ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA PARA LA MOVILIDAD DEL MUNICIPIO DE RIONEGRO BASADO EN INDICADORES DE DESEMPEÑO

LUISA FERNANDA PORRAS MONSALVE
DANIELA RAMÍREZ ARBOLEDA

Trabajo de grado para optar al título de pregrado

Dr. Ing ENGELBERTH SOTO ESTRADA

UNIVERSIDAD EIA
INGENIERÍA CIVIL
ENVIGADO
2018

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Este trabajo está dedicado a nuestras familias que nos apoyaron desde el inicio de nuestra carrera universitaria con su colaboración y por ser un soporte en los momentos en los que sentíamos que no podíamos con la carga académica. Una Nivel llena de aprendizaje, experiencