancos	17,4	-	49,3	Bueno
27	Calle Blancos	52,0	-	10,6	Regular
28	Calle Blancos	39,5	31,9	19,4	Regular
29	Calle Blancos	71,4	-	69,7	Excelente
30	Calle Blancos	37,2	-	33,2	Bueno
31	San Francisco	41,2	-	46,3	Bueno

Abreviaturas de capas:

MR-1= primera capa de material granular de relleno
MR-2= segunda capa de material granular de relleno
SR=suelo subrasante

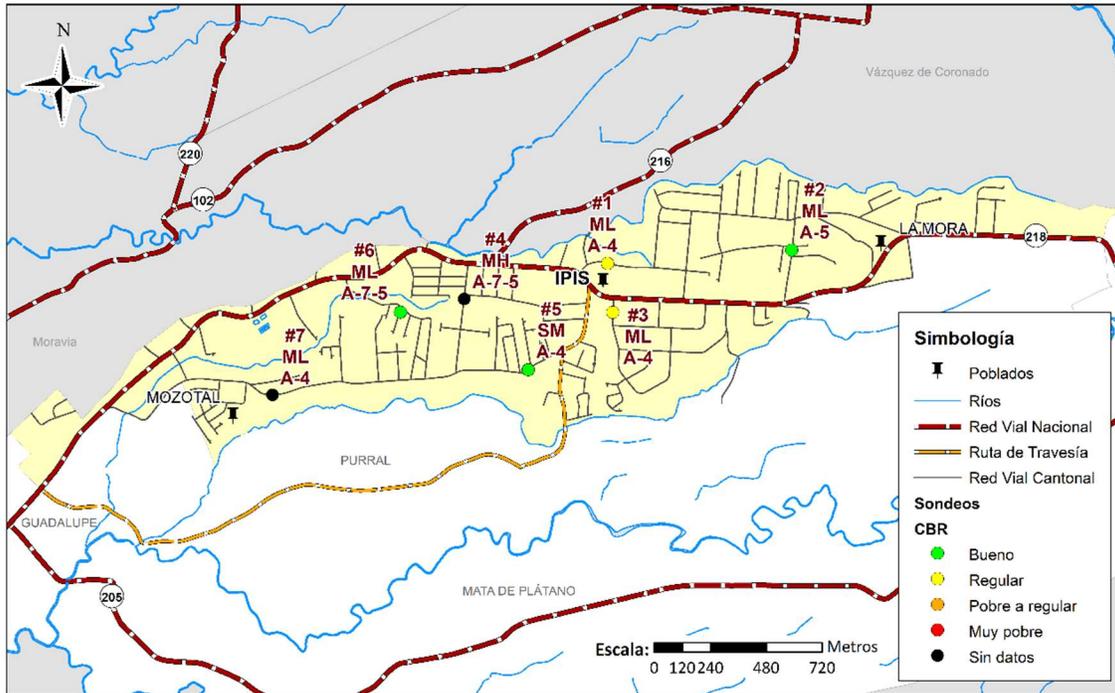


Figura 35. Ubicación de sondeos realizados en el distrito de Ipís.

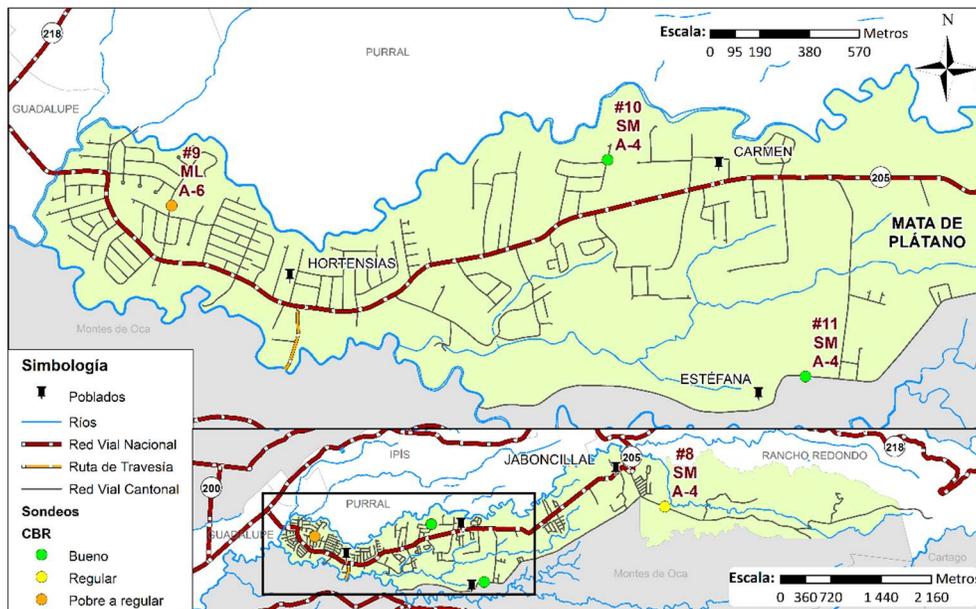


Figura 36. Ubicación de sondeos realizados en el distrito de Mata de Plátano.

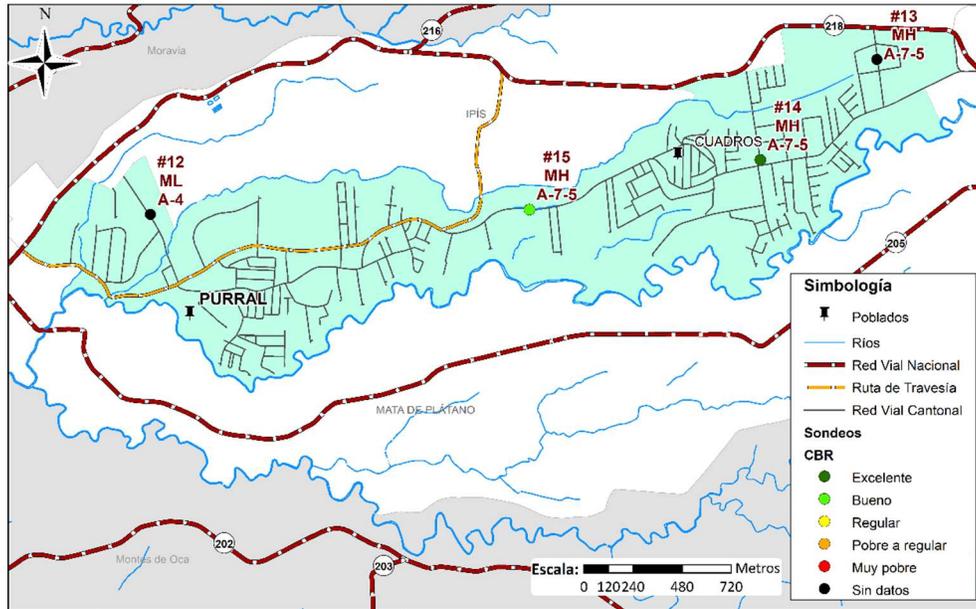


Figura 37. Ubicación de sondeos realizados en el distrito de Purral.

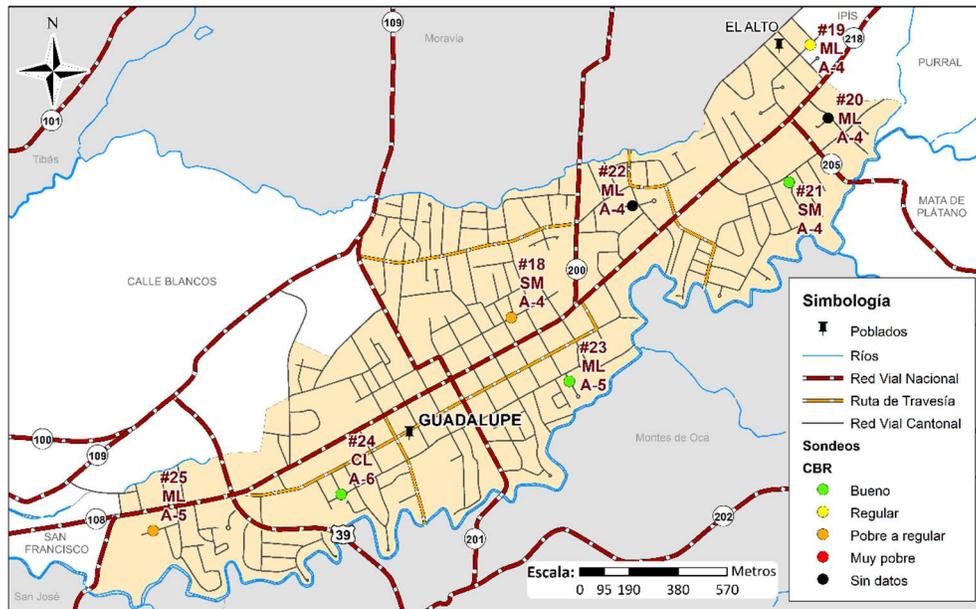


Figura 38. Ubicación de sondeos realizados en el distrito de Guadalupe.

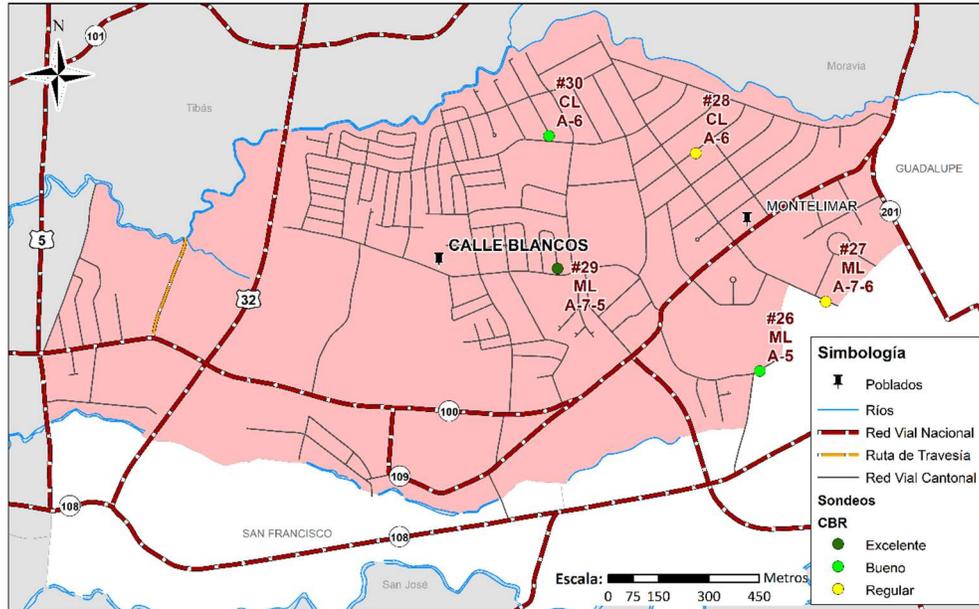


Figura 39. Ubicación de sondeos realizados en el distrito de Calle Blancos.

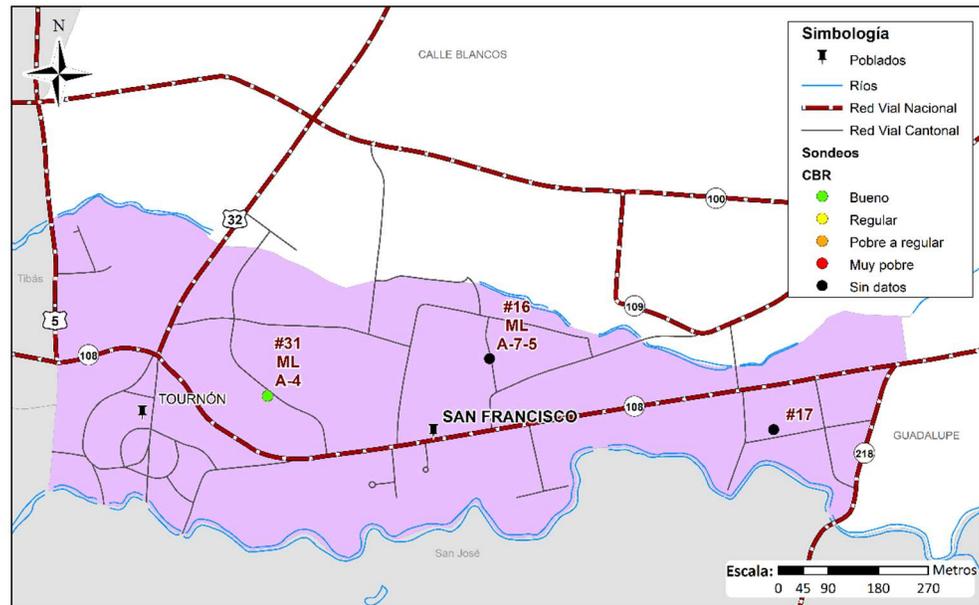


Figura 40. Ubicación de sondeos realizados en el distrito de San Francisco.



9. Tipo de evaluación aplicada a la red vial cantonal de Goicoechea

La evaluación de la red vial del cantón de Goicoechea se realizó por medio de diferentes metodologías, de acuerdo con lo indicado en el apartado 5 de este documento. El LanammeUCR junto con la Municipalidad de Goicoechea definieron las secciones de la red vial cantonal donde se aplicó cada tipo de evaluación, según la jerarquía vial, TPD, tipo de superficie de ruedo y accesibilidad.

El total de kilómetros en los que se aplicó cada tipo de evaluación de la red vial del cantón se muestra en la **Figura 41**. En la **Tabla 17** y **Figura 42** se muestra los kilómetros en los que se aplicó cada tipo de evaluación para cada distrito del cantón de Goicoechea. Además, en los mapas que van de la Figura 43 a la **Figura 49** se muestra el tipo de evaluación aplicada en la red vial cantonal de cada distrito.

Se puede observar que las Notas de Calidad se utilizaron en un total de 132,94 km, que es un 74% de la red vial cantonal de Goicoechea, que corresponde a rutas primarias, secundarias y terciarias con superficie de ruedo asfáltica. Luego, se evaluó de forma Visual 29,47 km, que constituye un 16% de la red vial cantonal principalmente asociada a rutas terciarias con superficie de ruedo de mezcla asfáltica, concreto, adoquines, lastre y tierra.

Adicionalmente, se identificó 11,23 km, que constituye un 6% de la red vial cantonal, donde no fue posible el acceso debido a circunstancias relacionadas con la seguridad del equipo evaluador o la existencia de obstáculos que impidieron realizar la evaluación. Por último, se tiene 7,50 km que corresponde a 4% de la red vial cantonal, que no se evaluó principalmente porque corresponde a rutas de travesía.

Tabla 17. Tipo de evaluación por distrito para la red vial cantonal de Goicoechea.

Distrito	Tipo de evaluación (km)				Total general
	Nota de calidad	Visual	Inaccesible	Sin evaluar/ Ruta de travesía	
Calle Blancos	25,53	0,87	-	0,32	26,72
Guadalupe	30,33	1,43	-	3,73	35,49
Purral	24,01	2,25	3,14	3,20	32,60
Rancho Redondo	2,82	8,29	5,62	-	16,73
San Francisco	4,57	1,33	-	-	5,89
Mata de Plátano	23,81	13,27	2,47	0,25	39,81
Ipís	21,88	2,04	-	-	23,92
Total general	132,94	29,47	11,23	7,50	181,15

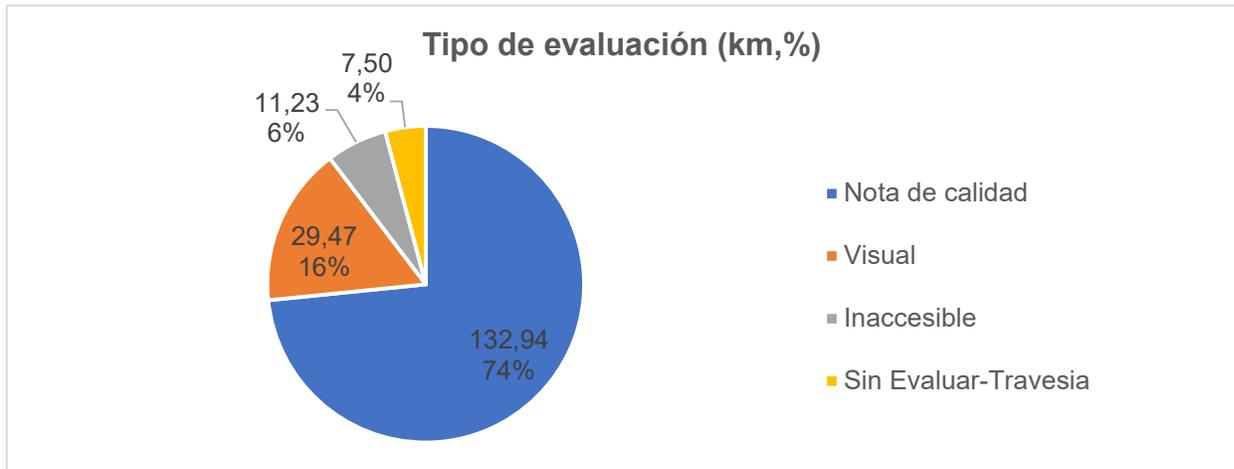


Figura 41. Distribución del tipo de evaluación por km realizada en el cantón Goicoechea.

La evaluación con Notas de Calidad se aplicó en la mayor parte de la red vial de todos los distritos del cantón de Goicoechea, con excepción de Rancho Redondo donde se aplicó solo en 2,82 km de los 16,73 km totales del distrito, como se muestra en el gráfico de la **Figura 42**.

La evaluación Visual también se aplicó en todos los distritos, pero Mata de Plátano y Rancho Redondo es donde se concentró la mayor cantidad de kilómetros evaluados de esta manera, con 8,29 km y 13,27 km, respectivamente. Por otro lado, en los distritos de San Francisco y Guadalupe solo se evaluó visualmente 1,33km y 1,43 km, respectivamente. En Calle Blancos no se aplicó del todo este tipo de evaluación.

Los distritos donde se identificó red vial cantonal Inaccesible son Purrál con 3,14 km, Rancho Redondo con 5,62 km y Mata de Plátano con 2,47 km, para un total de 11,23 km que no fue posible evaluar por Notas de Calidad o Evaluación Visual. En el caso de Purrál estos caminos corresponden a sitios donde no se ingresó por razones de seguridad principalmente; mientras que, en Rancho Redondo y Mata de Plátano no fue posible el acceso debido a limitaciones físicas propiamente, como inexistencia de camino, portones y otros obstáculos, servidumbres peatonales o similares. En los demás distritos no se identificó red vial Inaccesible. La red vial cantonal sin evaluar que está asociada principalmente a rutas de travesía, se encuentra en los distritos de Guadalupe con 3,73 km, Purrál con 3,20 km y Mata de Plátano con 0,25 km.

Todo lo anterior, también se puede observar en los mapas de cada distrito que se presentan de la **Figura 43** a la **Figura 49**, donde se indica el tipo de superficie de ruedo y tipo de evaluación realizada.

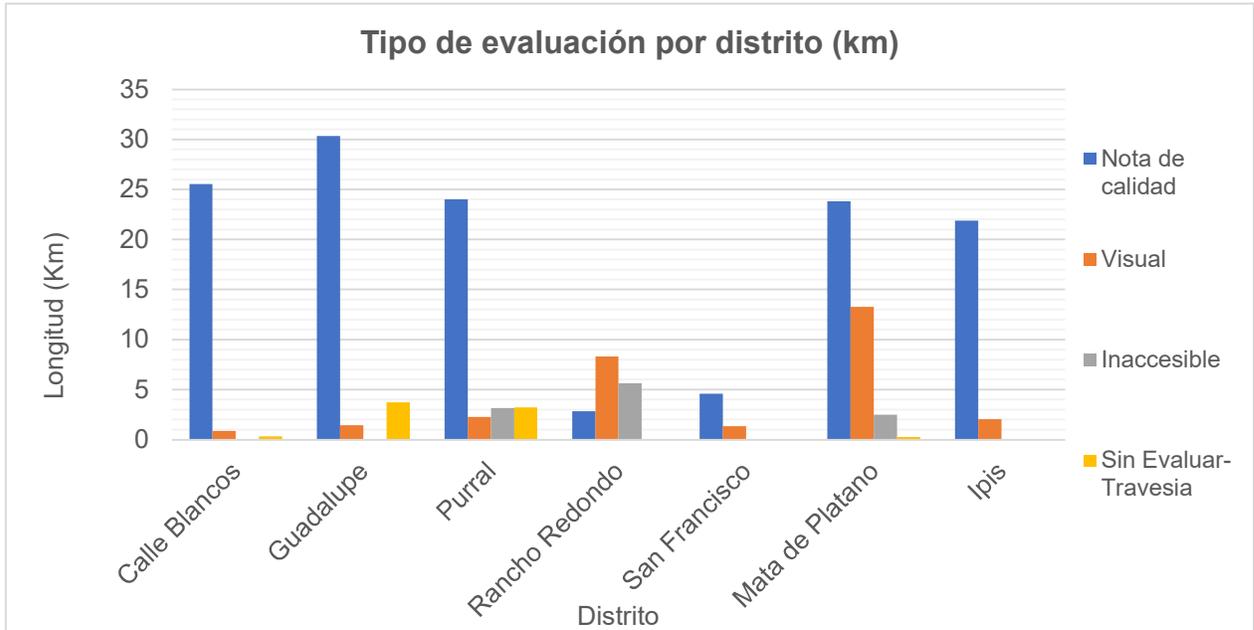


Figura 42. Tipo de evaluación por distrito realizada en el cantón de Goicoechea.

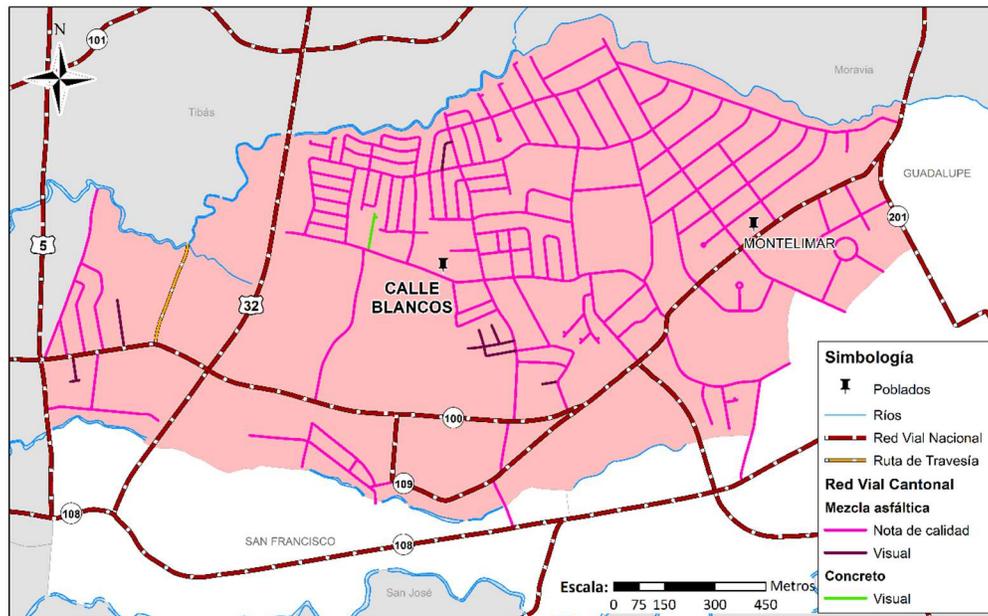


Figura 43. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito de Calle Blancos.



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 65

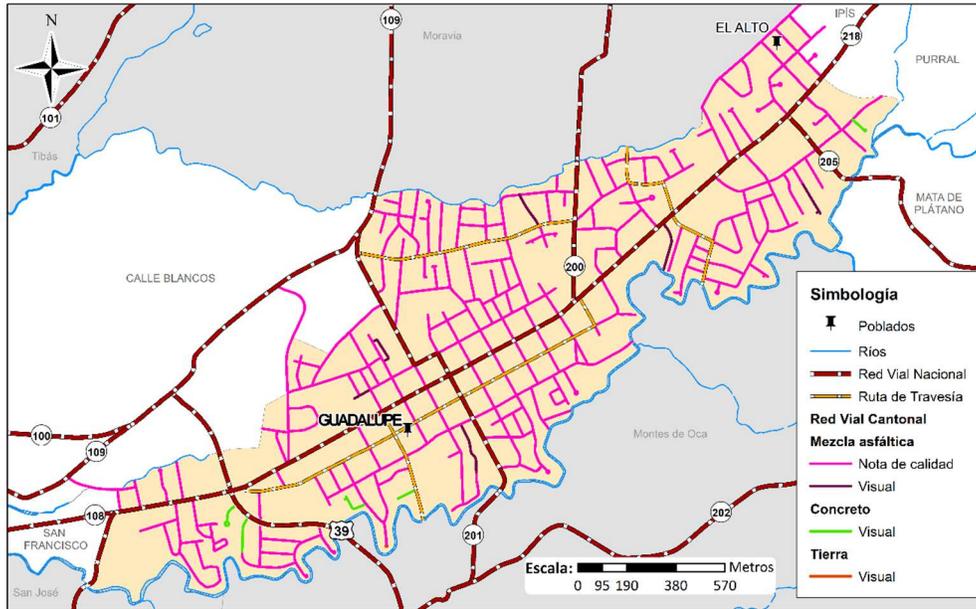


Figura 44. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito de Guadalupe.

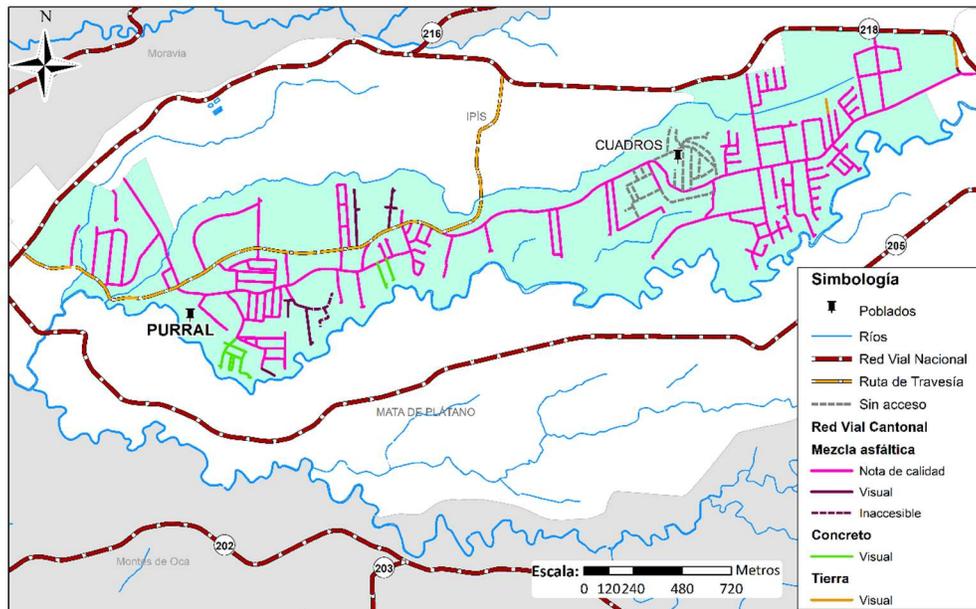


Figura 45. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito de Purral.

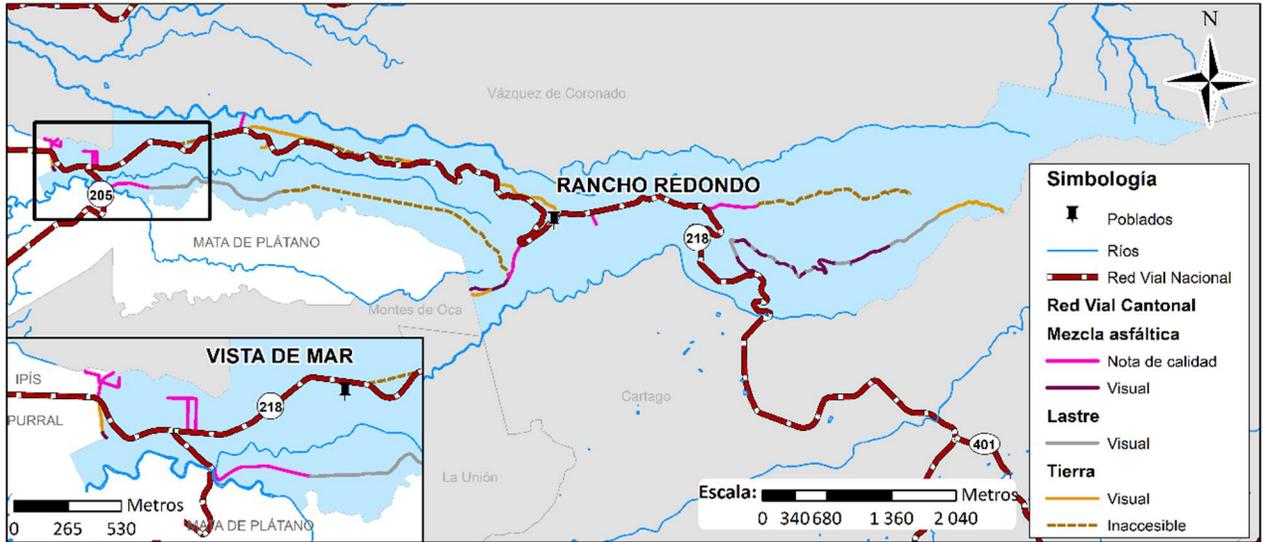


Figura 46. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito de Rancho Redondo.

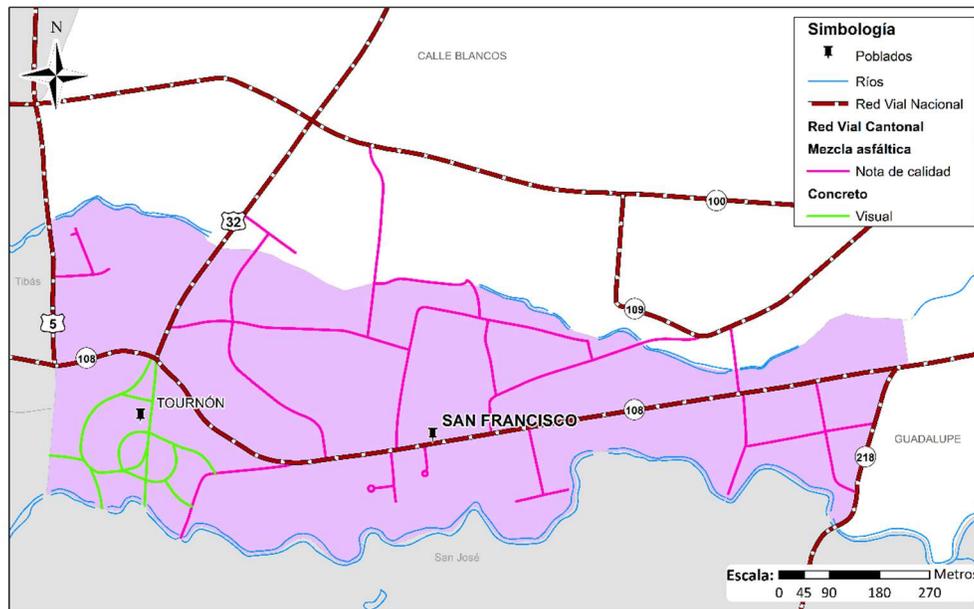


Figura 47. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito de San Francisco.

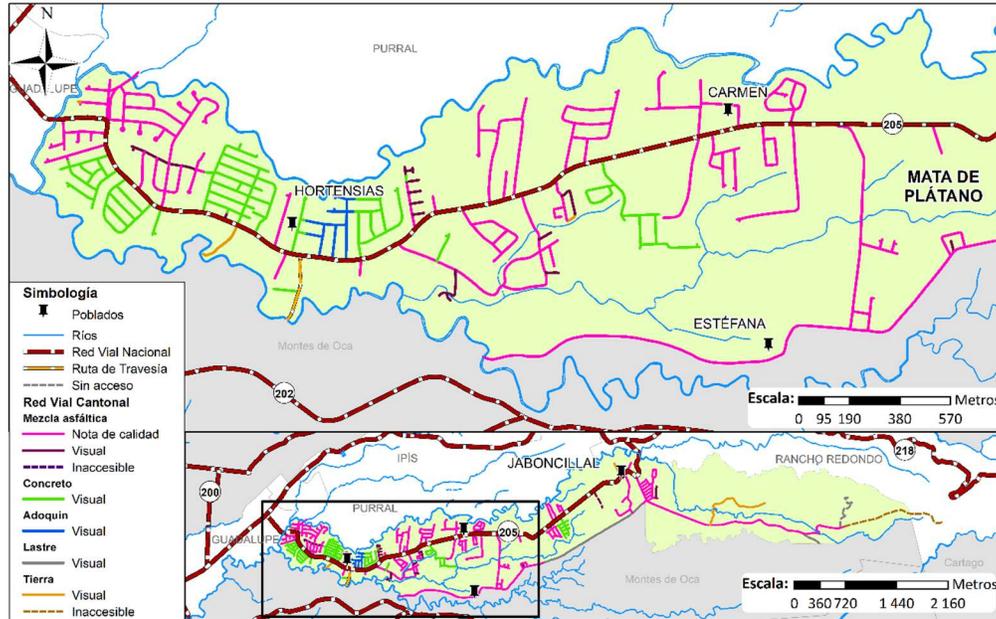


Figura 48. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito de Mata de Plátano.

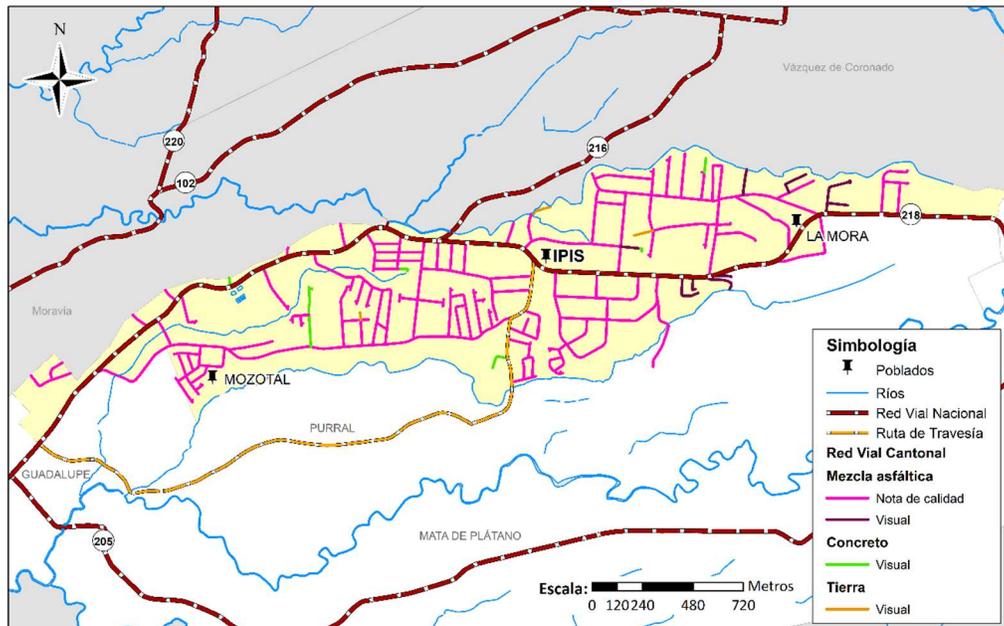


Figura 49. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito de Ipís.



10. Resultados de la evaluación de la red vial cantonal asfaltada con Notas de Calidad (FWD/IRI)

Se evaluó un total de 132,9 km de la red vial cantonal de Goicoechea con superficie de mezcla asfáltica en caliente con la metodología de Notas de Calidad, del cual 29,52 km son rutas primarias, 20,16 km secundarias y 83,27 km terciarias, como se indica en la **Tabla 18** y en la **Figura 50**.

La condición estructural de la red vial cantonal pavimentada se estimó a partir de los ensayos de deflectometría de impacto (FWD, por sus siglas en inglés) en la totalidad de los 132,94 km evaluados. Por otro lado, la condición funcional se identificó por medio de la medición del perfil longitudinal del pavimento y cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en 47,7 km, ya que los 85,26 km restantes corresponden en su mayoría a rutas terciarias donde la Municipalidad de Goicoechea solicitó no realizar el ensayo o rutas donde no fue posible alcanzar la velocidad requerida para el ensayo por su corta longitud, presencia de vehículos estacionados u otros obstáculos.

Tabla 18. Evaluación de la RVC de Goicoechea con Notas de calidad según la jerarquía vial.

Jerarquía Vial	Evaluación de la RVC con Notas de calidad (km)
Primaria	29,52
Secundaria	20,16
Terciaria	83,27
Total	132,94

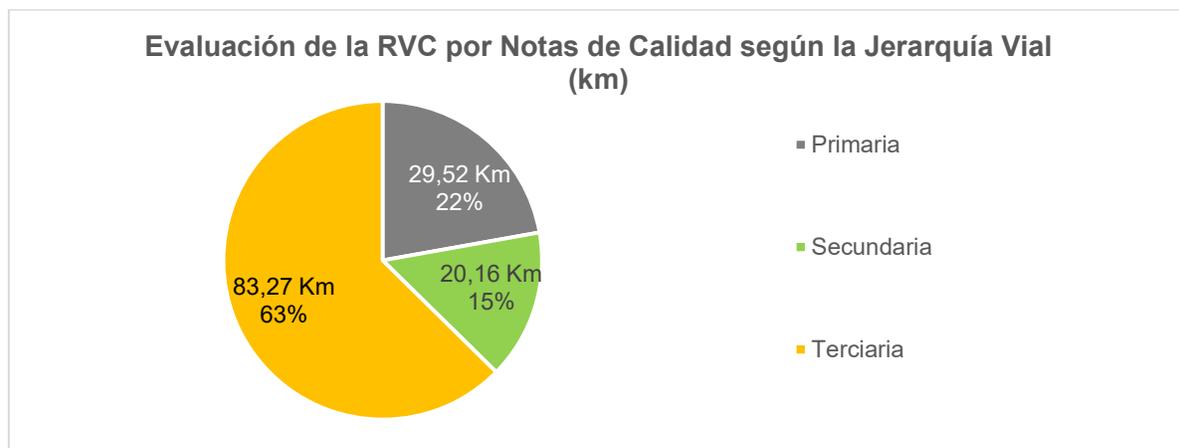


Figura 50. Distribución porcentual de la evaluación de la RVC de Goicoechea según la jerarquía vial.



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 69

Luego de realizar las mediciones de campo, se aplica la metodología indicada en el apartado 5.3 de este documento para estimar la condición funcional y estructural de las rutas evaluadas, cuyos resultados se presentan en los apartados 10.1 y 10.2, respectivamente. Luego se definió los tramos homogéneos, cuya condición general es valorada por medio de las Notas de calidad (Notas Q), a lo cual se asocia el Tipo de Intervención recomendada a nivel de red. En los 85,26 km donde no se obtuvo datos sobre la condición funcional de los pavimentos, solamente se presenta los resultados sobre su condición estructural.

10.1 Condición estructural de los pavimentos asfálticos evaluados

10.1.1 Condición estructural de las rutas evaluadas

La condición estructural (FWD) identificada en los caminos de la red vial con superficie de carpeta asfáltica de Goicoechea, se resume en los gráficos de la Figura 50.

Se puede observar que 19% (25,11 km y 107 Tramos Homogéneos, (THs) de la red vial cantonal asfaltada presenta una condición estructural Buena, lo cual significa que en esos caminos el pavimento cuenta con capacidad para soportar las cargas del tránsito vehicular a las que se ve sometido. En 7% (9,82 km y 44 THs) se tiene una condición estructural Regular, lo cual se asocia con pavimentos donde se ha reducido la capacidad de soporte y posiblemente se requiera de algún refuerzo estructural o rehabilitación de las capas del pavimento para evitar que el deterioro continúe avanzando.

Por otro lado, la mayor parte de la red vial cantonal evaluada presenta una condición estructural deficiente o muy deficiente, con 74% (98,01 km y 322 THs), que corresponde con caminos donde la estructura de pavimento ha perdido la capacidad estructural requerida de acuerdo con el tránsito vehicular identificado y por lo tanto son caminos candidatos a rehabilitaciones mayores y reconstrucciones, desde capas inferiores y suelo subrasante.

Los mapas donde se muestra los resultados del FWD para cada distrito se adjuntan en el Anexo 7 y los informes de laboratorio de las mediciones de campo realizadas se adjuntan en Anexo 9.

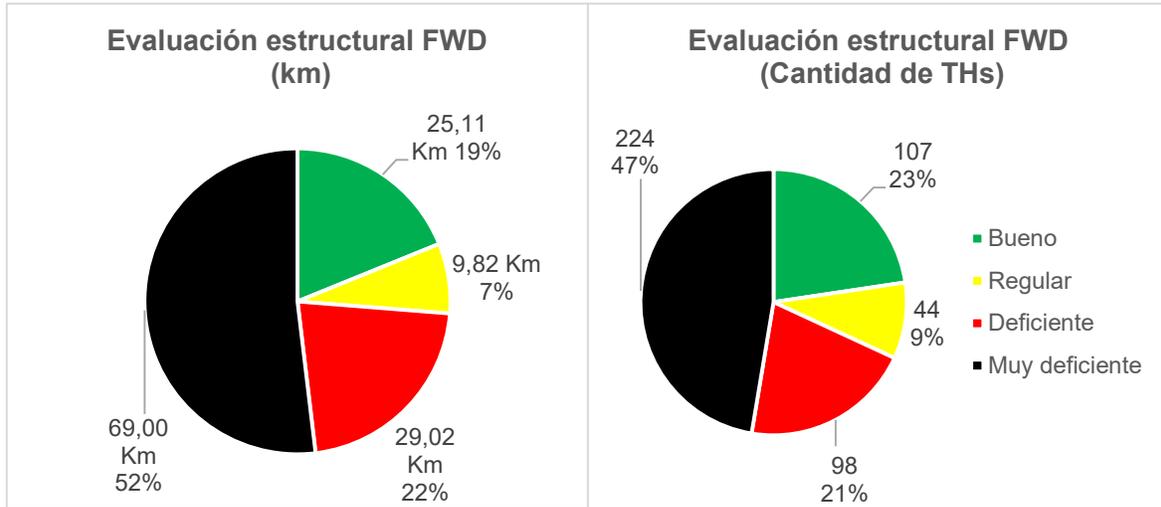


Figura 51. Distribución porcentual de la condición estructural de la red vial cantonal asfaltada.

En la Tabla 19 y Figura 52, se puede observar que el comportamiento general del cantón, respecto de la condición estructural de los pavimentos deficiente y muy deficiente, se replica de forma similar para todos los distritos, con la excepción de San Francisco. En los mapas de la Figura 53 a la Figura 59 se muestra la condición estructural por tramos homogéneos de la red vial para cada distrito.

En los distritos de Calle Blancos, Purral, Rancho Redondo e Ipís se observa una mayoría de km de la red vial que se encuentra en condición deficiente y muy deficiente. De forma similar, en los distritos de Guadalupe y Mata de Plátano, es donde se identificó la mayor cantidad de km de red vial en condición estructural deficiente y muy deficiente con 22,78 km y 18,77 km, respectivamente. Esto debe ser un elemento de atención por parte de la Municipalidad de Goicoechea, ya que puede relacionarse con espesor reducido de la capa de superficie de ruedo de mezcla asfáltica en caliente, capas granulares de bajo espesor contaminadas y deterioradas, suelos suaves y drenajes en malas condiciones que reducen la capacidad estructural del pavimento, como se comentó en el apartado 7.1. A pesar de lo anterior, estos distritos también cuentan con una proporción importante de la red vial con condición estructural buena y regular, donde se debe poner atención en acciones de conservación para evitar su deterioro.

Por otro lado, en el distrito de San Francisco, se tiene que la red vial está distribuida de forma equitativa entre los diferentes rangos de condición estructural, con una leve mayoría de km entre buena y regular condición.



Tabla 19. Condición estructural (FWD) de la RVC por distrito.

Distrito	Condición estructural (FWD)				Total (km)
	Bueno	Regular	Deficiente	Muy deficiente	
Calle Blancos	6,33	1,82	6,36	11,02	25,53
Guadalupe	4,74	2,81	9,68	13,10	30,33
Purrál	5,02	1,77	4,03	13,19	24,01
Rancho Redondo	0,12	0,16	1,01	1,53	2,82
San Francisco	1,42	1,25	0,67	1,22	4,57
Mata de Plátano	4,89	0,15	3,70	15,07	23,81
Ipís	2,59	1,86	3,57	13,86	21,88
Total (km)	25,11	9,82	29,02	69,00	132,94

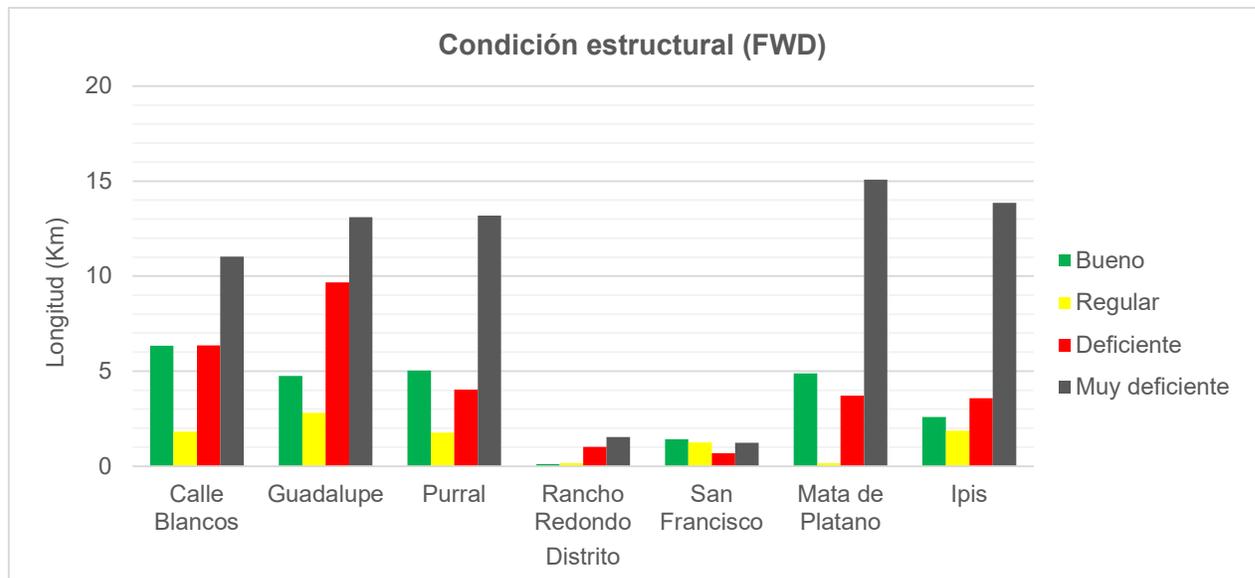


Figura 52. Condición estructural (FWD) de la RVC por distrito.

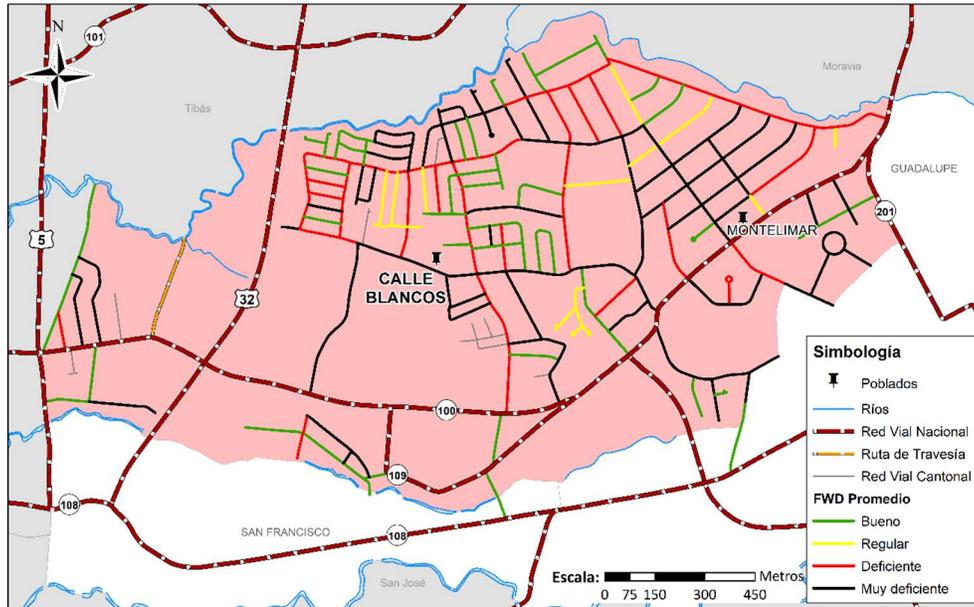


Figura 53. Condición estructural de la RVC asfaltada de Calle Blancos.

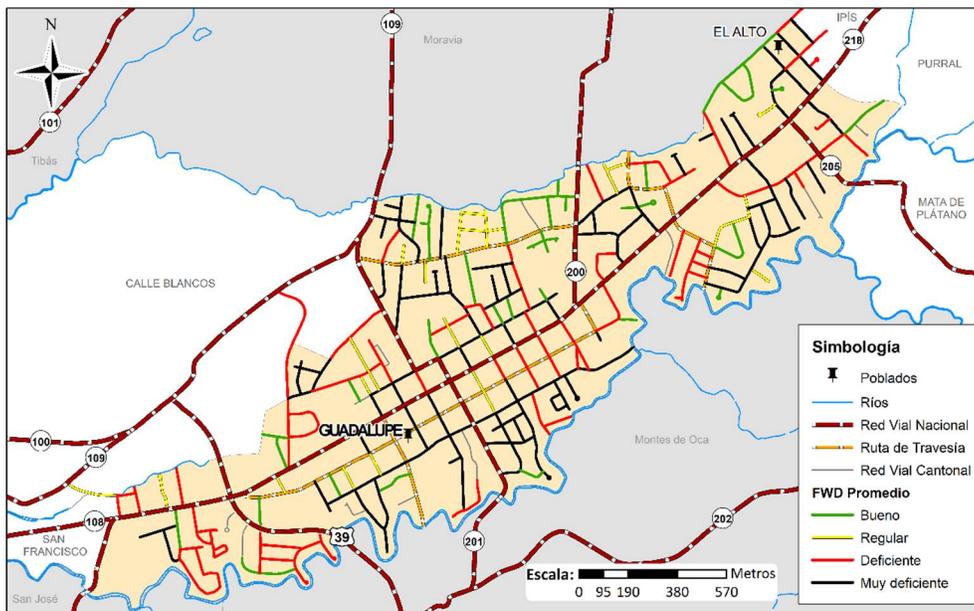


Figura 54. Condición estructural de la RVC asfaltada de Guadalupe.

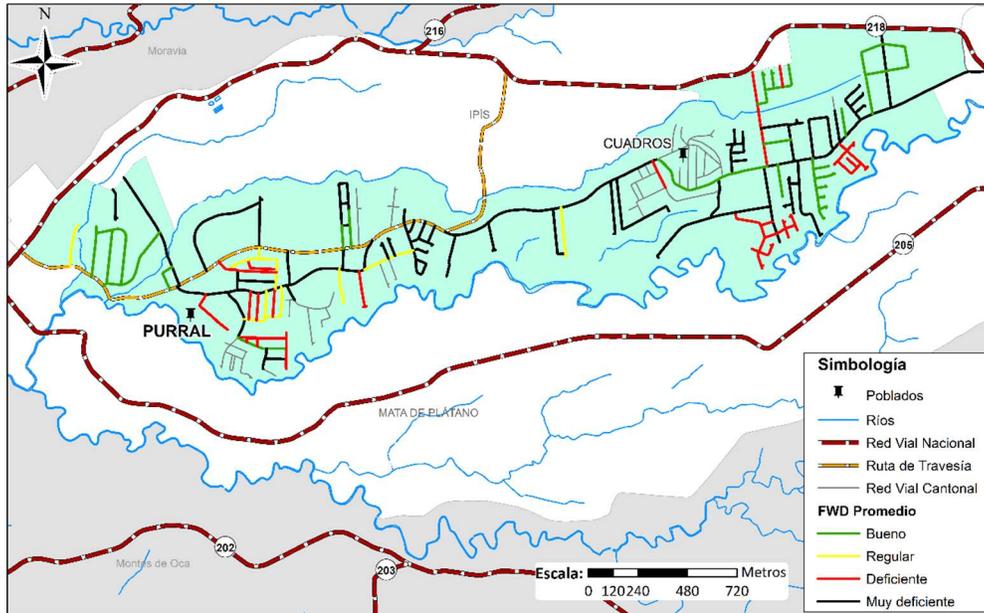


Figura 55. Condición estructural de la RVC asfaltada de Purral.

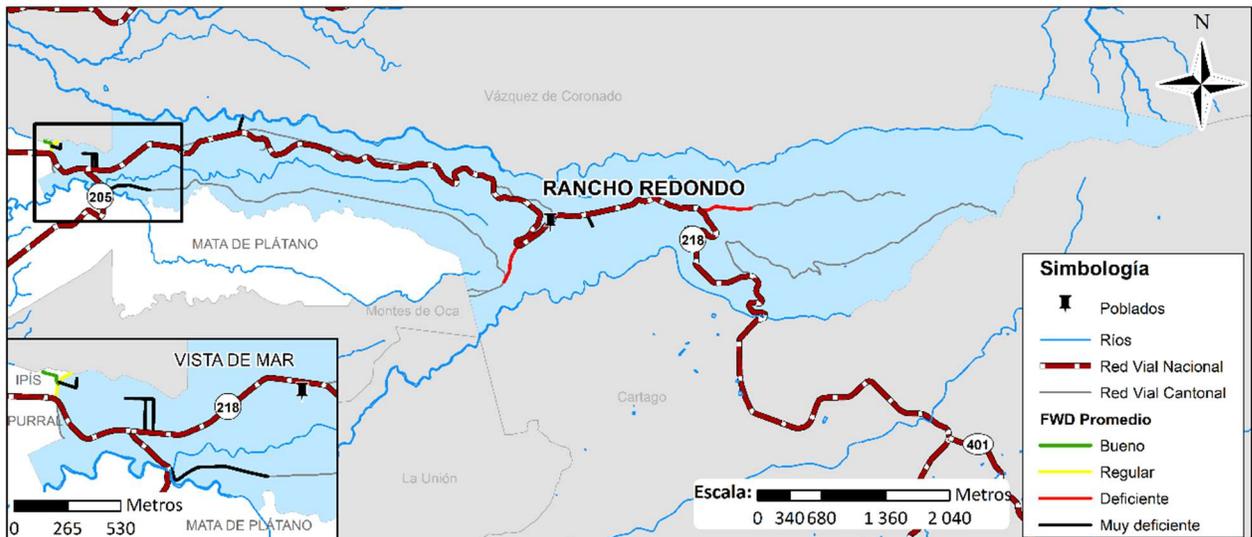


Figura 56. Condición estructural de la RVC asfaltada de Rancho Redondo.

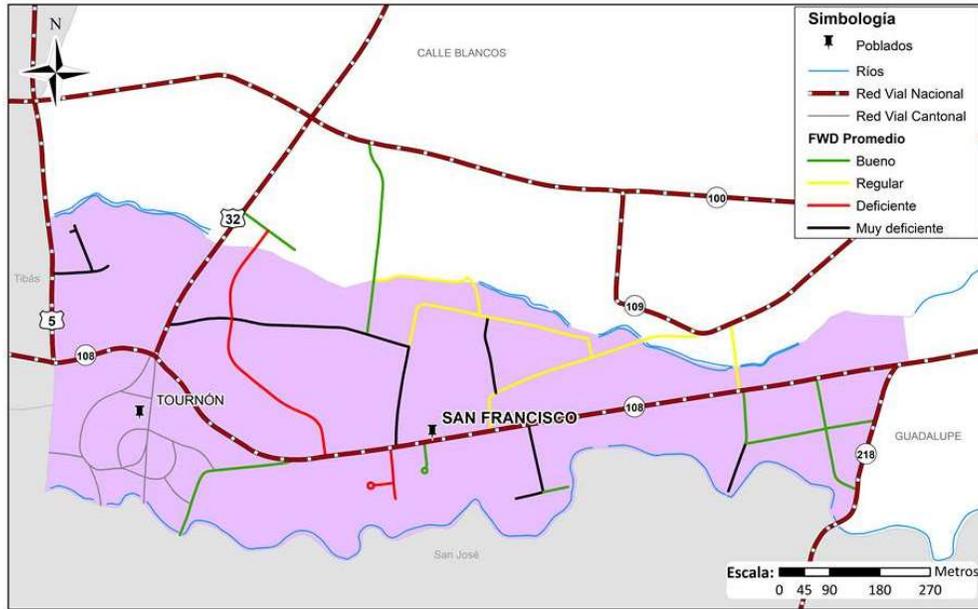


Figura 57. Condición estructural de la RVC asfaltada de San Francisco.

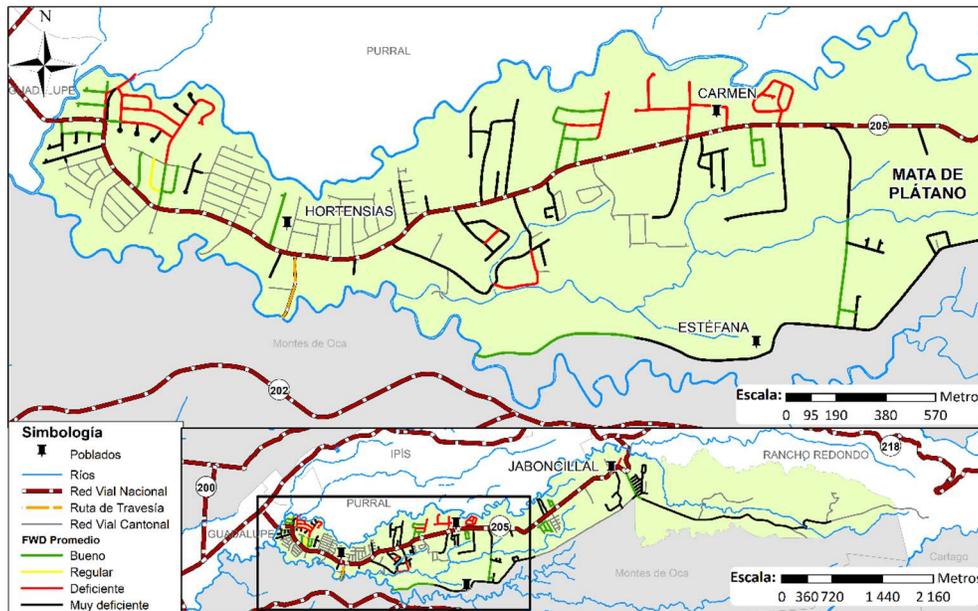


Figura 58. Condición estructural de la RVC asfaltada de Mata de Plátano.

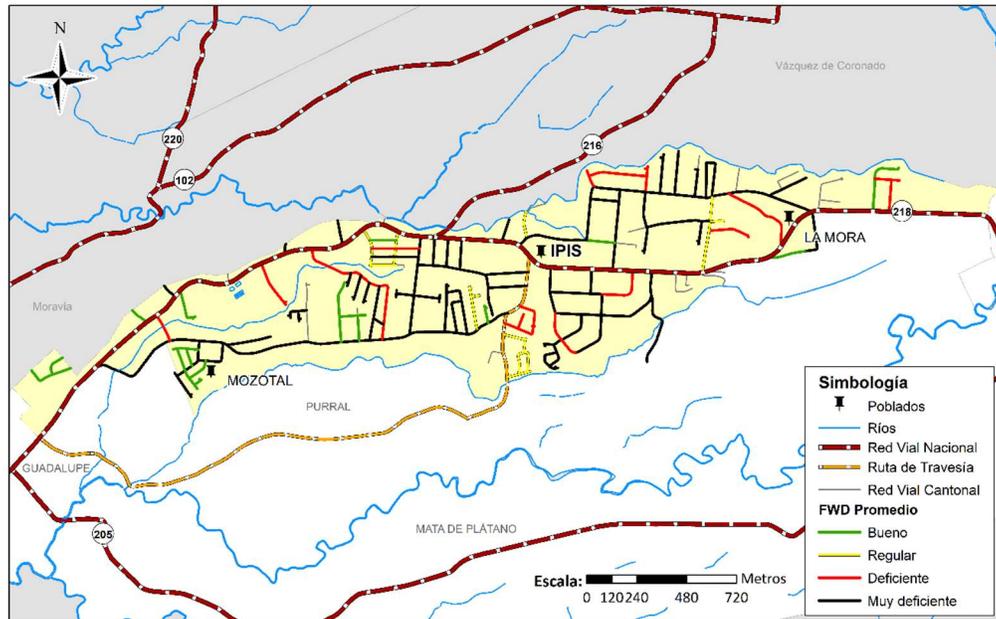


Figura 59. Condición estructural de la RVC asfaltada de Ipís.

10.1.2 Condición estructural específica de las rutas “Sin IRI”

El desglose por distrito de las rutas donde sólo se evaluó la condición estructural (FWD) y no cuentan con evaluación funcional (“Sin IRI”), se presenta en la Tabla 20 y gráfico de la Figura 60. Se puede observar que los distritos de Guadalupe, Purral y Mata de Plátano es donde se encuentra la mayoría de kilómetros asociados a estas rutas en específico, mientras que en San Francisco y Rancho Redondo es donde se tiene menor cantidad de kilómetros.

En cuanto a la condición estructural (FWD) de estas rutas (“Sin IRI”), se puede indicar que la mayor parte presenta una condición estructural (FWD) Muy Deficiente y Deficiente, con totales de 40,79 km y 16,97 km, respectivamente. Por otro lado, las rutas en condición estructural (FWD) Buena suman 20,84 km y las que tienen condición Regular suman sólo 6,66 km. Lo anterior sugiere que en la mayoría de los pavimentos de estas rutas la capacidad de soporte es reducida, posiblemente debido a suelos suaves, capas granulares de espesor reducido con materiales contaminados y las capas de superficie de ruedo presentan deterioro estructural.



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 76

En los distritos de Purral, Mata de Plátano e Ipís es donde hay mayor cantidad de kilómetros de estas rutas (“Sin IRI”) que se identificaron con una condición estructural Muy Deficiente, con un total de 29,17 km entre los tres distritos. También se observa que en los distritos de Guadalupe, Purral y Mata de Plátano es donde se acumula mayor cantidad de kilómetros con estado estructural Deficiente, con un total de 11,96 km.

Se tiene un total de 6,66 km de estas rutas (“Sin IRI”) con una condición estructural Regular, que se encuentran distribuidas en los distritos de Calle Blancos, Guadalupe, Purral e Ipís. Los pavimentos de estas vías pueden presentar deterioros de las capas de base y superficie de ruedo principalmente.

Las rutas (“Sin IRI”) donde sólo se evaluó la condición estructural y se encontró que es Buena, se distribuyen principalmente entre los distritos de Calle Blancos, Guadalupe, Purral, Mata de Plátano, con un total de 17,81 km del total de 20,84 km que se encuentran en esta categoría en todo el cantón. En estas rutas se puede encontrar deterioros superficiales, pero las capas de ruedo, capas granulares intermedias y suelo dan un buen soporte ante las cargas de tránsito vehicular.

Tabla 20. Condición estructural (FWD) por distrito de las rutas “Sin IRI”.

Condición Estructural (FWD)	Distrito							Total (km)
	Calle Blancos	Guadalupe	Purral	Rancho Redondo	San Francisco	Mata de Plátano	Ipís	
Bueno	4,64	4,54	4,40	0,12	0,33	4,23	2,59	20,84
Regular	1,54	1,71	1,77	-	-	0,15	1,49	6,66
Deficiente	1,51	5,38	3,57	1,01	0,16	3,01	2,34	16,97
Muy Deficiente	4,47	5,15	7,03	1,53	0,47	14,42	7,71	40,79
Total (km)	12,16	16,77	16,77	2,66	0,95	21,82	14,13	85,26

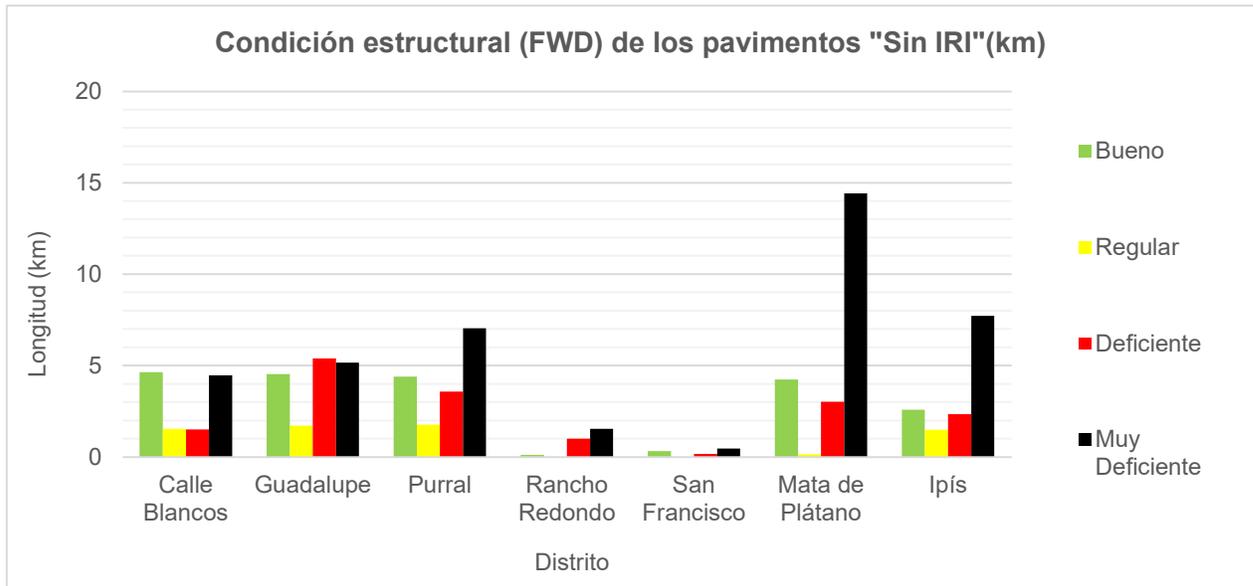


Figura 60. Condición estructural (FWD) por distrito de las rutas "Sin IRI".

10.2 Condición funcional de los pavimentos asfálticos evaluados

La condición funcional (IRI) identificada en los caminos de la red vial de Goicoechea con superficie de mezcla asfáltica en caliente se resume en los gráficos por km y por Tramos Homogéneos (THs) de la Figura 61. Los THs fueron ajustados a la codificación de caminos de la red vial cantonal.

Una pequeña proporción de la red vial cantonal, que corresponde con 4% (4,80 km y 14 THs) presenta una condición funcional buena, lo que se asocia con caminos cuya superficie es uniforme y confortable para el usuario ya que presentan un IRI menor a 3,6 m/km.

La red vial cantonal en condición funcional regular es de 14% (18,09 km y 53 THs), lo que se asocia con caminos que presentan algunas irregularidades que son percibidas por los usuarios y le generan incomodidad moderada en su viaje. Además, en este tipo de caminos se puede acelerar el deterioro estructural debido al aumento de las cargas dinámicas producidas por la vibración y movimiento de la suspensión de los vehículos.

Se tiene un 14% (18,85 km, 58 THs) de la red vial cantonal que presenta una condición funcional mala y 4% (5,95 km, 21 THs) se encuentran en una condición muy mala. Lo anterior puede asociarse con caminos donde el usuario debe reducir la velocidad de operación debido al deterioro superficial avanzado del pavimento, que genera



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 78

irregularidades de moderadas a severas, así como al uso de metodologías constructivas con poco control de la regularidad (bacheo, recarpeteo sin perfilar la superficie existente, colocación de carpetas asfálticas sin utilizar pavimentadora y otros).

Por otro lado, la mayor parte de la red vial cantonal, que son 85,26 km (64%, 327 THs) no fue evaluada respecto de su condición funcional (Sin IRI), debido a lo acordado con la Municipalidad de Goicoechea, imposibilidad de realizar las mediciones o falta de acceso a los caminos, como se mencionó anteriormente.

Los mapas donde se muestra los resultados del IRI para cada distrito se adjuntan en el Anexo 8 y los informes de laboratorio de las mediciones de campo realizadas se adjuntan en Anexo 9.

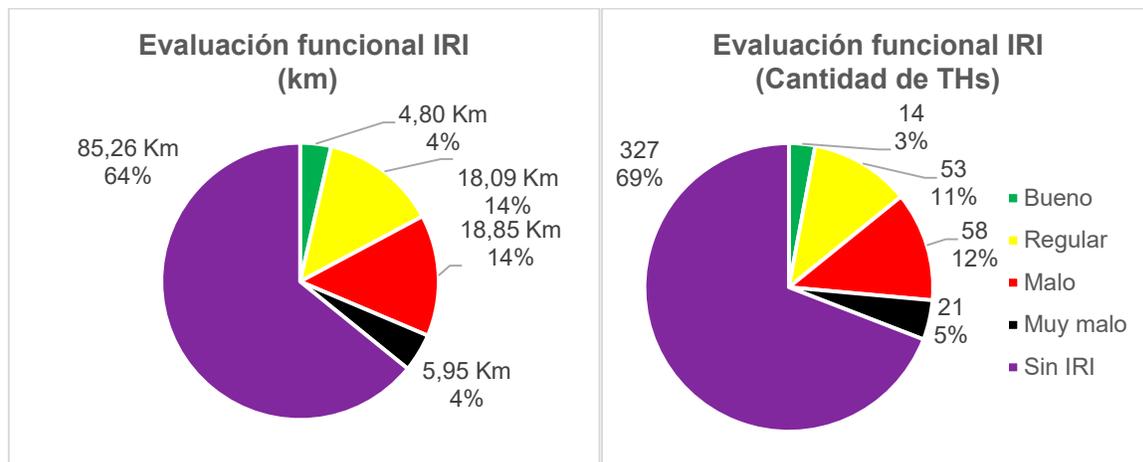


Figura 61. Distribución porcentual de la condición funcional de la red vial cantonal asfaltada.

Se puede observar en la Tabla 21 y el gráfico de la Figura 62 que la mayoría de los kilómetros evaluados se encuentran en condición regular o mala para todos los distritos, en comparación con los kilómetros que presentan una buena o muy mala condición. En los mapas de la Figura 63 a la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la condición funcional por tramos homogéneos de la red vial para cada distrito.

En el caso del distrito de Calle Blancos, se encontró que solo 1,44 km de red vial evaluada se encuentra en buena condición funcional, pero se tiene 10,37 km entre condición regular y mala, así como 1,57 km en condición muy mala. De forma similar ocurre en el distrito de Guadalupe, ya que la mayor parte de la red vial evaluada presenta una condición funcional regular o mala en 10 km. Mientras que se tiene solo 1,39 km en buena condición y 2,20 km en condición muy mala. Esto también ocurre en Purral, en menor cantidad de kilómetros, pues la mayor parte de la red vial evaluada en el distrito se encuentra en condición regular



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 79

o mala, con 2,48 km y 2,43 km, respectivamente. Así mismo, en Mata de Plátano se tiene 1,34 km en condición funcional regular, que constituye la mayor parte de la red vial del distrito evaluada.

Por otro lado, en los distritos de San Francisco e Ipís, se observa que la mayor parte de la red vial cantonal evaluada presenta una condición funcional mala con 2,02 km y 3,76 km, respectivamente. Lo cual ocurre de manera similar en el distrito de Rancho Redondo, donde sólo se evaluó la condición funcional en 0,16 km, que también presenta una mala condición.

Lo anterior indica que, existe una buena parte de la red vial que presenta deterioros superficiales moderados que se asocian a una condición funcional regular, que pueden ser atendidos antes de que pasen a una mala condición y generen mayor incomodidad a los usuarios. Sin embargo, también existe una porción considerable de red vial en estos distritos que presenta condiciones malas y muy malas, donde posiblemente los usuarios deben reducir su velocidad de circulación debido a las irregularidades de la superficie de rudo.

Tabla 21. Condición funcional (IRI) de la RVC por distrito.

Distrito	Condición funcional (IRI)					Total (km)
	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	Sin IRI	
Calle Blancos	1,44	5,34	5,03	1,57	12,16	25,53
Guadalupe	1,39	5,00	4,97	2,20	16,77	30,33
Purrál	1,13	2,48	2,43	1,20	16,77	24,01
Rancho Redondo	-	-	0,16	-	2,66	2,82
San Francisco	0,06	1,29	2,02	0,25	0,95	4,57
Mata de Plátano	0,17	1,34	0,48	-	21,82	23,81
Ipís	0,62	2,65	3,76	0,73	14,13	21,88
Total (km)	4,80	18,09	18,85	5,95	85,26	132,94

EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 80

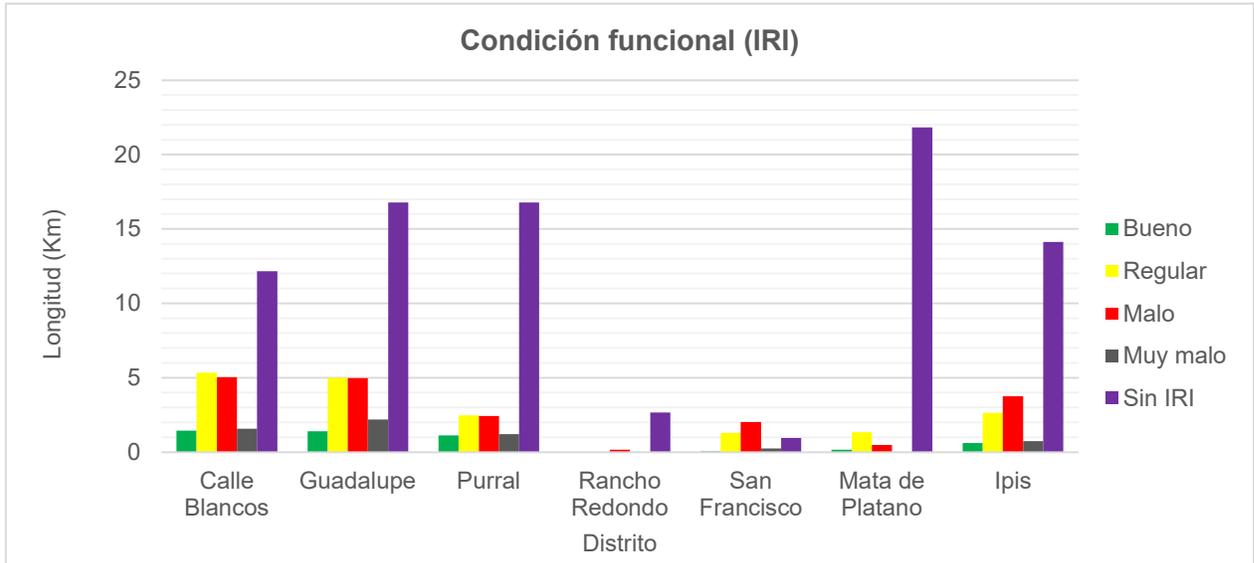


Figura 62. Condición funcional (IRI) de la RVC por distrito.

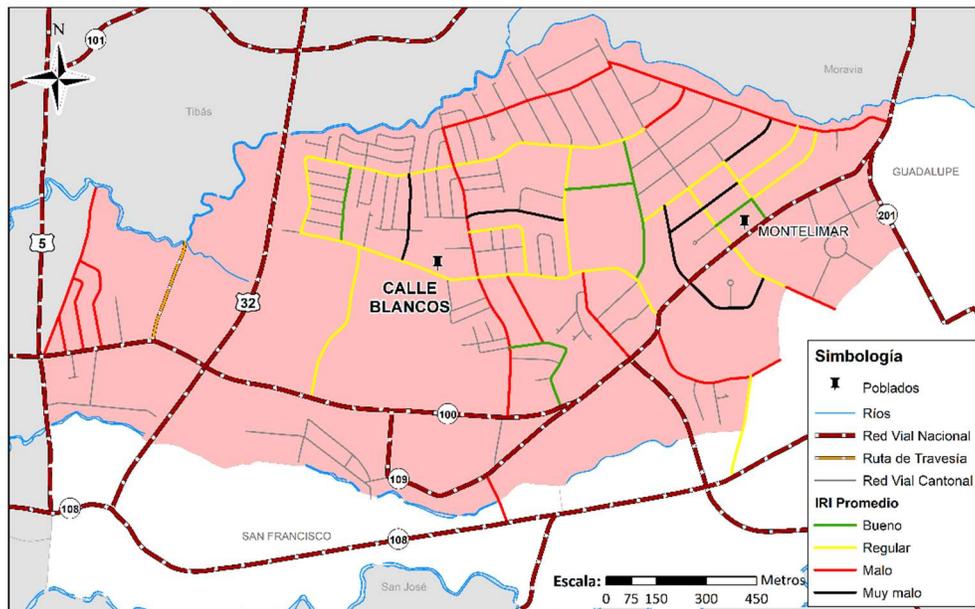


Figura 63. Condición funcional de la RVC asfaltada de Calle Blancos.

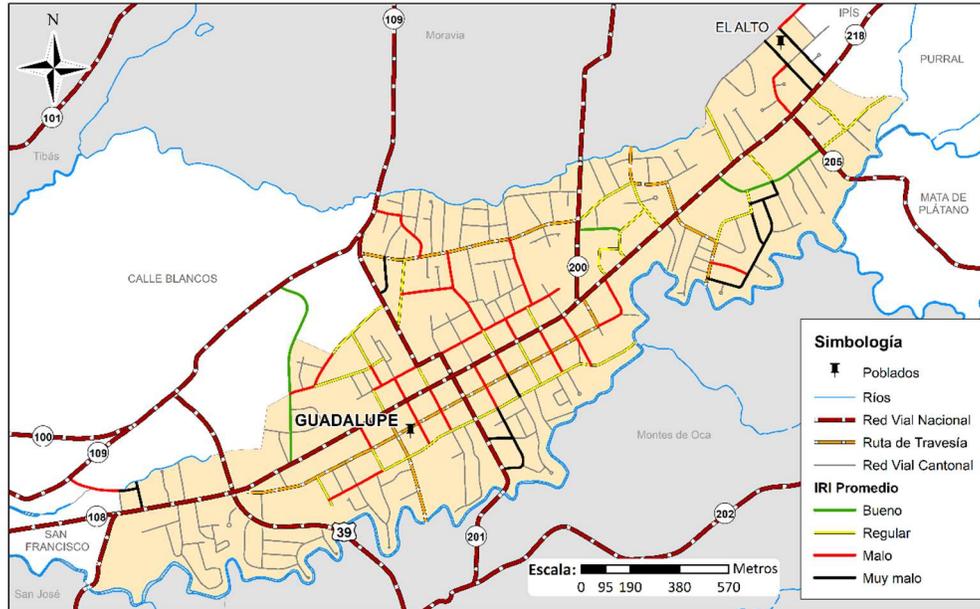


Figura 64. Condición funcional de la RVC asfaltada de Guadalupe.

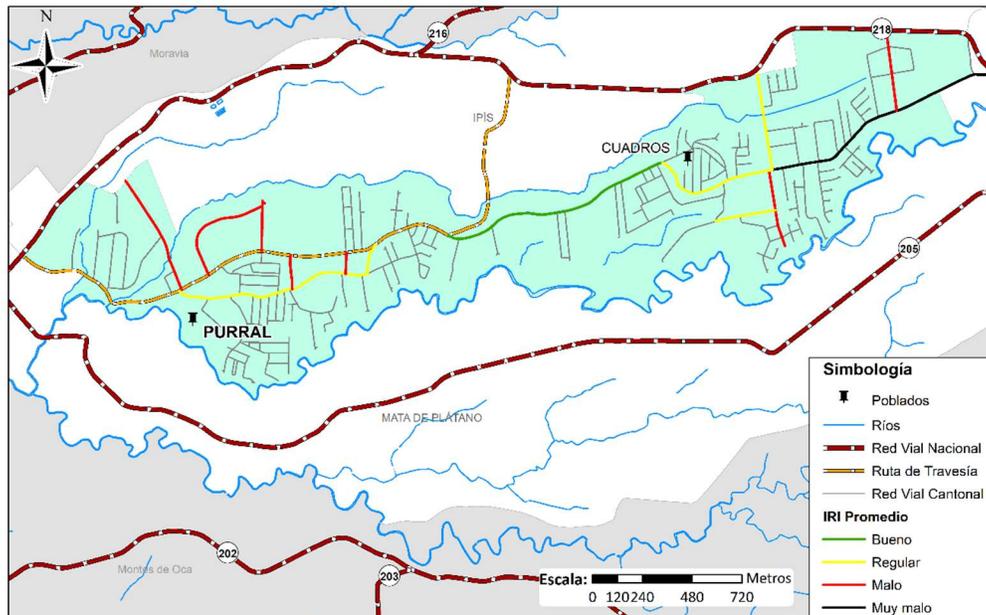


Figura 65. Condición funcional de la RVC asfaltada de Purral.

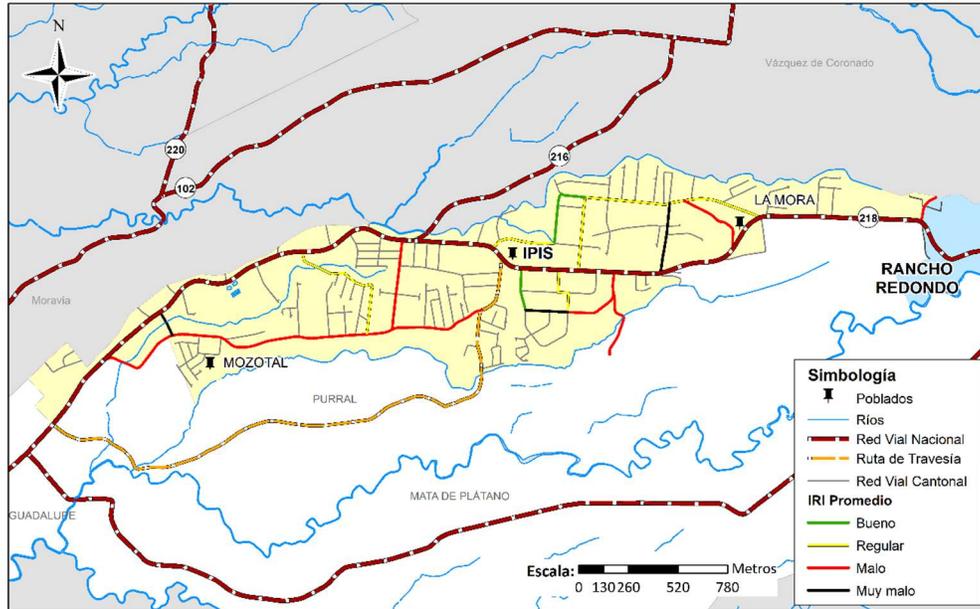


Figura 66. Condición funcional de la RVC asfaltada de Ipís y Rancho Redondo.

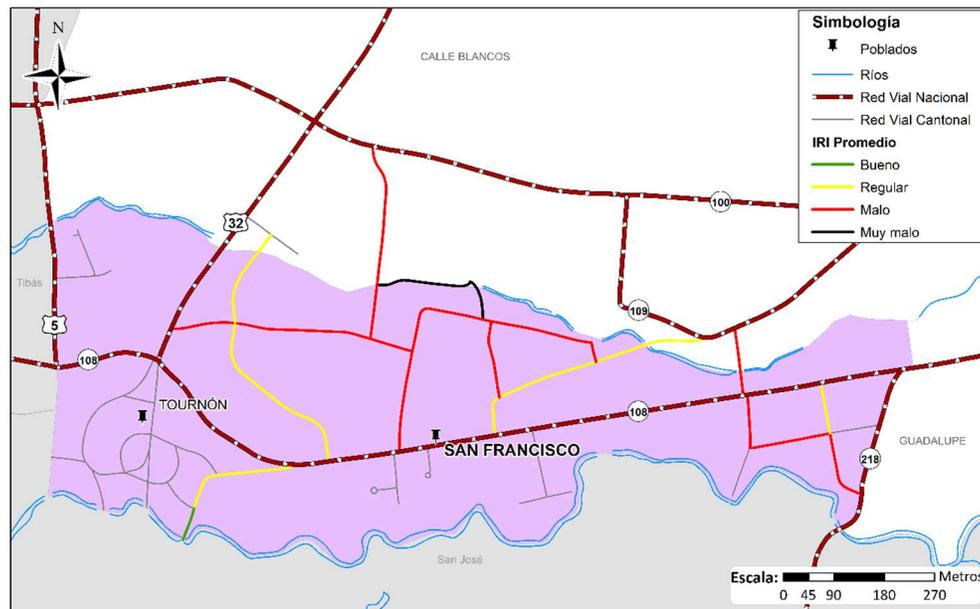


Figura 67. Condición funcional de la RVC asfaltada de San Francisco.

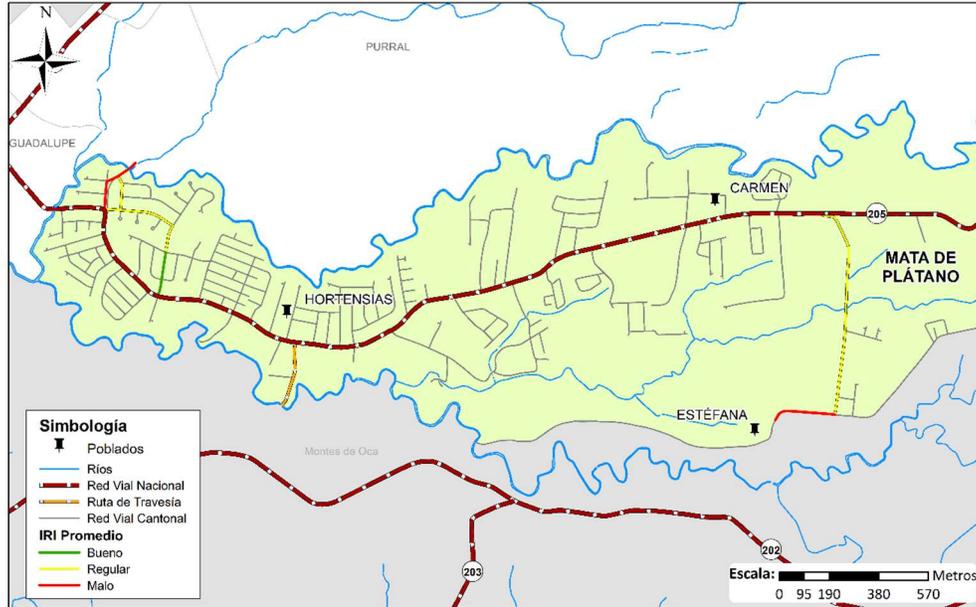


Figura 68. Condición funcional de la RVC asfaltada de Mata de Plátano.

10.3 Notas de calidad

Se asignó una Nota de Calidad para cada tramo homogéneo de los 47,68 km de la red vial cantonal asfaltada de Goicoechea, para la cual se estableció la condición funcional y estructural. Lo anterior, de acuerdo con la metodología descrita en los apartados 5.3.3 y 5.3.4 de este documento. La Tabla 22 y los gráficos de la Figura 69 muestran la distribución porcentual de Notas de Calidad por longitud y tramos homogéneos de la red vial cantonal asfaltada de Goicoechea.

Los 85,26 km restantes, donde no se estableció la condición funcional, cuentan con la evaluación de la condición estructural como insumo para su gestión vial. En este sentido, también se muestra el gráfico de la Figura 70, donde se excluye los kilómetros de la red vial cantonal que no cuentan con Notas de Calidad.

La red vial cantonal asfaltada presenta un total de 29,03 km (22%) que se evaluaron con Notas de Calidad R-1, R-2, R-3 y NP, lo que se asocia a pavimentos que presentan condición estructural deficiente o muy deficiente y variedad en su condición funcional, desde bueno hasta muy malo. Es decir, son rutas donde existe deficiencia en los suelos, capas granulares y superficie de ruedo para soportar las cargas vehiculares, a pesar de que en algunos casos no muestren deterioros superficiales severos.



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 84

De forma similar, se tiene 11,22 km (8%) de la red vial cantonal que presenta Notas de Calidad Q6, Q8 y Q9, que son pavimentos con condición estructural deficiente, pero variedad de su condición funcional desde bueno hasta malo, sin llegar a muy malo. Esto se puede asociar a pavimentos donde se ha colocado sobrecapa de ruedo recientemente, pero persisten problemas estructurales en sus capas inferiores y suelo.

Se identificó 1,80 km (1%) de la red vial cantonal con Nota de Calidad Q7 y RH-RF que corresponde a pavimentos con condición estructural regular y condición funcional mala o muy mala, donde posiblemente se requiera medidas de mantenimiento o rehabilitación menor que corrijan los deterioros funcionales, pero que también permitan mejorar la capacidad estructural del pavimento.

Se identificó 1,89 km (1%) de la red vial cantonal con Nota de Calidad Q4, que corresponde a pavimentos con buena condición estructural, pero deterioros superficiales moderados y severos que afectan su condición funcional. En estos casos, se debe buscar mejorar las condiciones de regularidad superficial, para evitar que se afecte la capacidad estructural del pavimento en el mediano plazo.

Se tiene 2,66 km (2%) de la red vial cantonal con Nota de Calidad Q1, Q2 y Q3, que se asocian a una buena condición funcional y una condición estructural de regular a buena. Estos pavimentos son candidatos a actividades de conservación vial, para mantener su buena condición y evitar el deterioro, sobre todo en el caso de las rutas que presentan condición estructural regular (Q3), que pueden pasar a una condición mala en el corto plazo, si no se atienden con medidas de conservación vial.

Finalmente, se encontró que en 1,08 km (1%) de la red vial cantonal se presenta una Nota de Calidad Q5, que se asocia con pavimentos en condición regular, tanto funcional, como estructuralmente. En estos casos, se debe realizar un análisis más detallado de los pavimentos a nivel de proyecto para determinar qué acciones se deben tomar para su mantenimiento, dado que se encuentran en un punto intermedio de su curva de deterioro. Los valores porcentuales indicados en los párrafos anteriores varían al descartar la red vial cantonal donde no se evaluó la condición funcional, como se muestra en Figura 70, lo que permite observar de forma más clara la distribución de kilómetros asociados a cada Nota de Calidad.

Los mapas de Notas de Calidad para la red vial asfaltada de cada distrito de Goicoechea se muestran de la Figura 73 a la Figura 78.

Se destaca que existe 85,5 km “sin Notas Q” en razón de que por su condición a estos tramos sólo se les puede evaluar su condición estructural.



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 85

Tabla 22. Distribución porcentual de Notas Q en la red vial cantonal asfaltada de Goicoechea.

Nota de calidad	Longitud de caminos		Tramos Homogéneos (TH)	
	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Cantidad	Porcentaje (%)
Q1	0,23	0,2%	15	3,2%
Q2	2,15	1,6%	2	0,4%
Q3	0,28	0,2%	8	1,7%
RH-RF	0,61	0,5%	2	0,4%
Q4	1,89	1,4%	6	1,3%
Q5	1,08	0,8%	5	1,1%
Q7	1,19	0,9%	3	0,6%
Q6	1,45	1,1%	6	1,3%
Q8	5,61	4,2%	16	3,4%
Q9	4,16	3,1%	12	2,5%
R-1	2,84	2,1%	7	1,5%
R-2	9,25	7,0%	24	5,1%
R-3	12,44	9,4%	38	8,0%
NP	4,51	3,4%	2	0,4%
Sin Nota Q	85,26	64,1%	327	69,1%
Total general	132,94	100%	473	100%

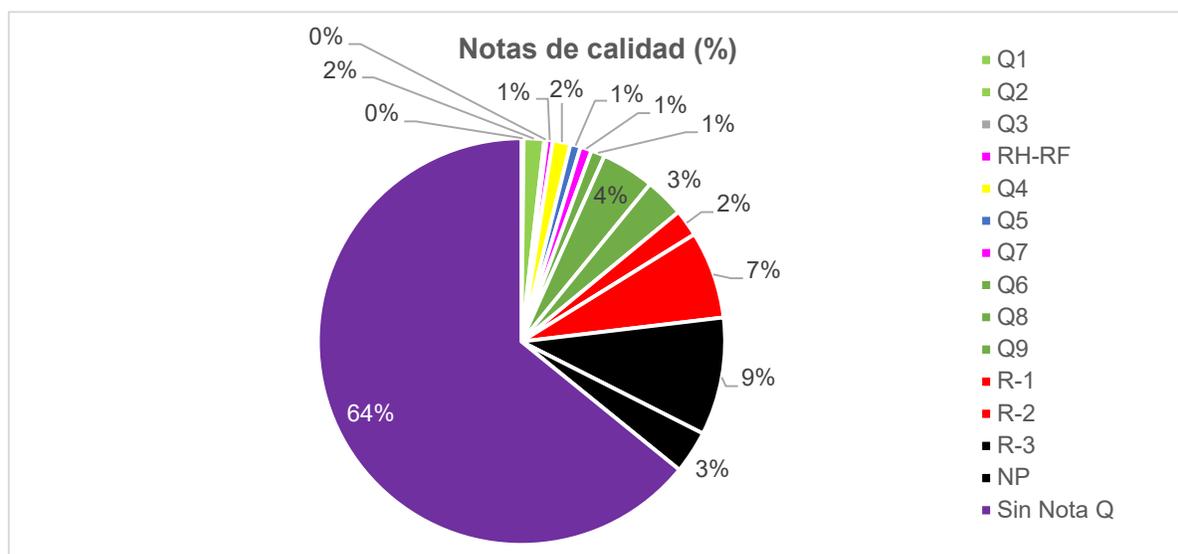


Figura 69. Distribución de Notas de Calidad para la red vial cantonal asfaltada.

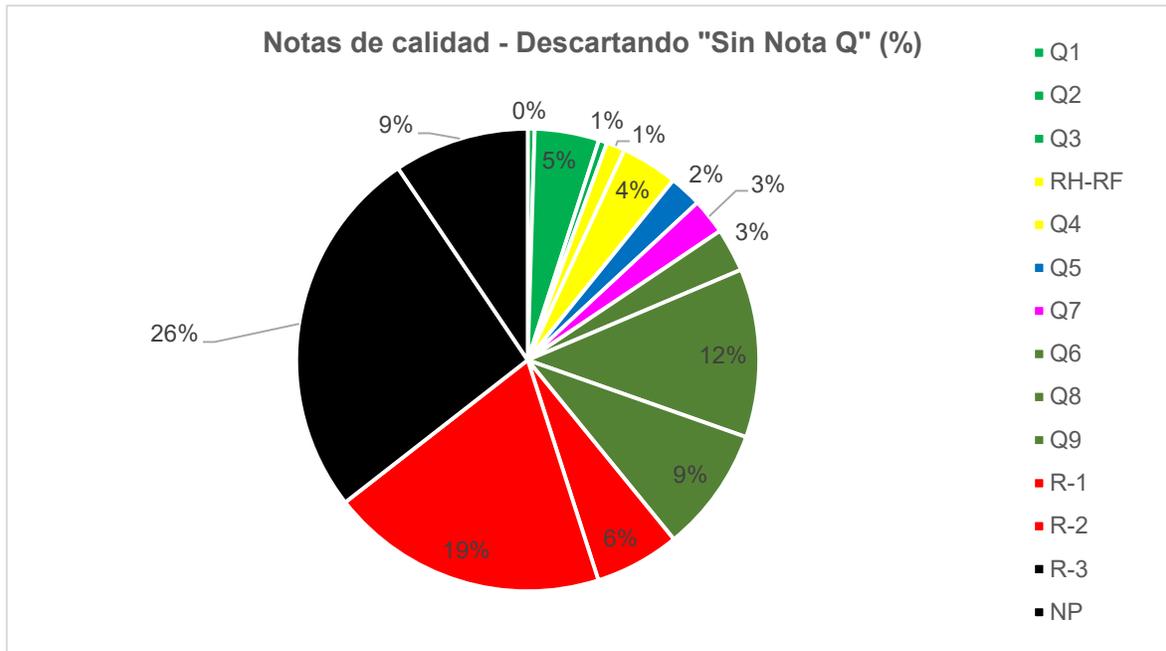


Figura 70. Distribución de Notas de Calidad para la red vial cantonal asfaltada, descartando “Sin Nota Q”.

Las Notas de Calidad obtenidas para cada distrito se pueden observar en la **Tabla 23** y el gráfico de la Figura 71 para toda la red vial de Goicoechea. De forma similar, en el gráfico de la Figura 72 se presentan los datos por distrito, pero sin incluir las rutas donde sólo se realizó la evaluación de la condición estructural (“Sin Nota Q”). Además, en los mapas de la Figura 73 a la Figura 78 se muestra la Nota de Calidad para la red vial de cada distrito.

En cuanto al comportamiento por distrito de las Notas de Calidad, se puede observar que los distritos de Calle Blancos, Guadalupe, Purral e Ipís es donde mayor cantidad de kilómetros de red vial presentan Notas de Calidad R-1, R-2, R-3 y NP, con 27,6 km entre los cuatro distritos. Estos pavimentos presentan condición estructural deficiente o muy deficiente y variedad en su condición funcional, desde bueno hasta muy malo. Esto puede asociarse a rutas con mucho deterioro superficial o donde se ha mejorado la superficie de ruedo, pero la estructura de pavimento conserva deterioro o tiene baja capacidad de soporte.

De forma similar, Calle Blancos, Guadalupe e Ipís son los distritos donde se identificó mayor cantidad de kilómetros de rutas con Notas de Calidad Q6, Q8 y Q9, con 9,55 km entre los tres. Estos pavimentos, también pueden asociarse a rutas donde los deterioros superficiales no son severos o se ha invertido en sobrecapas de ruedo de bajo espesor, pero se mantiene una condición estructural deficiente.



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 87

Los pavimentos que presentan Nota de Calidad Q4 se encuentran en el distrito de Calle Blancos y de San Francisco, con 1,17 km y 0,46 km, respectivamente. En estas rutas se tiene buena capacidad estructural, pero deterioros superficiales moderados y severos.

Los distritos de Guadalupe, Rancho Redondo, San Francisco e Ipís es donde se identificó pavimentos con Notas de Calidad RH-RF, Q7 y Q5, que reúnen un total de 2,88 km. Estas rutas presentan condición estructural regular, pero deterioro funcional moderado o severo, o en el caso de Q5 condición estructural y funcional intermedia. En estos pavimentos se puede valorar mejoras de tipo funcional para evitar deterioro estructural en el mediano plazo o en su defecto, se debe implementar un análisis a nivel de proyectos para determinar la condición específica de cada caso y las medidas de mantenimiento a implementar.

Finalmente, los pavimentos que presentan buena condición funcional y estructural se encuentran en su mayoría en los distritos de Calle Blancos con 0,80 km, Purral con 0,62 km y Mata de Plátano con 0,65 km. Lo anterior muestra que en todos los distritos los pavimentos en buena condición constituyen una pequeña proporción de la red vial de cada distrito y del cantón en general.

Tabla 23. Distribución de Notas de Calidad por distrito para la red vial cantonal asfaltada.

Nota de Calidad	Distrito (km)							Total (km)
	Calle Blancos	Guadalupe	Purral	Rancho Redondo	San Francisco	Mata de Plátano	Ipís	
Q1	-	-	-	-	0,06	0,17	-	0,23
Q2	0,52	0,20	0,62	-	0,32	0,49	-	2,15
Q3	0,28	-	-	-	-	-	-	0,28
RH-RF	-	-	-	-	0,25	-	0,37	0,61
Q4	1,17	-	-	-	0,72	-	-	1,89
Q5	-	0,62	-	-	0,46	-	-	1,08
Q7	-	0,48	-	0,16	0,54	-	-	1,19
Q6	0,23	1,22	-	-	-	-	-	1,45
Q8	1,97	1,51	0,46	-	0,51	0,45	0,70	5,61
Q9	2,14	1,38	-	-	-	0,24	0,40	4,16
R-1	0,93	0,17	1,13	-	-	-	0,62	2,84
R-2	2,85	2,66	1,39	-	-	0,40	1,95	9,25
R-3	2,22	3,28	2,43	-	0,76	0,24	3,50	12,44
NP	1,06	2,02	1,20	-	-	-	0,22	4,51
Sin Nota	12,16	16,77	16,77	2,66	0,95	21,82	14,13	85,26
Total	25,53	30,33	24,01	2,82	4,57	23,81	21,88	132,94

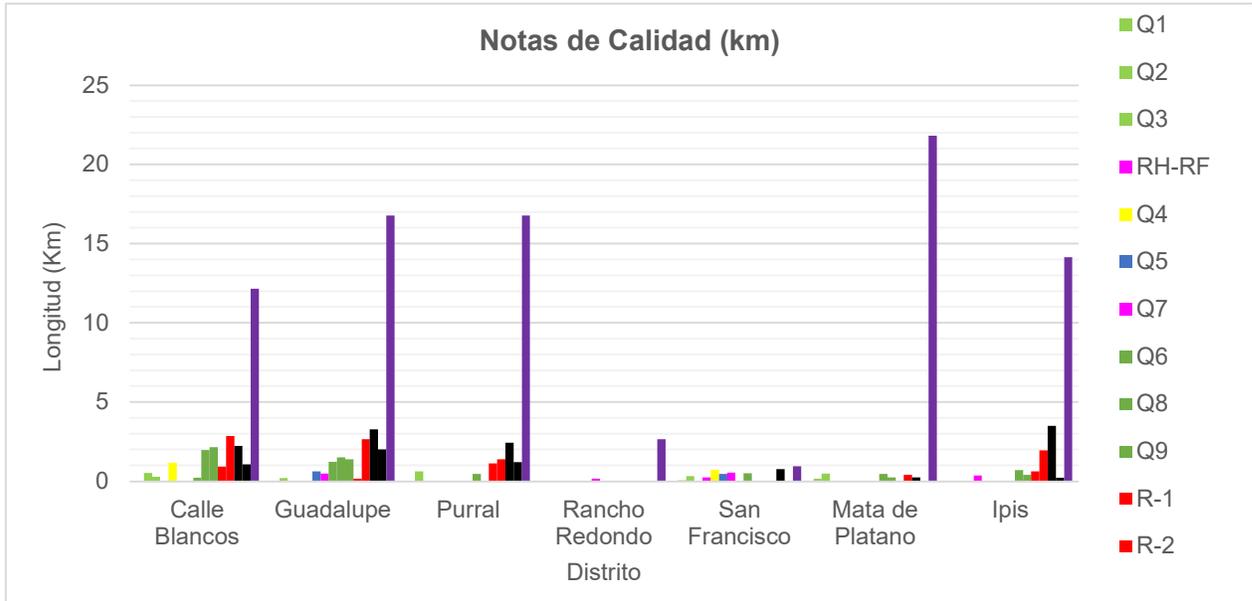


Figura 71. Distribución de Notas de Calidad por distrito para la red vial cantonal asfaltada.

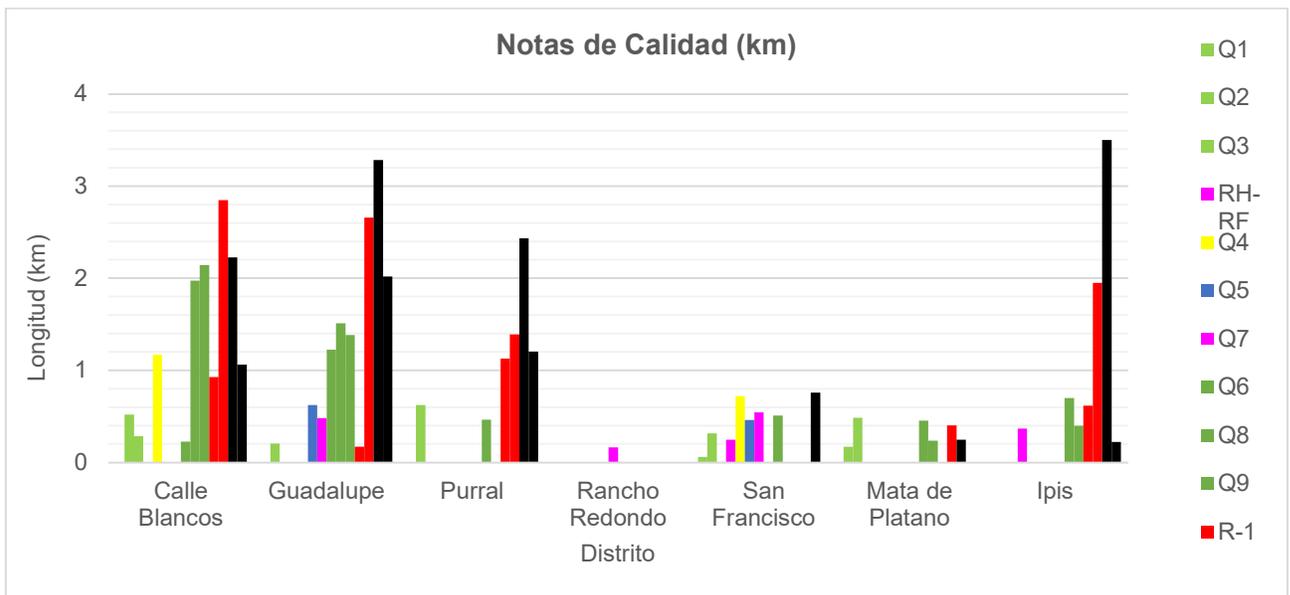


Figura 72. Distribución de Notas de Calidad por distrito para la red vial cantonal asfaltada, descartando "Sin Nota Q".

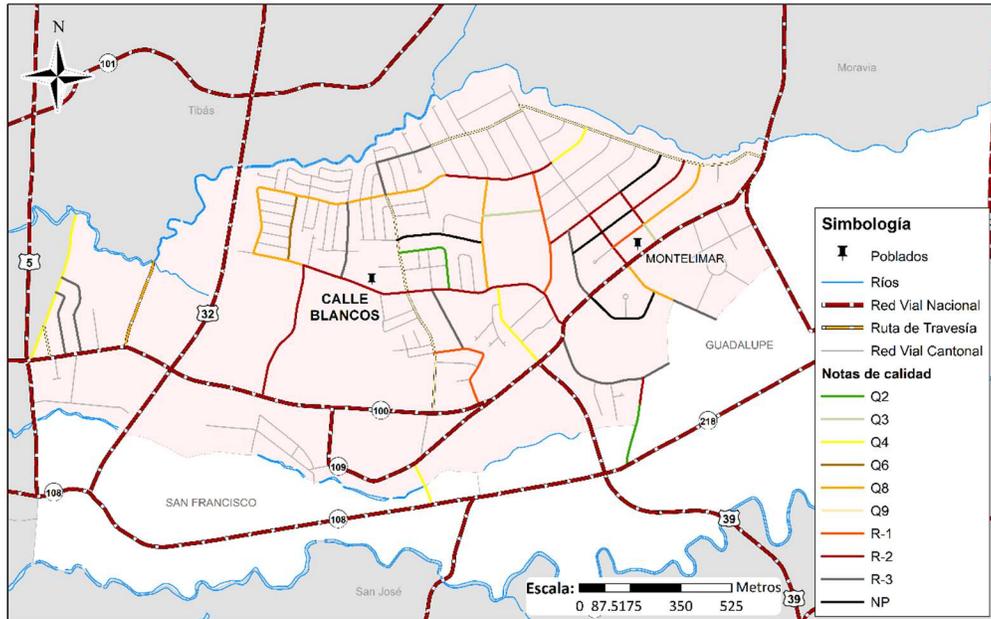


Figura 73. Notas de Calidad de la RVC asfaltada de Calle Blancos.

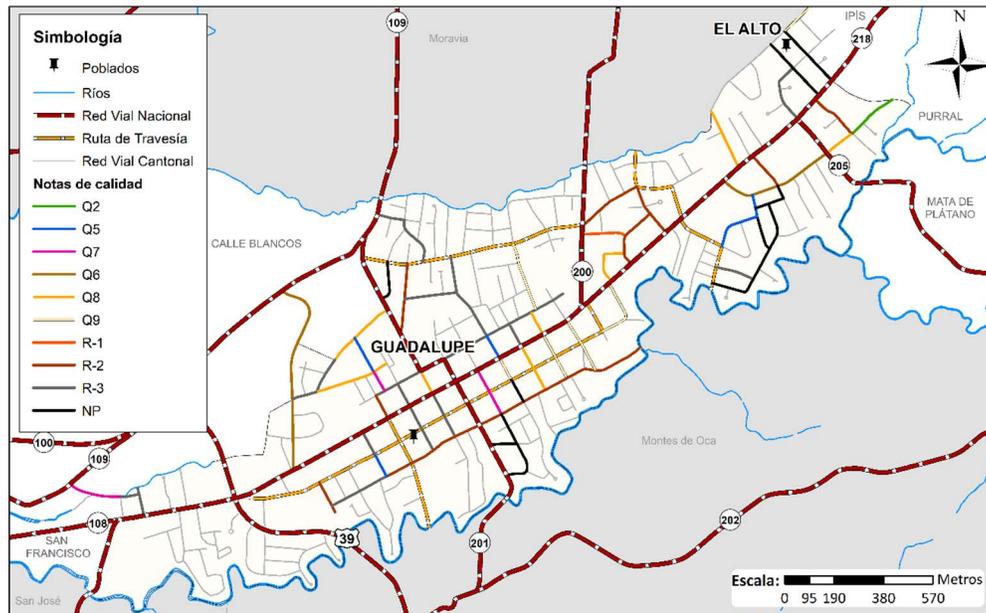


Figura 74. Notas de Calidad de la RVC asfaltada de Guadalupe.

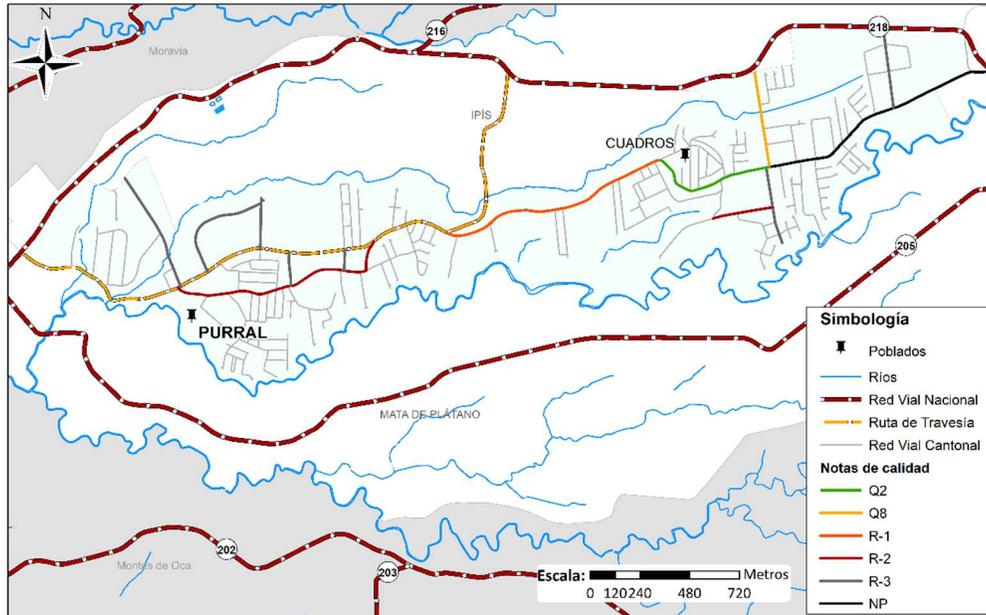


Figura 75. Notas de Calidad de la RVC asfaltada de Purral.

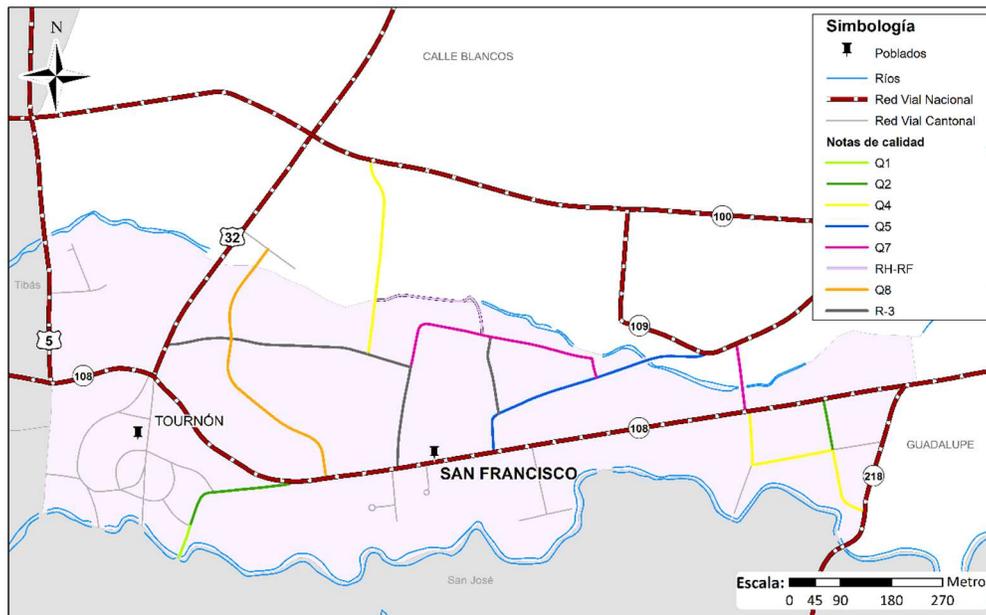


Figura 76. Notas de Calidad de la RVC asfaltada de San Francisco.

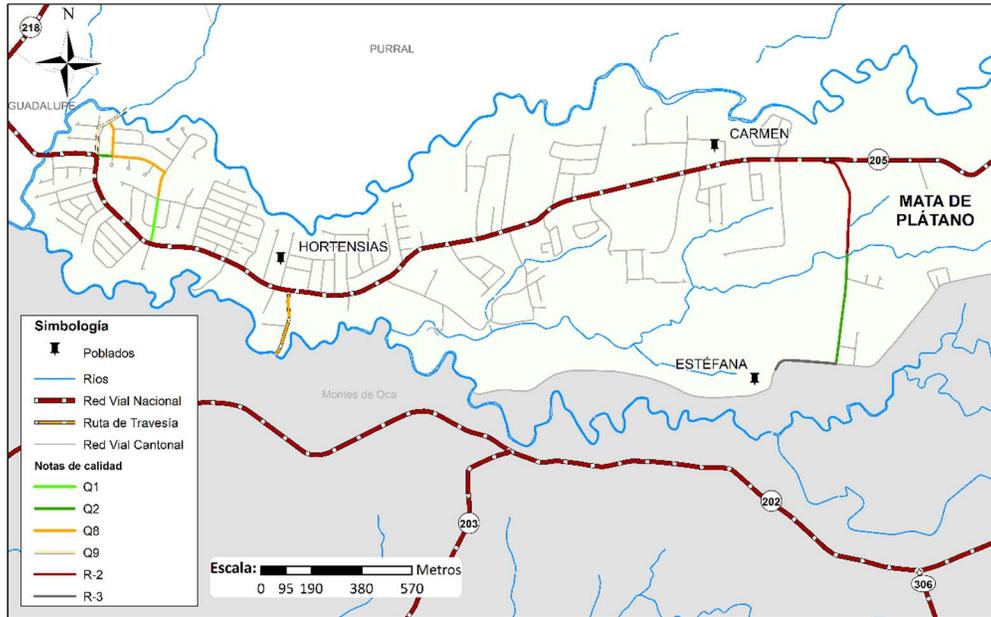


Figura 77. Notas de Calidad de la RVC asfaltada de Mata de Plátano.

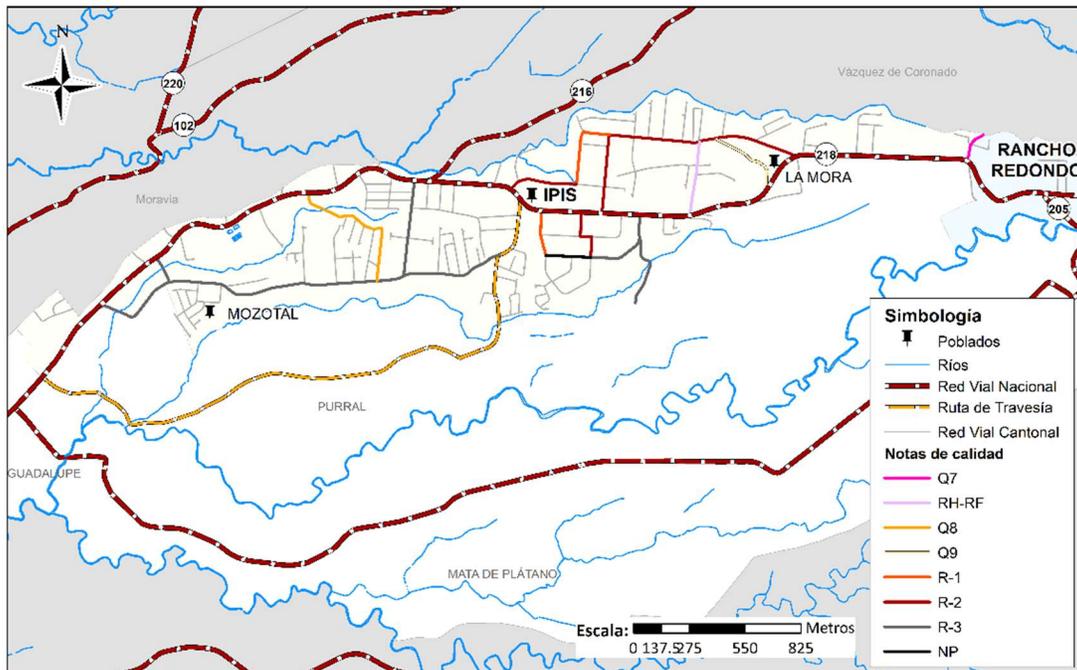


Figura 78. Notas de Calidad de la RVC asfaltada de Ipís y Rancho Redondo.



10.4 Tipos de intervención a nivel de red

Luego de asignar la Notas de Calidad, a cada Tramo Homogéneo (TH) se le asocia un Tipo de Intervención a Nivel de Red, de manera que la Municipalidad pueda utilizarlo como referencia para realizar la planificación a mediano plazo de la conservación de la red vial. Posteriormente, podrá realizar análisis adicionales para definir con mayor detalle, a nivel de proyecto, las acciones de mantenimiento a nivel de proyecto antes de intervenir cada ruta. La distribución porcentual de los Tipos de Intervención para la red vial cantonal de Goicoechea se muestra en la

Tabla **24** por longitud y tramos homogéneos y en el gráfico de la Figura 81. En el gráfico de la Figura 82 se muestra la distribución porcentual de los Tipos de Intervención, pero sin incluir la red vial cantonal donde no se determinó la condición funcional (IRI). Adicionalmente, los mapas de Tipo de Intervención para la red vial cantonal asfaltada de cada distrito se muestran de la Figura 83 a la Figura 87.

Se puede observar que un 13% (16,95 km, 53 THs) son rutas candidatas a Reconstrucción debido a que presentan alto deterioro funcional y estructural. La sustitución de la capa de ruedo o colocación de sobrecapa para mejorar la regularidad superficial, no es la solución más eficaz, ni eficiente de invertir los recursos en estos pavimentos, porque se deteriorarían en el corto plazo posiblemente. En estos casos se recomienda la reconstrucción de la estructura de pavimento desde el suelo subrasante y capas granulares intermedias, lo cual se asocia con los mayores costos de intervención.

Se identificó que un 18% (23,31 km, 62THs) de la red vial cantonal que se asocian a Rehabilitación Mayor y Rehabilitación Mayor Inmediata. En estos pavimentos se requiere la intervención de las capas granulares y la superficie de ruedo. Cuando se indica que la rehabilitación mayor sea inmediata, se refiere a que el pavimento tiene un alto nivel de deterioro estructural y en poco tiempo puede pasar a la categoría de condición e intervención siguiente en el corto plazo, donde posiblemente sea necesario realizar una reconstrucción.

Se tiene un 1% (1,80 km, 8 THs) de la red vial cantonal en los cuales se recomienda realizar una Rehabilitación Menor, ya que son pavimentos donde se puede necesitar intervenciones a nivel de perfilado y sobrecapas estructurales de mezcla asfáltica en caliente. De forma similar, se identificó un 1% (1,08 km, 5 THs) de la red vial cantonal donde se recomienda realizar un Análisis a Nivel de Proyecto para determinar la mejor medida de intervención, de acuerdo con las condiciones propias de los pavimentos. Lo anterior, debido a que en estas rutas se tiene una condición funcional y estructural intermedia.

Los pavimentos donde se recomienda realizar Mantenimiento de Preservación y Recuperación Funcional constituyen un 3,4 % (4,55 km, 18THs) de la red vial cantonal. En los pavimentos que se encuentran en las mejores condiciones se recomienda realizar actividades de bajo costo como sellado de grietas y sellos asfálticos que permitan extender



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 93

la vida útil de las estructuras de pavimento, mientras que en los pavimentos que presentan condición funcional regular, se recomienda recuperar la regularidad superficial, con actividades como bacheos formales y perfilado de la superficie existente para la colocación de sobrecapa de mezcla asfáltica en caliente con pavimentadora.

Por otro lado, en 64% (85,3 km, 327 THs) de la red vial cantonal no se asoció un tipo de intervención debido a que no se realizó la evaluación funcional, como se mencionó en el apartado 10.1 y 10.2 de este documento. En estos pavimentos, se recomienda valorar la condición estructural identificada, junto con los deterioros superficiales que se puedan observar en sitio, para determinar con mayor precisión las intervenciones a realizar.

Tabla 24. Distribución del Tipo de Intervención en la red vial cantonal asfaltada de Goicoechea.

Tipo de Intervención a nivel de red	Longitud de caminos		Tramos Homogéneos (TH)	
	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Cantidad	Porcentaje (%)
Mantenimiento de preservación	2,66	2,0%	12,0	2,5%
Recuperación funcional	1,89	1,4%	6,0	1,3%
Análisis a nivel de proyecto	1,08	0,8%	5,0	1,1%
Rehabilitación menor	1,80	1,4%	8,0	1,7%
Rehabilitación mayor	11,22	8,4%	31,0	6,6%
Rehabilitación mayor inmediata	12,09	9,1%	31,0	6,6%
Reconstrucción	16,95	12,7%	53,0	11,2%
Sin tipo de intervención	85,26	64,1%	327,0	69,1%
Total general	132,94	100%	473	100%

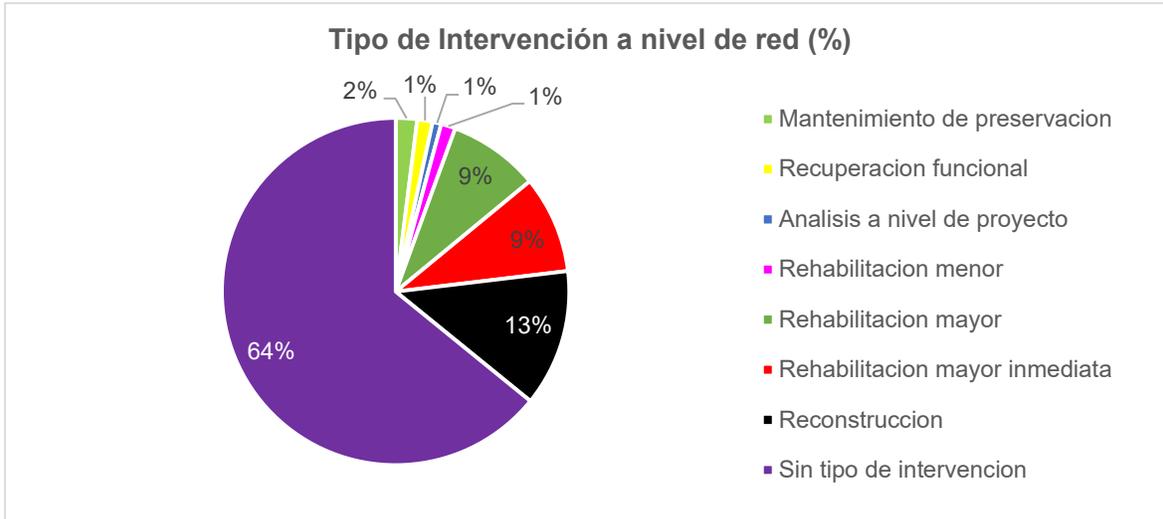


Figura 79. Distribución del Tipo de Intervención para la red vial cantonal asfaltada.

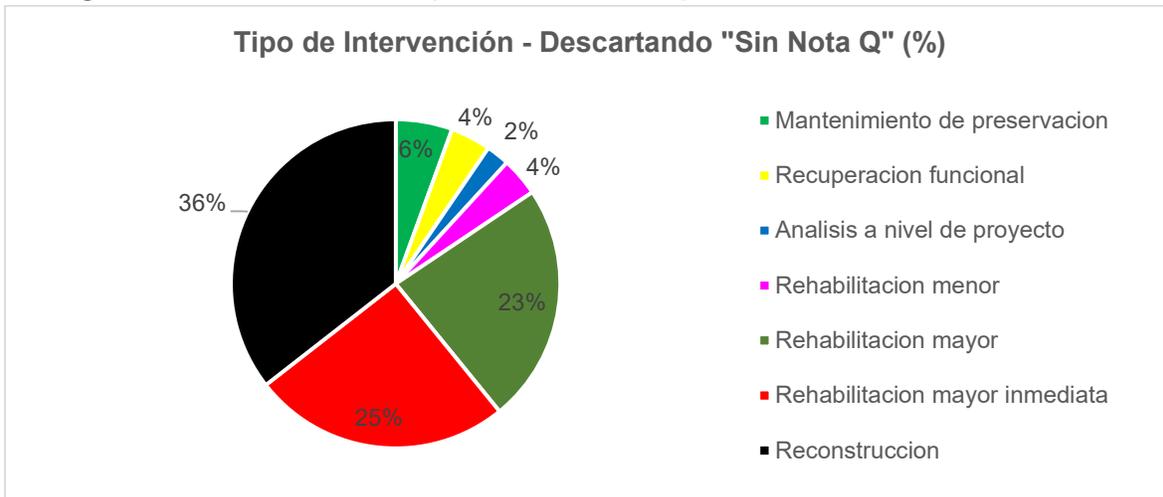


Figura 80. Distribución del Tipo de Intervención para la red vial cantonal asfaltada, descartando "Sin tipo de intervención".

El desglose por distrito del Tipo de Intervención recomendada a nivel de red para la red vial cantonal asfaltada se muestra en la Tabla 25 y Figura 81. Además, la ubicación de cada tramo homogéneo con su correspondiente Tipo de Intervención asociado se puede observar en los mapas por distrito la Figura 83 a la Figura 87. De forma similar, el gráfico de la Figura 82 corresponde al desglose por distrito del Tipo de Intervención, pero sin incluir las rutas donde no se evaluó la condición funcional (IRI) como se indicó en los apartados 10.1 y 10.2 de este documento.



Se puede observar que, en los distritos de Calle Blancos, Guadalupe, Purral e Ipís se tiene que una mayor parte de la red vial cantonal asfaltada requiere Reconstrucción, Rehabilitación Mayor Inmediata y Rehabilitación Mayor, esto debido al deterioro tanto estructural como funcional de los pavimentos, lo que requiere de intervenciones de alto costo. Por otro lado, se identifica pocos kilómetros de rutas donde se recomienda Mantenimiento de preservación y Recuperación funcional, que se asocian a pavimentos en buenas condiciones y bajos costos de intervención.

En cuanto al desglose de tipo de intervención para cada distrito, en Calle Blancos sólo 1,96 kilómetros de la red vial cantonal asfaltada evaluada con Notas de Calidad, se asocia con el tipo de intervención mantenimiento de preservación o la recuperación funcional. Sin embargo, la mayor parte de la red vial del distrito se asocia a Rehabilitación Mayor, Rehabilitación Inmediata y Reconstrucción, que sumados reúnen 11,40 km. Esto indica que en este distrito la mayoría de las rutas requieren de intervención de las capas intermedias granulares y sobrecapas estructurales. Además, se tiene 3,27 km donde se recomienda la Reconstrucción debido a su alto nivel de deterioro funcional y estructural.

En el distrito de Guadalupe se tiene que la mayor parte de la red vial asfaltada que fue evaluada con Notas de Calidad requiere Reconstrucción, con 5,30 km. También se tiene 2,83 km donde se recomienda la Rehabilitación Mayor Inmediata para evitar que estas rutas pasen a la categoría de reconstrucción en el corto plazo. Además, en 4,12 km se recomienda la Rehabilitación Mayor, que son rutas donde se requiere mejorar la capacidad estructural del pavimento, con sobrecapa de ruedo de mayor espesor y/o intervención de las capas granulares intermedias.

En el distrito de Purral, se tiene 3,64 km que constituye la mayor parte de la red vial asfaltada que fue evaluada con Notas de Calidad, donde se recomienda la Reconstrucción. Además, se tiene 2,52 km asociados a Rehabilitación Mayor Inmediata. Esto indica que en este distrito se requiere la intervención de los pavimentos desde las capas granulares y suelo subrasante en la mayor parte de sus rutas.

En el distrito de Rancho Redondo sólo se evaluó 0,16 km que requieren de una Rehabilitación Menor, lo que se asocia a sobrecapa de ruedo con aporte estructural o intervención de la base.

En el distrito de San Francisco se tiene una distribución más o menos equitativa entre los diferentes tipos de intervención recomendados para la red vial cantonal asfaltada que fue evaluada con Notas de Calidad. Las rutas asociadas a Mantenimiento de Preservación y recuperación funcional suman 1,10 km, se identificó 1,30 km asociados a Rehabilitación Menor y Rehabilitación Mayor en conjunto y solo 0,75 km que requieren Reconstrucción. En Mata de Plátano, la mayor parte de la red vial cantonal asfaltada que fue evaluada con Notas de Calidad se asocia a Rehabilitación Mayor, Rehabilitación Mayor Inmediata y Reconstrucción, que en conjunto suman 1,34 km. Por otro lado, sólo en 0,66 km se



recomienda Mantenimiento de preservación. Lo anterior indica que en este distrito las estructuras de pavimento requieren de intervenciones mayores de mediano y alto costo

En el distrito de Ipís no se identificó rutas asociadas a conservación vial de bajo costo, sino que la red cantonal asfaltada evaluada con Notas de Calidad requiere de rehabilitación Menor, Mayor o Reconstrucción. En específico, se identificó solo 0,37 km que requieren una Rehabilitación Menor, que se asocia al refuerzo del pavimento por medio de sobrecapa estructural. Se tiene 1,10 km que requieren Rehabilitación Mayor, lo que se asocia a intervenciones de la superficie de ruedo y capas granulares para aumentar el aporte estructural de los pavimentos en el mediano plazo. Mientras que se identificó 2,56 km donde se requiere Rehabilitación Mayor Inmediata porque son pavimentos cuya condición puede empeorar en el corto plazo. Finalmente, se requiere Reconstrucción en 3,72 km, que es la mayor parte de la red del distrito que fue evaluada con Notas de Calidad.

Tabla 25. Distribución del Tipo de Intervención por distrito de la red vial cantonal asfaltada.

Nota de Calidad	Distrito (km)							Total (km)
	Calle Blancos	Guadalupe	Purrál	Rancho Redondo	San Francisco	Mata de Plátano	Ipís	
Mantenimiento de	0,80	0,20	0,62	-	0,38	0,66	-	2,66
Recuperación funcional	1,17	-	-	-	0,72	-	-	1,89
Análisis a nivel de proyecto	-	0,62	-	-	0,46	-	-	1,08
Rehabilitación menor	-	0,48	-	0,16	0,79	-	0,37	1,80
Rehabilitación mayor	4,34	4,12	0,46	-	0,51	0,69	1,10	11,22
Rehabilitación mayor	3,77	2,83	2,52	-	-	0,40	2,56	12,09
Reconstrucción	3,29	5,30	3,64	-	0,76	0,24	3,72	16,95
Sin tipo de intervención	12,16	16,77	16,77	2,66	0,95	21,82	14,13	85,26
Total (km)	25,53	30,33	24,01	2,82	4,57	23,81	21,88	132,94

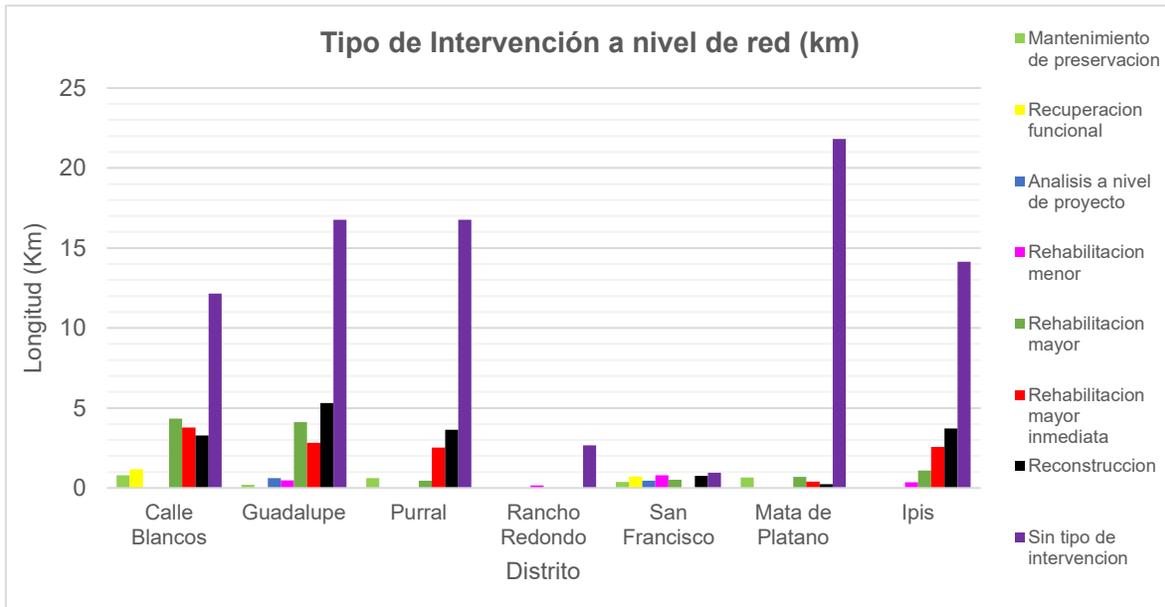


Figura 81. Distribución del Tipo de Intervención por distrito para la red vial cantonal asfaltada.

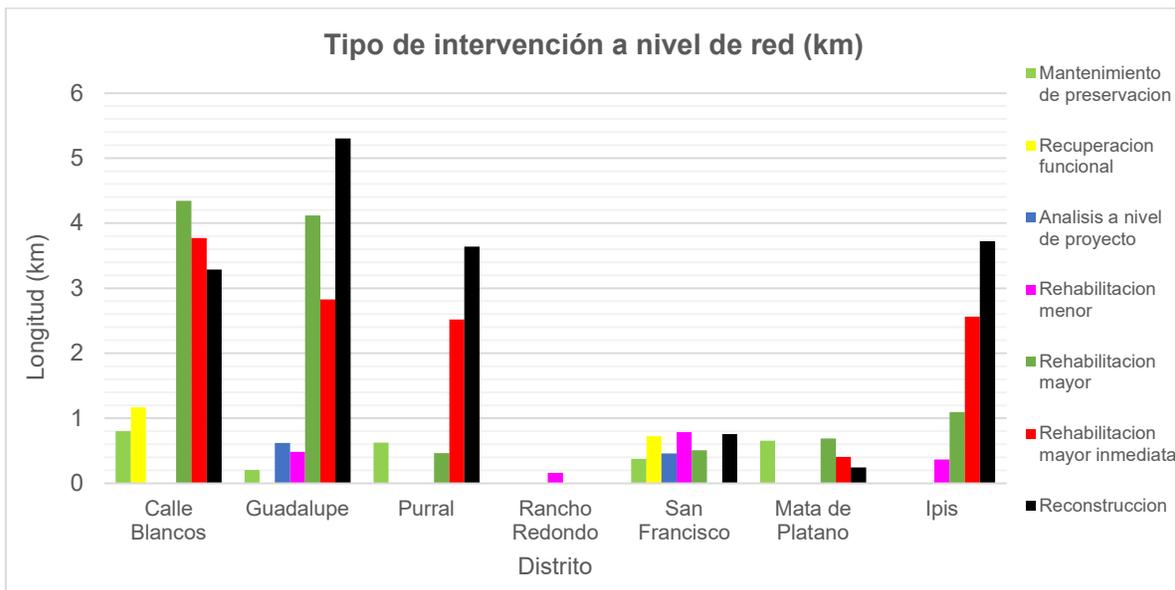


Figura 82. Distribución del Tipo de Intervención por distrito para la red vial cantonal asfaltada, descartando “Sin tipo de intervención”.



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 98

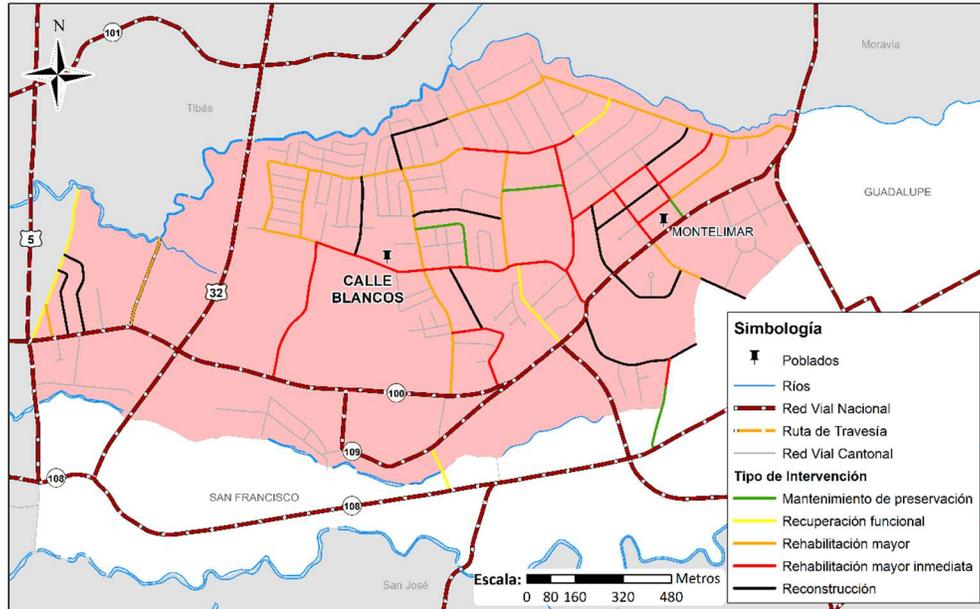


Figura 83. Tipo de Intervención a nivel de red para la RVC asfaltada de Calle Blancos.

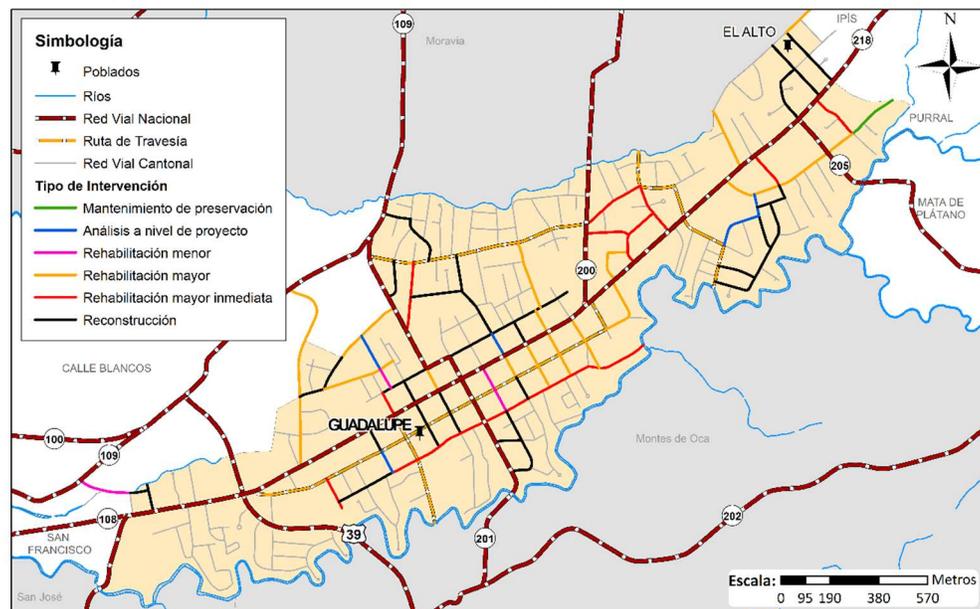


Figura 84. Tipo de Intervención a nivel de red para la RVC asfaltada de Guadalupe.

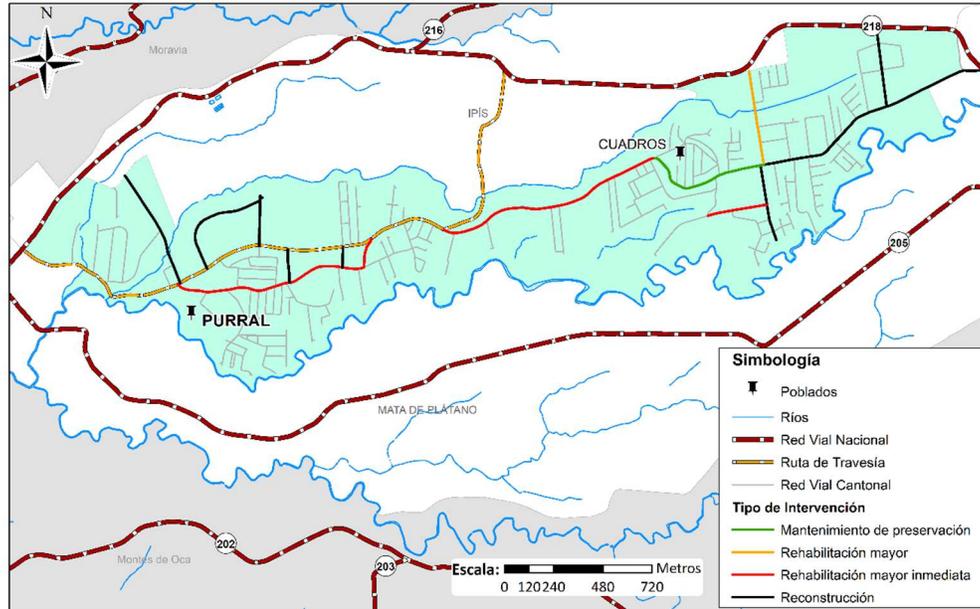


Figura 85. Tipo de Intervención a nivel de red para la RVC asfaltada de Purral.

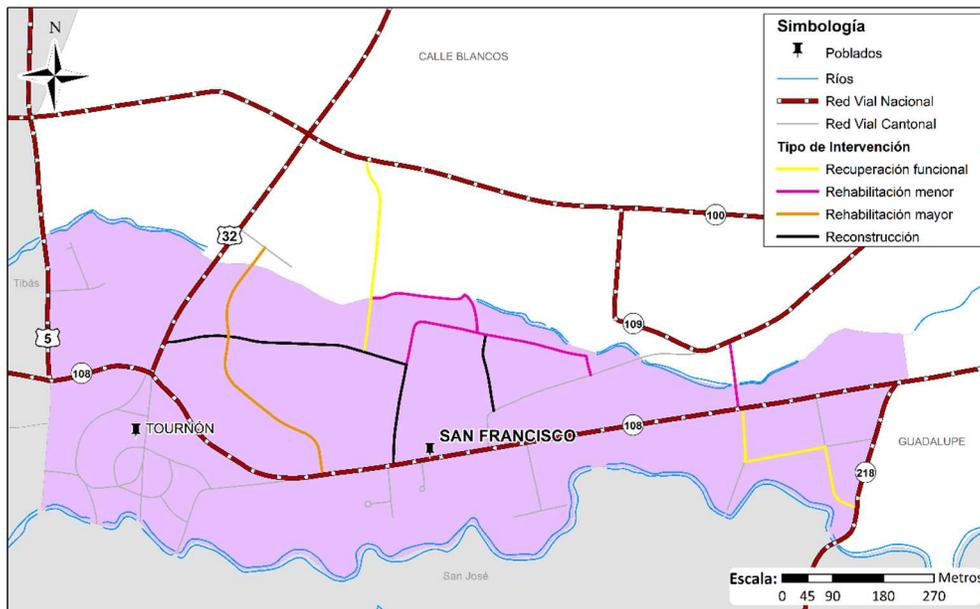


Figura 86. Tipo de Intervención a nivel de red para la RVC asfaltada de San Francisco.

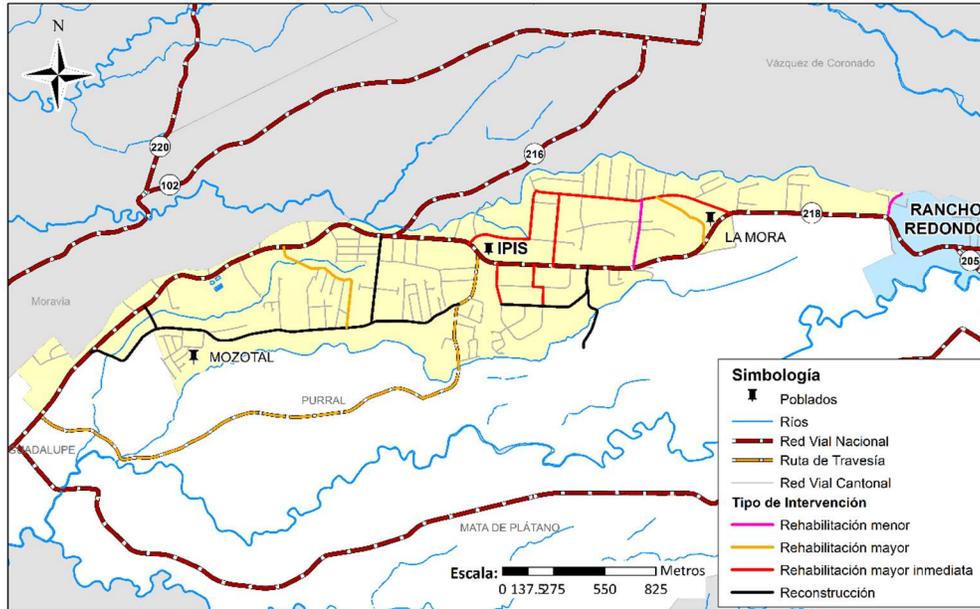


Figura 87. Tipo de Intervención a nivel de red para la RVC asfaltada de Ipís y Rancho Redondo.

11. Resultados de la evaluación de la red vial cantonal con metodología visual.

Se realizó evaluación visual en un total de 29,47 km de la red vial cantonal de Goicoechea, de acuerdo con lo indicado en el apartado 9 y la metodología explicada en el apartado 5.4. El desglose según la jerarquía vial y tipo de superficie de ruedo de las rutas evaluadas visualmente se muestra en la Tabla 26, Figura 88 y Figura 89. Además, la ubicación de cada ruta evaluada, el tipo de superficie de ruedo y su condición se muestra en los mapas de la Figura 99 a la Figura 105.

Se puede observar que la evaluación visual involucró principalmente rutas terciarias con 28,47 km, mientras que sólo se evaluó de esta forma 1,33 km entre rutas primarias y secundarias. Por otro lado, se tiene que la mayor parte de las rutas evaluadas tienen superficie de ruedo de concreto y mezcla asfáltica con 11,16 km y 7,49 km, respectivamente. También se evaluaron rutas terciarias de adoquín con 4,72 km, así como lastre y tierra que suman en conjunto 9,92 km.



Tabla 26. Evaluación Visual de la RVC de Goicoechea según jerarquía vial y tipo de superficie de ruedo.

Jerarquía Vial	Tipo de superficie de ruedo (km)					Total (km)
	Mezcla Asfáltica	Concreto	Adoquín	Lastre	Tierra	
Primaria	-	0,59	-	-	-	0,59
Secundaria	-	0,74	-	-	-	0,74
Terciaria	7,49	9,84	0,89	4,72	5,20	28,15
Total	7,49	11,16	0,89	4,72	5,20	29,47

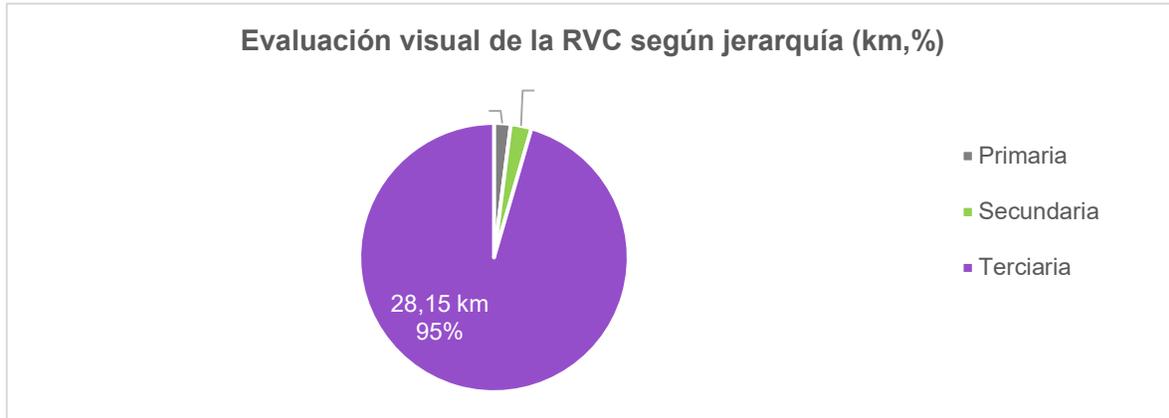


Figura 88. Evaluación Visual de la RVC de Goicoechea según jerarquía vial.

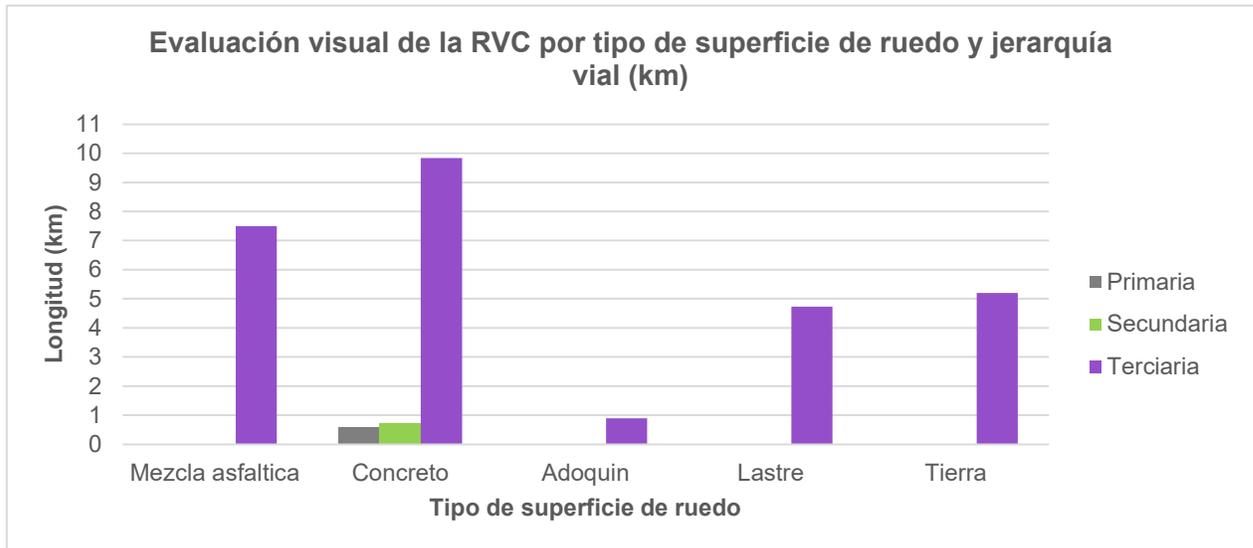


Figura 89. Evaluación Visual de la RVC de Goicoechea según tipo de superficie y jerarquía vial.

A continuación, se presenta el resultado de la evaluación visual para la red vial cantonal según el tipo de superficie de ruedo y el desglose correspondiente por distrito.

- **Evaluación visual de la red vial cantonal con superficie de ruedo asfáltica**

Se evaluó un total de 7,49 km de red vial con superficie de ruedo de mezcla asfáltica en caliente en el cantón Goicoechea, por medio de la metodología indicada en el Apartado de 5.4.1. El resumen de los resultados de la evaluación visual para estos caminos se muestra en la Tabla 27 y Figura 90.

Se puede observar que la mayor parte de las rutas con superficie asfáltica que fueron evaluadas visualmente, presentan condición excelente o buena lo que suma 3,86 km. Esta condición se asocia con intervenciones recientes de sustitución de la superficie de ruedo o donde se ha colocado sobrecapa de mezcla asfáltica. En estos caminos se recomienda dar seguimiento y realizar actividades de mantenimiento de preservación como como sellos de grietas y tratamientos superficiales asfálticos.

Se identificó un total de 0,88 km en condición regular, lo que se asocia principalmente a la presencia de deterioros moderados o irregularidades superficiales producto de la colocación de sobrecapa de mezcla asfáltica sin perfilar la superficie existente. En estos caminos se recomienda monitorear su condición superficial para determinar el momento idóneo de realizar actividades de mantenimiento que permitan corregir deterioros y recuperar la regularidad superficial, como: bacheo formal, perfilado y



colocación de sobrecapa no estructural o con aporte estructural según se defina en un análisis a nivel de proyecto.

Por otro lado, se tiene 2,49 km en mala condición donde se recomienda realizar actividades de rehabilitación menor o mayor según indique un análisis más detallado a nivel de proyecto. Además, se identificó 0,27 km en pésima condición lo que se puede asociar con la necesidad de realizar rehabilitación mayor inmediata o reconstrucción.

Tabla 27. Evaluación visual de red vial con superficie de ruedo asfáltica.

Condición	Distrito						Total (km)
	Calle Blancos	Guadalupe	Purral	Rancho Redondo	Mata de Plátano	Ipís	
Excelente	0,14	0,56	0,30	-	0,20	0,65	1,86
Bueno	0,15	0,21	0,49	0,42	0,41	0,32	2,00
Regular	0,23	0,13	-	-	0,52	-	0,88
Malo	0,24	-	-	1,96	0,04	0,25	2,49
Pésimo	-	-	0,27	-	-	-	0,27
Total (km)	0,76	0,89	1,06	2,38	1,18	1,22	7,49

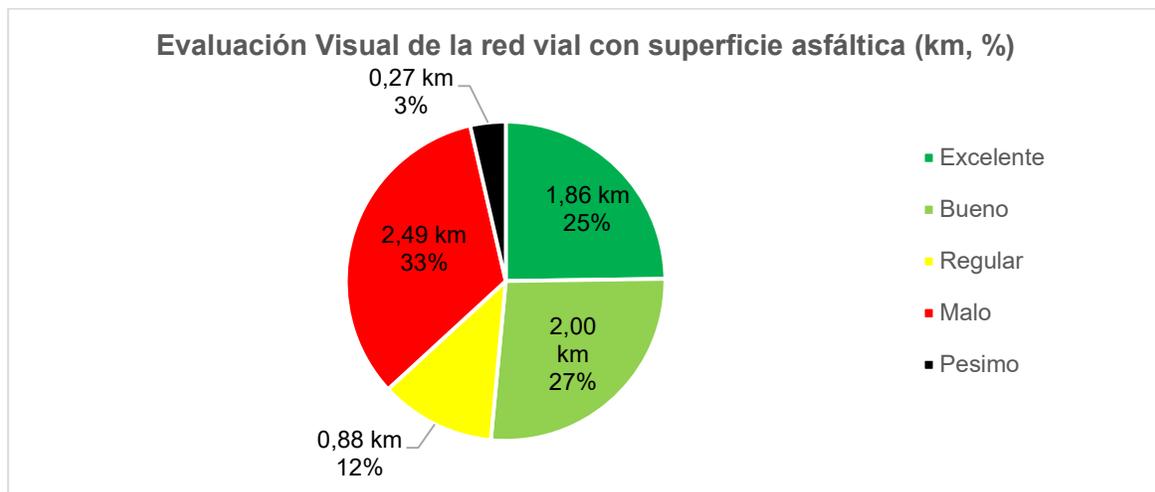


Figura 90. Evaluación visual de la red vial con superficie asfáltica en el cantón de Goicoechea.

En cuanto al comportamiento por distrito, se puede observar en la Figura 91 que en el distrito de Calle Blancos se presenta variedad de condiciones, con una leve mayoría



de rutas en mala condición con 0,24 km, donde se recomienda considerar actividades de rehabilitación menor o mayor.

En el distrito de Guadalupe la mayor parte de los caminos evaluados presentan condición excelente o buena, lo que suma 0,77 km, donde se recomienda planificar actividades de conservación vial. Además, se tiene solo 0,13 km en condición regular donde se recomienda realizar un análisis a nivel de proyecto para determinar el menor tipo de intervención a realizar. No se identifican rutas en condición mala o pésima.

En el distrito de Purral, se tiene 0,79 km de rutas en excelente o buena condición que se asocian con actividades de conservación vial y mantenimiento. Por otro lado, se tiene 0,27 km en pésima condición, donde se requiere intervenciones como rehabilitación mayor o reconstrucción. No se identifica caminos en condición regular o mala.

En el distrito de Rancho Redondo, se identificó 0,42 km en buena condición que se puede asociar a rutas donde se requiere actividades de preservación. Sin embargo, en este distrito es donde se identificó la mayor longitud de rutas con superficie de mezclas asfáltica en mala condición con 1,96 km, donde se puede necesitar actividades de rehabilitación menor o mayor. **Figura 90**

En el distrito de Mata de Plátano, se identificó 0,62 km en excelente y buena condición, que son caminos donde se requiere planificar actividades de preservación y conservación vial. Por otro lado, se tiene una mayor parte de las rutas del distrito evaluadas visualmente en condición regular, donde se recomienda realizar un análisis a nivel de proyecto para definir con mayor precisión el tipo de intervención requerida. Además, se identificó una corta sección de 0,04 km en mala condición.

Finalmente, en el distrito de Ipís, se identificó una mayor parte de los caminos en excelente condición con 0,65 km y buena condición con 0,32 km. Estas rutas se asocian a intervenciones recientes de sustitución de superficie de rudo o sobrecapa de mezcla asfáltica, donde se debe planificar actividades de conservación y mantenimiento para extender su vida útil. Por otro lado, se tiene 0,25 km en mala condición, donde se puede planificar actividades de rehabilitación menor o mayor.

La ubicación y condición de las rutas con superficie de rudo asfáltica que fueron evaluadas visualmente se puede observar en los mapas de cada distrito que se muestran de la Figura 99 a la Figura 105. En el Anexo 10 se adjunta la tabla de resumen de la evaluación visual y deterioros.

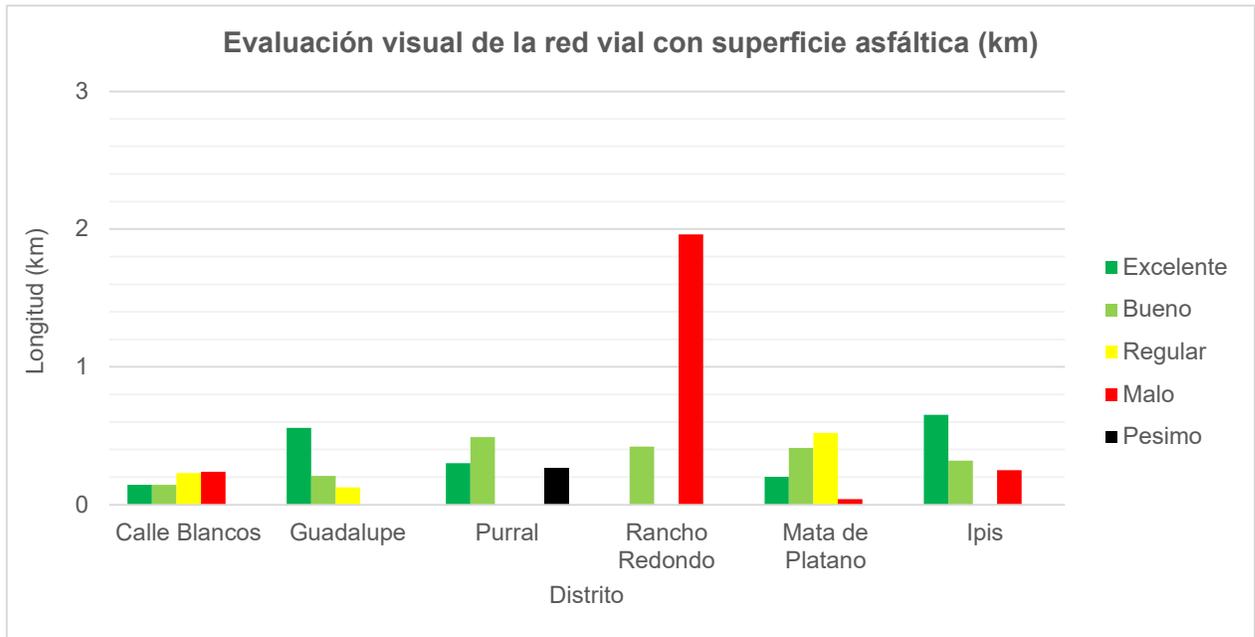


Figura 91. Evaluación visual de la red vial con superficie asfáltica por distrito.

- **Evaluación de la red vial con superficie de concreto**

Se evaluó un total de 11,16 km de red vial con superficie de concreto en Goicoechea, por medio de la metodología indicada en el Apartado de 5.4.3. El resumen de los resultados de la evaluación visual para estos caminos se muestra en Tabla 28 y Figura 92.

Se evaluó 7,87 km en condición Excelente y 1,90 km en condición Buena. Esto significa que la mayor proporción de caminos con superficie de concreto, presentan deterioros leves como pérdida de sellos de juntas, fisuras longitudinales y transversales leves, desgaste y pérdida de textura superficial. En estos casos se recomienda valorar a nivel de proyecto, la ejecución de actividades de preservación como limpieza, sellos de juntas y grietas, así como reparaciones de espesor parcial, donde se identifique lo requerido para extender su vida útil.

Se identificó 0,55 km de caminos con superficie de concreto en condición Regular, lo cual se asocia con la existencia de deterioros como grietas longitudinales y transversales moderadas, escalonamientos leves y moderados en juntas, desprendimientos moderados y deficiencias en los drenajes. En estos casos se recomienda valorar la intervención de estos caminos con actividades como



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 106

reparaciones de espesor parcial o completo, perfilado de escalonamientos, adaptación de dovelas y mejoramiento de los drenajes pluviales.

Se encontró 0,51 km de los caminos con superficie de concreto en Mala condición, donde pueden existir deterioros típicos como escalonamientos moderados y severos, así como agrietamientos severos y ramificados que separan las losas en múltiples secciones, desprendimientos severos y huecos. En estos caminos se recomienda valorar la ejecución de actividades de rehabilitación como reparaciones de espesor completo o sustitución de losas.

Finalmente, en 0,32 km se identificó una condición Pésima, lo cual se asocia con caminos donde se requiere una reconstrucción prácticamente total del pavimento rígido, que incluya la valoración de la condición de la base, suelo subrasante y drenajes.

Tabla 28. Evaluación visual de la red vial con superficie de rueda de concreto.

Condición	Distrito						Total (km)
	Calle Blancos	Guadalupe	Purrál	San Francisco	Mata de Plátano	Ipís	
Excelente	0,12	-	0,72	0,11	6,82	0,11	7,87
Bueno	-	0,27	0,25	0,83	0,55	-	1,90
Regular	-	0,13	-	-	-	0,43	0,55
Malo	-	0,12	-	0,07	0,29	0,04	0,51
Pésimo	-	-	-	0,32	-	-	0,32
Total	0,12	0,52	0,97	1,33	7,66	0,58	11,16

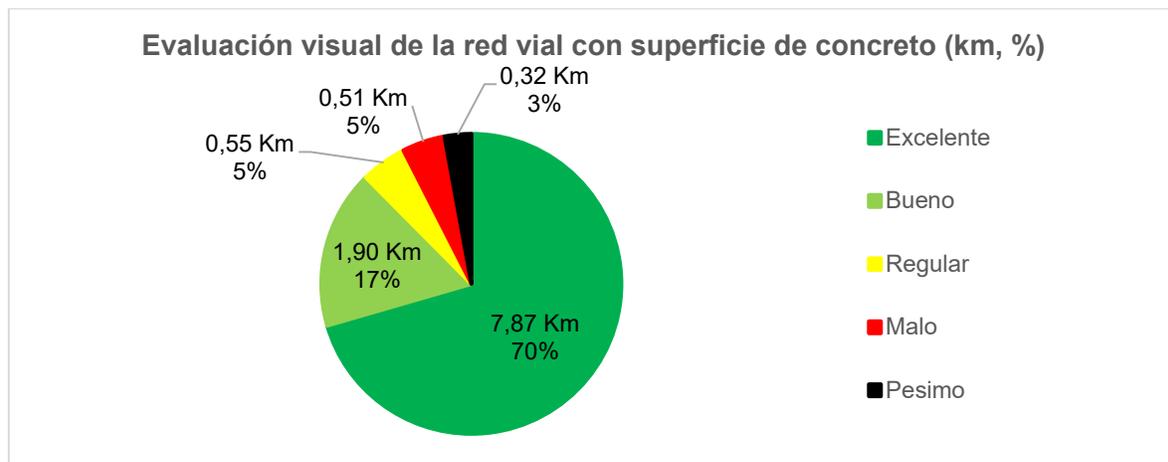


Figura 92. Evaluación visual de la red vial con superficie de rueda de concreto.



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 107

El desglose por distrito de la condición de las rutas de concreto que fueron evaluadas visualmente se muestra en la Figura 93.

En el distrito de Calle Blancos se identificó una sección de 0,12 km en excelente condición, donde se recomienda planificar actividades de preservación.

En el distrito de Guadalupe se tiene 0,27 km de rutas en buena condición, que se asocia a rutas donde se requiere actividades de preservación. Además, se tiene 0,13 km en condición regular, que son rutas donde se puede planificar reparaciones de espesor parcial o completo principalmente. Por otro lado, se tiene 0,12 km en mala condición donde se recomienda valorar actividades de rehabilitación como sustitución de losas, reparación de base y mejoramiento de drenajes.

En el distrito de Purral, se tiene 0,97 km de rutas de concreto en excelente o buena condición, que se asocian a actividades de conservación y mantenimiento menor, como sellado de juntas y grietas o reparaciones menores de espesor parcial.

En el distrito de San Francisco, se identificó 0,94 km en condición excelente o buena, que son rutas asociadas a actividades de preservación y mantenimiento menor. Por otro lado, se tiene una sección de 0,39 km en condición mala y pésima, donde se recomienda realizar actividades de rehabilitación mayor o reconstrucción debido a los severos deterioros existentes.

La mayor parte de rutas de concreto evaluadas visualmente, se encontró en el distrito de Mata de Plátano, cuya condición identificada es principalmente excelente y buena con 7,37 km, donde se recomienda realizar actividades de conservación como sellado de juntas y grietas y reparaciones menores de espesor parcial, donde sea necesario. Además, se identificó una sección de 0,29 km en mala condición donde se puede valorar realizar actividades de rehabilitación mayor como reparación de espesor total, sustitución de losas, reparación de base y mejoramiento de drenajes.

Finalmente, en el distrito de Ipís, se identificó una mayor parte de rutas en estado regular 0,43 km, donde se puede valorar actividades de reparaciones de espesor parcial o completo y recuperación de la transferencia de carga con adaptación de dovelas y mejoramiento de drenaje, según sea el caso particular. Además, se identificó una sección de 0,11 km en excelente condición donde se recomienda realizar actividades de conservación para extender su vida útil.

La ubicación y condición de las rutas con superficie de concreto se puede observar en los mapas de cada distrito que se muestran de la Figura 99 a la Figura 105. En el Anexo 10 se adjunta la tabla de resumen de la evaluación visual y deterioros.

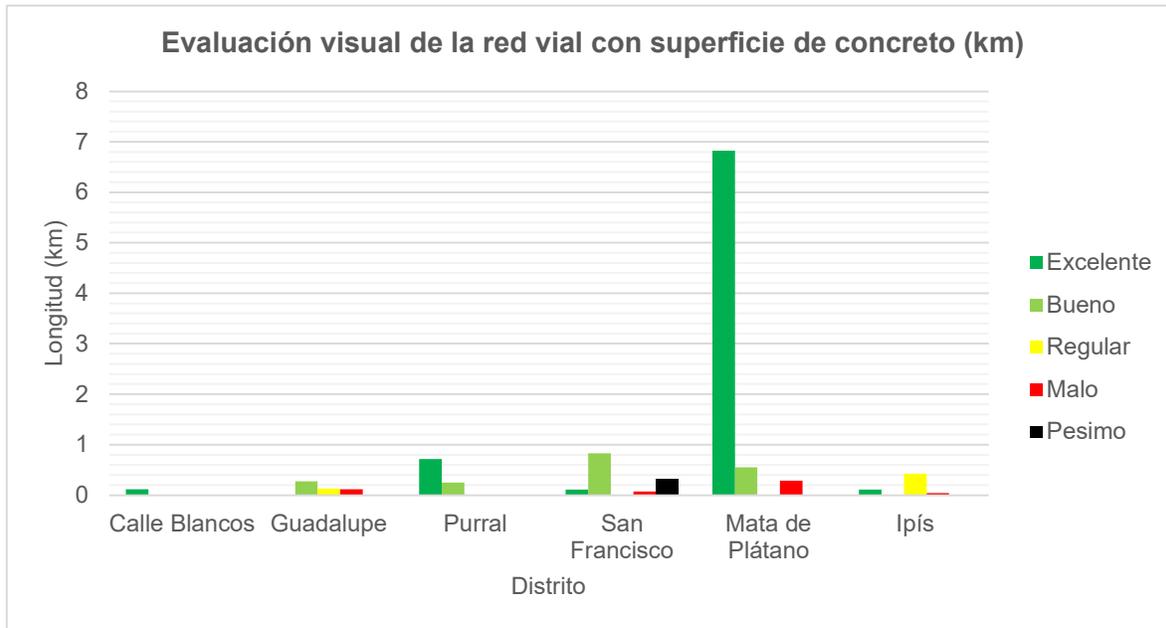


Figura 93. Evaluación visual de la red vial con superficie de concreto por distrito.

- **Evaluación visual de la red vial cantonal con superficie de ruedo de adoquines**

Se evaluó un total de 0,89 km de red vial cantonal con superficie de adoquines de concreto con la metodología indicada en el apartado 5.4.2, cuya totalidad se encuentra en el distrito de Mata de Plátano. En la **Tabla 29** y Figura 94 se resume la condición de los caminos evaluados.

Se encontró una mayor parte de rutas en condición excelente y buena con 0,32 km y 0,36 km, respectivamente. En estas rutas se recomienda planificar actividades de conservación y mantenimiento como reposición de arena de juntas, compactación, reparaciones menores y sustitución de adoquines en zonas aisladas si es necesario. Por otro lado, se encontró 0,21 km en condición regular, donde se recomienda valorar actividades de recuperación del confinamiento lateral y/o transversal, reparaciones localizadas de base, sustitución de secciones de adoquines por quebraduras y reposición de arena de juntas y cama de apoyo.

La ubicación y condición de los caminos de adoquines se puede observar en los mapas de cada distrito que se muestran de la Figura 99 a la Figura 105. En el Anexo 10 se adjunta la tabla de resumen de la evaluación visual y deterioros.



Tabla 29. Evaluación visual de red vial con superficie de ruedo de adoquines.

Condición	Longitud (km)
Excelente	0,32
Bueno	0,36
Malo	0,21
Total	0,89

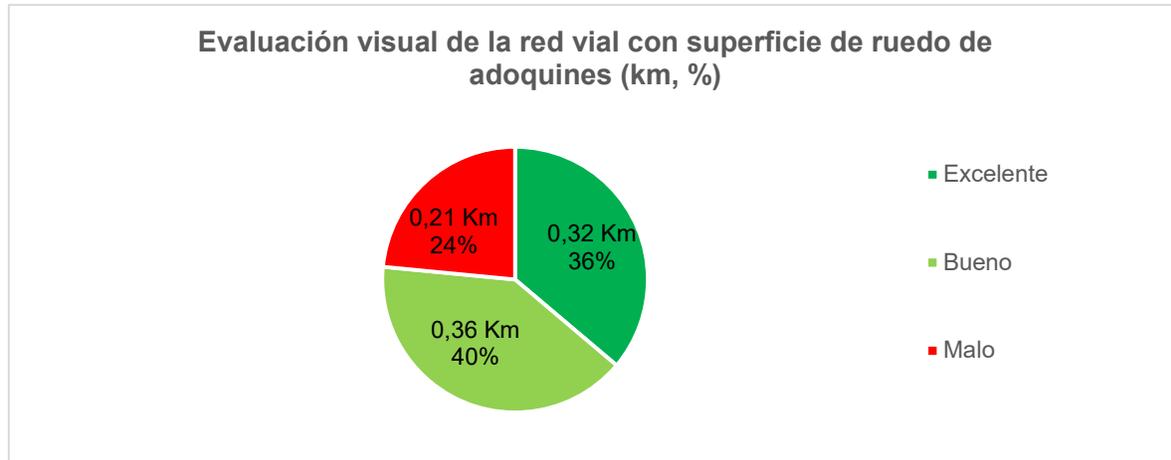


Figura 94. Evaluación visual de la red vial con superficie de ruedo de adoquines.

- **Evaluación visual de la red vial con superficie de lastre**

Se evaluó un total de 4,72 km de red vial con superficie de lastre en el cantón de Goicoechea, por medio de la metodología indicada en el apartado de 5.4.4, cuyos resultados se resumen en la Tabla 30 y Figura 95. Se puede observar que estos caminos se encuentran en los distritos de Rancho Redondo con 2,79 km y Mata de Plátano con 1,93 km.

Se tiene un 67% (3,16 km) de las rutas de lastre en condición regular, lo cual se asocia con deterioros como pérdida de la conformación de la calzada, agregado suelo y corrugaciones moderados y huecos. Esto se asocia con la necesidad de actividades de reconfiguración o bacheo mecanizado.

Se tiene 0,28 km en mala condición, donde se puede requerir la reconfiguración de la rasante existente y la reposición de la capa de lastre debido a los deterioros moderados y severos existentes. Además, se tiene 1,28 km en condición pésima, que se asocia a rutas donde el paso es difícil, se ha perdido la conformación de calzada, y el material



EIC-Lanamme-INF-1640-2022
Página 110

granular se ha perdido o contaminado con suelo subrasante. En estas rutas se requiere reconformación, mejoramiento de drenajes y reposición de la capa de lastre en su totalidad.

La Figura 96 muestra el desglose de la condición de las rutas de lastre por distrito, donde se puede apreciar que se tiene una longitud similar de caminos en condición regular en los distritos de Rancho Redondo con 1,51 km y Mata de Plátano con 1,65 km. Por otro lado, los caminos identificados en condición mala se encuentran en Mata de Plátano y los caminos identificados en condición pésima se concentran en el distrito de Rancho Redondo.

La ubicación y condición de los caminos de lastre se puede observar en los mapas de cada distrito que se muestran de la Figura 99 a la Figura 105. En el Anexo 10 se adjunta la tabla de resumen de la evaluación visual y deterioros.

Tabla 30. Evaluación visual de red vial con superficie de ruedo de lastre.

Condición	Distrito		Total (km)
	Rancho Redondo	Mata de Plátano	
Regular	1,51	1,65	3,16
Malo	-	0,28	0,28
Pésimo	1,28	-	1,28
Total	2,79	1,93	4,72

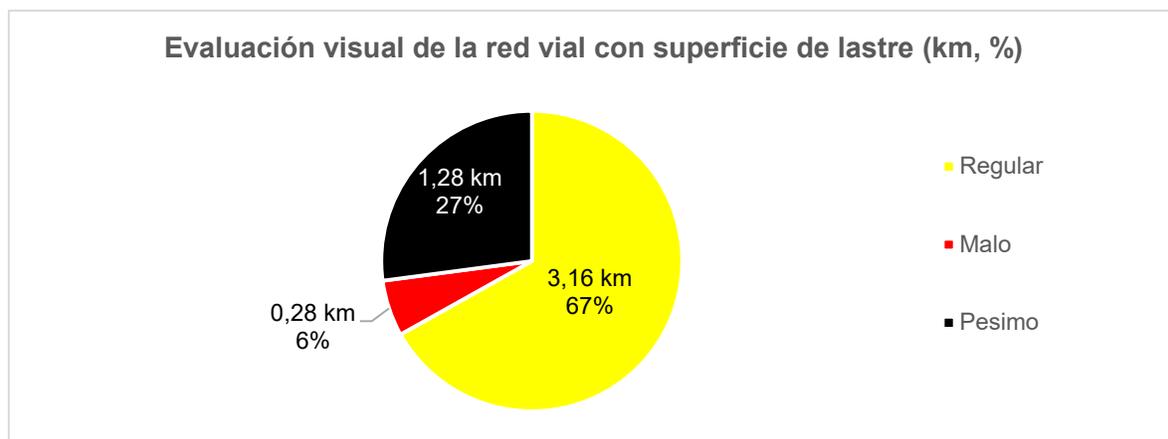


Figura 95. Evaluación visual de red vial con superficie de ruedo de lastre.

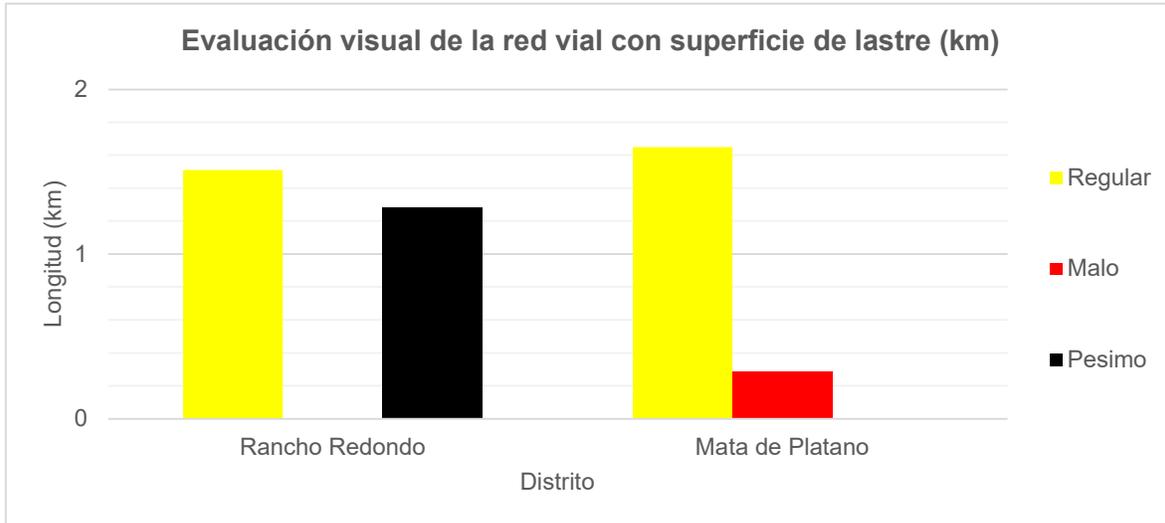


Figura 96. Evaluación visual de la red vial con superficie de lastre por distrito.

- **Evaluación visual de la red vial de tierra**

Se evaluó visualmente un total de 12,33 km de rutas de tierra, lo cual se resume en Tabla 31 y Figura 97. Estos caminos se clasificaron en un 74% (9,17 km) como Intransitable, ya que presentan condiciones muy complicadas para el tránsito vehicular. Por otro lado, se identificó 26% (3,16 km) como Transitables, donde es posible su recorrido a pesar de la existencia de irregularidades superficiales y falta de material granular.

En la Figura 98 se muestra la distribución por distrito de los caminos de tierra, cuya mayoría se encontró en el distrito de Rancho Redondo con un total de 8,24 km y Mata de Plátano con 3,11 km.

La ubicación y condición de los caminos de tierra se puede observar en los mapas de cada distrito que se muestran de la Figura 99 a la Figura 105. En el Anexo 10 se adjunta la tabla de resumen de la evaluación visual y deterioros.

Tabla 31. Evaluación visual de red vial de tierra.

Condición	Distrito					Total (km)
	Guadalupe	Purral	Rancho Redondo	Mata de Plátano	Ipís	
Transitable	0,02	0,23	2,23	0,45	0,24	3,16
Intransitable			6,51	2,66		9,17
Total	0,02	0,23	8,74	3,11	0,24	12,33



Figura 97. Evaluación visual de la red vial de tierra.

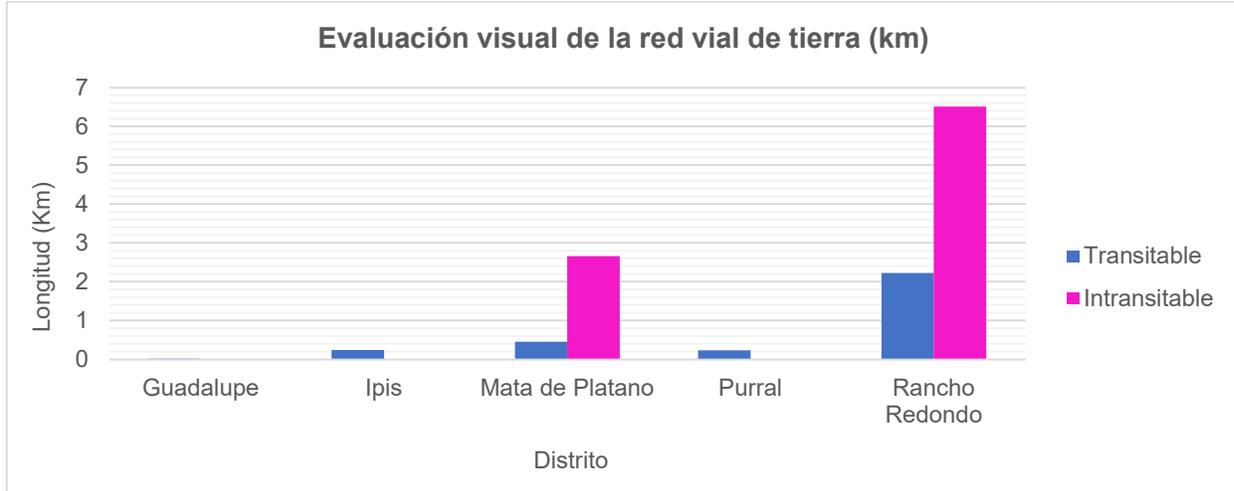


Figura 98. Evaluación visual de la red vial de tierra por distrito.

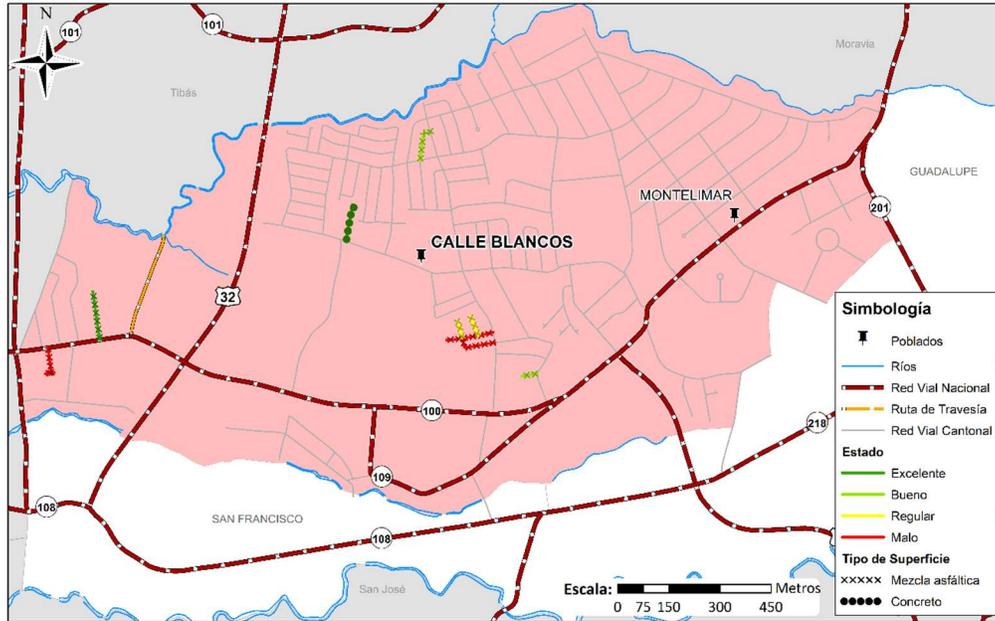


Figura 99. Evaluación visual de la red vial de Calle Blancos.

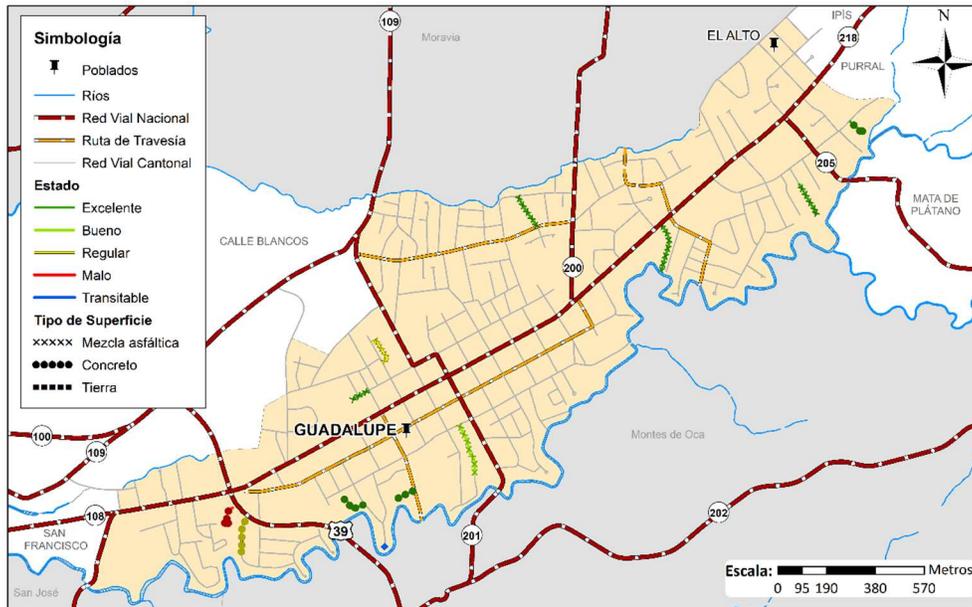


Figura 100. Evaluación visual de la red vial del distrito Guadalupe.

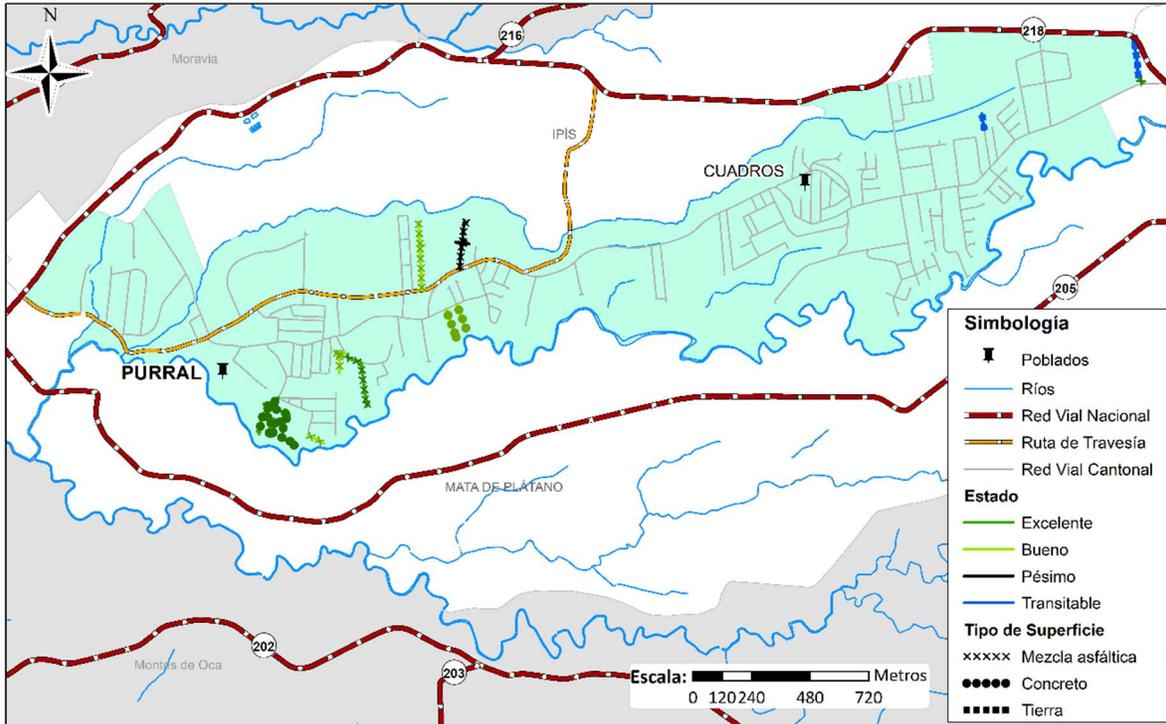


Figura 101. Evaluación visual de la red vial del distrito Purral.

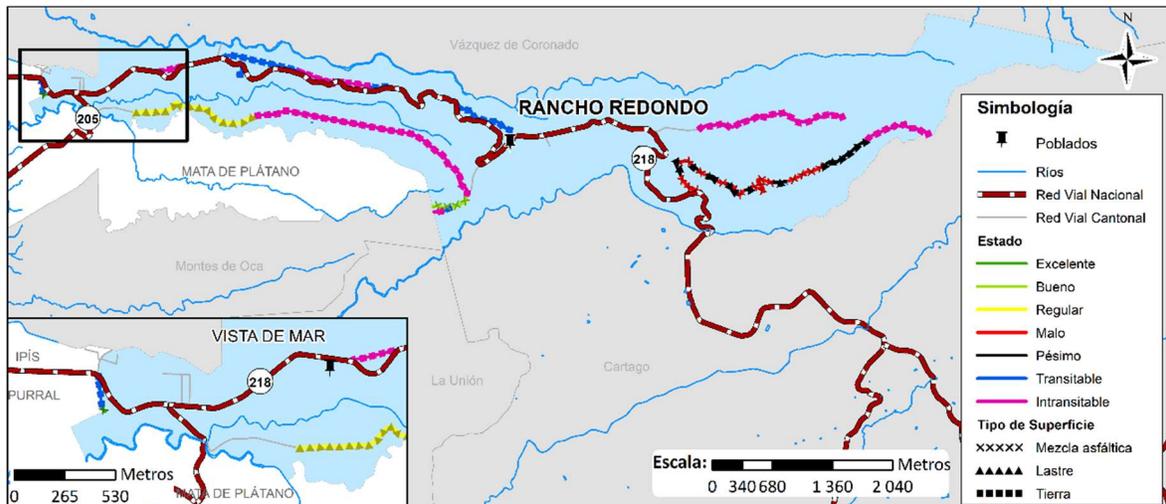


Figura 102. Evaluación visual de la red vial del distrito Rancho Redondo.

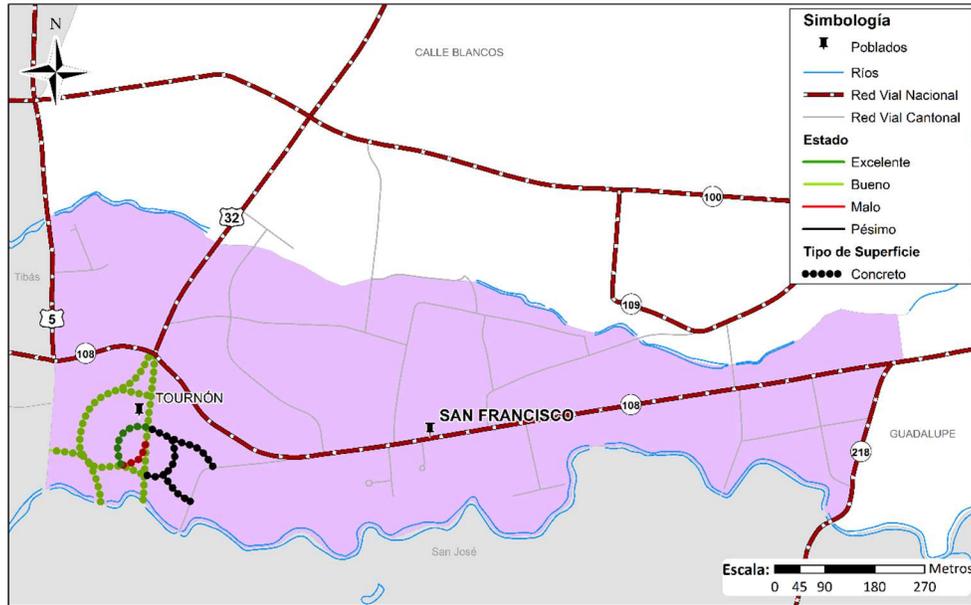


Figura 103. Evaluación visual de la red vial del distrito San Francisco.

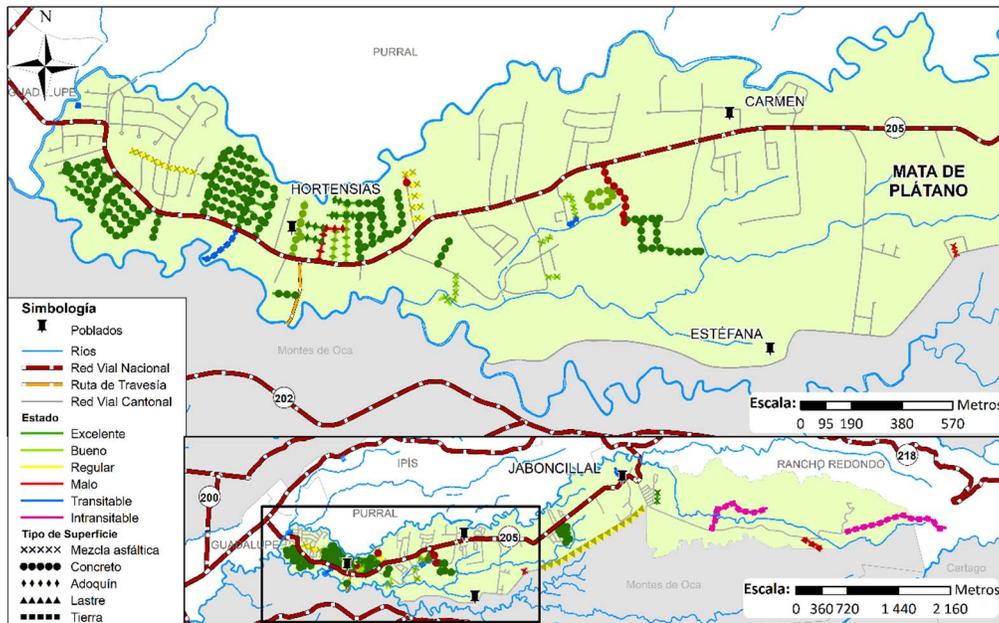


Figura 104. Evaluación visual de la red vial del distrito Mata de Plátano.

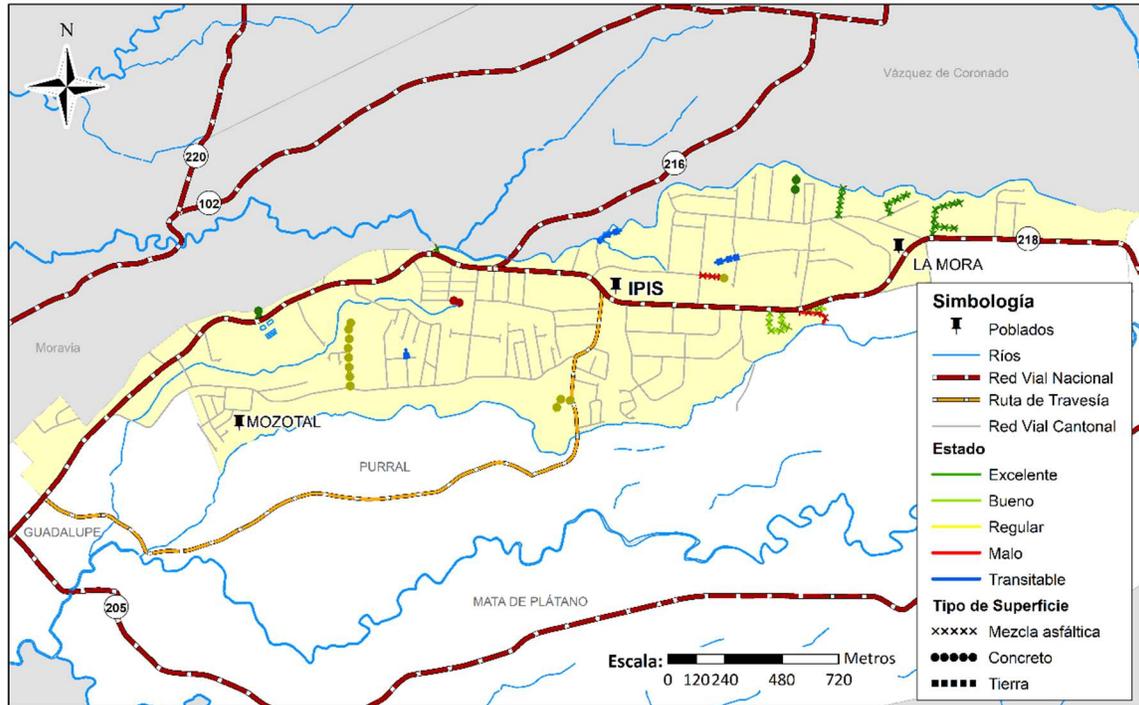


Figura 105. Evaluación visual de la red vial del distrito Ipís.

12. Conclusiones

- Se digitalizó la red vial cantonal de Goicoechea, con el propósito de reconocer la longitud y correcta ubicación de caminos públicos, mediante ortofotos oficiales emitidas por el Instituto Geográfico Nacional, en complemento de giras de campo.
- Se validó cada uno de los caminos trazados en la digitalización por parte de la UTGVM de la Municipalidad de Goicoechea, para lo cual se identificó un total de 177,09 km distribuidos entre: 171 códigos de caminos municipales (169,59 km) debidamente inscritos ante la Secretaría de Planificación Sectorial del MOPT, y 13 caminos (4,06 km), que se encuentran pendientes a inscribir en la próxima presentación del Inventario Vial. Se incluye un total de 8 caminos (7,50 km) correspondientes a rutas de travesía que atraviesan la RVC.
- Se generaron capas cartográficas para promover la gestión vial municipal mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica, entre ellas: una capa con información recolectada en los sondeos a cielo abierto, una capa general con la información básica de cada camino, una capa para cada tipo de superficie de ruedo con las



características de la vía y sus principales deterioros y condición general, y datos de tránsito vehicular identificado,

- La longitud total actual de la red vial cantonal de Goicoechea es de 181,15 km, que se distribuye en los siete distritos de la siguiente manera: Calle Blancos con 26,72 km (considerando 0,31 km de vías de travesía), Guadalupe con 35,49 km (considerando 3,7 km de vías de travesía), Purral tiene 32,60 km (considerando 3,2 km de vías de travesía), Rancho Redondo con 16,72 km, San Francisco 5,89 km, Mata de Plátano tiene 39,81 km (considerando 0,25 km de vías de travesía) e Ipís con 23,92 km.
- Se determinó el tipo de superficie de ruedo para toda la red vial cantonal de Goicoechea, donde se clasificó como superficie de mezcla asfáltica 148,52 km (141,01 km de RVC y 7,5 km de vías de travesía), concreto con 11,16 km, adoquines con 0,89 km, lastre o grava con 4,72 km, tierra con 12,33 km. Además, se encontró 3,52 km de vías donde no fue posible el acceso para determinar el tipo de superficie de ruedo.
- Se realizó un análisis funcional de la red vial en conjunto entre la Municipalidad de Goicoechea y el LanammeUCR para determinar una jerarquía vial de tres categorías, en la que se estableció un total de 30,10 km como rutas primarias, 20,89 como vías secundarias y 122,65 km terciarias. Además, se determinó que existe 7,50 km de vías de travesía en el cantón.
- Se realizaron 64 conteos para medir el tránsito vehicular en diferentes rutas del cantón de Goicoechea, donde se encontró que el TPD varía principalmente entre 1357 y 8841 vehículos por día. En los distritos de Guadalupe, San Francisco y Mata de Plátano se concentra el mayor volumen vehicular con TPD promedio de 4591, 5190 y 6030 vehículos por día. Se encontró que, en los distritos de Mata de Plátano y Purral, se tiene los valores promedio más altos de vehículos pesados con 6,65% y 6,63%, respectivamente. Sin embargo, los valores extremos máximos de vehículos pesados se observaron en los distritos de Ipís y Purral con 13,43% y 12,57%
- Se realizaron 31 sondeos a cielo abierto para inspeccionar las estructuras de pavimento existentes en el cantón de Goicoechea. Durante esta actividad se observó que, en 12 de 31 sitios de sondeo, se cuenta con una sobrecapa de mezcla asfáltica (SCA) con espesor entre 3 y 12 cm. En los 19 sondeos restantes el espesor de la carpeta asfáltica de ruedo (CA) varía entre 2 y 9 cm. Se identificó una sola capa de material de relleno granular (MR-1) en 25 sondeos con espesor variable entre 7 y 55 cm y en seis sondeos se encontró una capa adicional de material de relleno granular (MR-2) con espesor variable entre 20 y 32 cm. Adicionalmente, se identificó una capa de base estabilizada con espesor variable entre 5 y 15 cm en solo 3 sondeos.



- Se obtuvieron 17 muestras de la primera capa de relleno (MR-1) y una muestra de la segunda capa de relleno (MR-2), cuya caracterización en el laboratorio indica que en su mayoría corresponden a gravas y arenas limosas y arcillosas (GM, GC y SM, por SUCS, y A-1-b, A-2-4 y A-2-6 por AASHTO), que de forma general son catalogados como buena fundación o apoyo de estructurado de pavimento, sin olvidar que posiblemente hayan sufrido migración de finos desde las capas de suelo, lo que puede reducir su capacidad de drenaje y soporte en el tiempo.
- Se recolectaron 30 muestras de suelo subrasante, que según la caracterización de laboratorio corresponde en su mayoría a combinaciones de limos y arenas (ML, MH y SM por SUCS, y A-4 y A-5 según AASHTO). Estos suelos se consideran como de regular calidad para el apoyo de estructuras de pavimento, pero en algunos casos aislados también se observó la presencia de suelos arcillosos (CL por SUCS y A-6, A-7-5, A-7-6 por AASHTO) que son suelos susceptibles a la humedad.
- Se realizaron 23 ensayos de CBR en sitio con el DCP cuyos resultados son variables según el sitio de sondeo, tipo de suelo y condiciones existentes de densidad y humedad de las capas de relleno granular y suelo. La primera capa de material de relleno (MR-1) presentó valores promedio de CBR en sitio entre 14% y 71,4%. La segunda capa de material de relleno (MR-2) presentó CBR en sitio promedio entre 8,3% y 72,1%. El suelo subrasante presentó CBR en sitio promedio entre 5,9% y 69,7%.
- La evaluación de la red vial cantonal de Goicoechea se realizó por medio de dos metodologías: Notas de Calidad (FWD/IRI) en 132,94 km de la red vial cantonal asfaltada, y Evaluación Visual en 29,47 km de rutas con superficie de mezcla asfáltica, concreto, adoquines, lastre y tierra. Adicionalmente, no fue posible evaluar 11,23 km de rutas Inaccesibles debido a dificultades de acceso o seguridad y 7,50 km correspondientes a rutas de travesía.
- De acuerdo con la evaluación de Notas de Calidad se tiene que:
 - Se estableció la Condición Estructural (FWD) en 132,94 km, de los cuales 19% presentan buena condición, 7% regular, 22% deficiente y 52% muy deficiente. Lo anterior significa que, en la mayor parte de la red vial cantonal de Goicoechea, se tiene deterioro estructural de la superficie de ruedo, las capas intermedias de relleno granular y suelo subrasante, por lo que no brindan la capacidad de soporte esperada para las cargas vehiculares.
 - Se estableció la Condición Funcional (IRI) de las rutas cantonales evaluadas por medio de la metodología de Notas Calidad en 47,68 km, de los cuales 4% se encuentran en buena condición, 14% en regular, 14% en condición mala y 4% en condición muy mala. Lo anterior indica que la mayor parte de la red vial del cantón presenta deterioros e irregularidades que reducen el nivel de servicio para los usuarios. Por otro lado, en 85,26 km no se evaluó la condición funcional mediante acuerdo del LanammeUCR con la Municipalidad de Goicoechea,



fundamentado en la imposibilidad de realizar las mediciones o falta de acceso a los caminos.

- Las Notas de Calidad se establecieron para los 47,68 km donde se evaluó, tanto la Condición Funcional (IRI) como la Condición Estructural (FWD). De esta manera, en 22% de la red vial cantonal de Goicoechea se obtuvo R-1, R-2 y NP, que se asocia con pavimentos que presentan deficiencias estructurales en el suelo subrasante, capas granulares intermedias y capa de ruedo, a pesar de que en algunos casos no presenten deterioros severos en la superficie de ruedo. Por otro lado, en 8% se obtuvo Q6, Q8 y Q9 que son pavimentos donde posiblemente se ha colocado sobrecapa de mezcla asfáltica recientemente, pero donde sus capas inferiores tienen deficiencias estructurales. Se identificó 1% con Q7 y RH-RF que son pavimentos que tienen condición estructural regular y condición funcional mala o muy mala. También se tiene 1% con nota de calidad Q4, que se asocian a pavimentos con deterioros superficiales moderados, pero buena capacidad estructural. En un 2% se identificó una buena condición funcional y estructural de regular a buena que son pavimentos donde se debe buscar la conservación vial. Finalmente, se identificó 1% de caminos con nota de calidad Q5, donde se requiere un análisis más detallado a nivel de proyectos, ya que son pavimentos que presentan condición estructural y funcional regular.
- Se asignó el Tipo de Intervención a nivel de red, de acuerdo con la Nota de Calidad de cada tramo homogéneo definido para la red vial cantonal asfaltada de Goicoechea. Se identificó que un 13% de la red vial cantonal se asocia con rutas donde se requiere una Reconstrucción, por su avanzado deterioro funcional y estructural. Se tiene un 18% de la red vial cantonal asociada a intervenciones de Rehabilitación Mayor o Rehabilitación Mayor Inmediata, donde se requiere la intervención de las capas granulares y superficie de ruedo. En 1% de la red vial se requiere actividades de Rehabilitación Menor, que se relacionan con actividades de recarpeteo de la superficie de ruedo, incluyendo el perfilado de la capa existente deteriorada. También se identificó un 1% de rutas que requieren un Análisis a Nivel de Proyecto, para determinar con mayor precisión la intervención requerida, ya que presentan condición estructural y funcional intermedias. Finalmente, se tiene 3,4% de la red vial cantonal donde se requiere actividades de Mantenimiento de Preservación y Recuperación Funcional, lo cual se asocia a sellado de grietas, sello asfáltico superficial o sobrecapa asfálticas para mejorar la regularidad superficial, esto para extender la vida útil de la estructura de pavimento existente.
- En 85,26 km de la red vial cantonal donde solamente se evaluó la Condición Estructural (FWD) no se asoció un Tipo de Intervención específica de acuerdo con la metodología de Notas de Calidad. Sin embargo, en el apartado 10.1.2 se presentó el desglose específico sobre la condición estructural identificada en



estas rutas, donde 40,79 km presentan una condición Muy Deficiente, 16,97 km se encuentran en Deficiente, 6,66km Regular y 20,84 km Buena. Esto indica que en la mayor parte de estas rutas la capacidad estructural es reducido, por lo que se requiere intervención de las capas granulares de apoyo y capa de ruedo con aporte estructural. Adicionalmente, se recomienda evaluar los deterioros superficiales en sitio de las rutas que presentan condición estructural regular y buena para determinar con mayor precisión las mejores intervenciones a realizar.

- La Evaluación Visual se realizó en 29,47 km de la red vial cantonal de Goicoechea que corresponde principalmente a rutas terciarias con superficie de mezclas asfáltica y concreto, pero también se evaluó visualmente rutas de adoquines, lastre y tierra. De acuerdo con esto se tiene que:
 - Se evaluaron visualmente 7,49 km de la red vial cantonal asfaltada de Goicoechea cuya mayoría que son 3,86 km presenta una condición buena o excelente, donde se recomienda realizar actividades de conservación vial, 0,88 km en condición regular donde se recomienda la sustitución de capas de ruedo, bacheos y otras actividades de mantenimiento similares, 2,49 km en mala condición que se asocian con la necesidad de rehabilitación menor o mayor, y 0,27 km en pésima condición donde posiblemente se requiera rehabilitación mayor o reconstrucción.
 - Se evaluaron visualmente 11,16 km de la red vial cantonal de Goicoechea que tiene superficie de concreto, cuya mayor parte se encuentra en condición excelente con 7,87 km y 1,90 km en condición buena. En estas rutas se recomienda planificar actividades de conservación vial, como sello de juntas y grietas y reparaciones de espesor parcial menores y aisladas. Se tiene una condición regular en 0,55 km, que se asocian con la necesidad de planificar reparaciones de espesor parcial, perfilado de escalonamientos, adaptación de dovelas y mejoramiento de drenajes. Además, se tiene 0,51 km en condición mala, donde se requiere actividades de rehabilitación como reparaciones de espesor completo o sustitución de losas. Finalmente, en 0,32 km se identificó una condición pésima donde se requiere reconstrucción.
 - Se evaluaron 0,89 km de red vial cantonal con superficie de adoquines en Goicoechea, que se ubican en su totalidad en el distrito de Mata de Plátano. Se encontró 0,64 km entre los caminos en condición excelente y buena donde se recomienda la reposición de arenas de juntas, compactación y sustitución de adoquines donde sea necesario. Además, se identificó 0,21 km en condición regular, donde se puede valorar mejorar el confinamiento lateral y/o transversal, reparaciones de base, sustitución de secciones de adoquines y sustitución de arena de cama de apoyo y juntas.



- Se evaluaron visualmente un total de 4,72 km de rutas con superficie de lastre o grava en el cantón de Goicoechea, que se ubican en los distritos de Rancho Redondo y Mata de Plátano. La mayor parte de las rutas, que corresponde a 3,16 km se identificó en condición regular, donde se recomienda planificar actividades de reconfiguración de calzada y cunetas, así como bacheo mecanizado o reposición de material granular en zonas aisladas. Por otro lado, se identificó 0,28 km en mala condición, donde se puede planificar actividades de reconfiguración del derecho de vía, relastreo y mejoramiento de drenajes. Finalmente, se tiene 1,28 km de rutas de lastre en condición pésima que requieren reconstrucción.
- Se evaluaron visualmente 12,33 km de rutas de tierra cuya mayor parte se encuentran en el distrito de Rancho Redondo, que se clasificaron como Transitables en 3,16 km e Intransitables en 9,17 km.

13. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar los resultados de este informe en la planificación a mediano plazo y a nivel de red, para la gestión vial cantonal de Goicoechea.
- Se recomienda realizar estudios preliminares detallados sobre deterioros, suelos, condición estructural de los pavimentos, tránsito y condiciones ambientales para el análisis a nivel de proyecto y su correspondiente diseño. Para esto se puede utilizar como referencia los siguientes manuales:
 - Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica, MAV 2016 o su versión vigente.
 - Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes, MCV-2015 o su versión vigente.
 - Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes, CR-2020 o su versión vigente.
 - Y los otros manuales oficializados por el MOPT relacionados con el desarrollo de obras viales.



14. Referencias bibliográficas

- Arias, E., & Allen, J. (2014). *Clasificación de los resultados obtenidos por el deflectómetro de impacto para la evaluación estructural de la red vial cantonal de Costa Rica*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Arias, E., Allen, J., & López, S. (2012). *Comparación de métodos de análisis: Notas de Calidad (FWD-VIZIR), Notas Calidad (FWD-IRI) y PCI, para escogencia de tipo de intervención en las redes viales cantonales*. San José: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), Universidad de Costa Rica.
- Badilla, G. (2009). Determinación de la regularidad del pavimento, mediante el cálculo del índice de Regularidad Internacional (IRI). *Infraestructura Vial No.21*.
- Centro de Transferencia Tecnológica LanammeUCR. (Abril, 2019). *Catálogo de ensayos para evaluación de pavimentos*.
- Haas, R., Hudson, W., & Zaniewski, J. (1993). *Modern Pavement Management R,E*. Florida, US: Krieger Publishing Company.
- Interlocking Concrete Pavement Institute . (2007). *Interlocking Concrete Block Pavement Distress Manual*. Washington D.C.
- Jiménez, R. B. (2011). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Años 2010-2011*. San José: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), Universidad de Costa Rica.
- Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), Universidad de Costa Rica. (2008). *Proyecto No. UI-PC-04-08 Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices de red vial nacional*. San José, Costa Rica.
- Solminihac, H. (1998). *Gestión de Infraestructura Vial*. Santiago, Chile: Editorial Universidad Católica de Chile.
- Unidad de Investigación en Infraestructura Vial, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), Universidad de Costa Rica. (2008). *Proyecto No. UI-PC-03-08 Variaciones a los Rangos para la Clasificación Estructural de la Red Vial Nacional de Costa Rica*. San José, Costa Rica.



EIC-Lanamme-INF-1640-2022

Página 123

Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison. (2002).
Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Asphalt Roads. Madison, WI.

Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison. (2002).
Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Concrete Roads. Madison, WI.

Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison. (2002).
Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Gravel Roads. Madison, WI.



15. Anexos

Anexo 1	Tabla de datos sobre conteos vehiculares
Anexo 2	Formularios de sondeos a cielo abierto y gráficos de CBR en sitio con DCP
Anexo 3	Tabla de resultados de ensayos de laboratorio para el material de relleno
Anexo 4	Tabla de resultados de ensayos de laboratorio para el suelo subrasante
Anexo 5	Informes de laboratorio sobre caracterización de material de relleno y suelo I-1120-19, I-1229-19, I-1573-19, I-1704-19, I-1720-19, I-1769-19, I-1956-19, I-1958-19, I-1869-19, I-2081-19
Anexo 6	Gráficos de CBR en sitio con DCP
Anexo 7	Mapas de resultados de FWD para los distritos de Goicoechea
Anexo 8	Mapas de resultados de IRI para los distritos de Goicoechea
Anexo 9	Informes de laboratorio de ensayos de IRI y FWD I-0195-19, I-1558-19, I-0057-20, I-0403-20
Anexo 10	Tablas de resumen de evaluación visual (superficie de rueda asfáltica, concreto, adoquines, lastre y tierra)
Anexo 11	Capas cartográficas de la evaluación de la RVC de Goicoechea (Sondeos, Conteos vehiculares, FWD, IRI, Información general del camino, Evaluación de Mezcla asfáltica con Notas de Calidad, Evaluación Visual: de Mezcla Asfáltica, Concreto, Adoquín, Lastre y Tierra)
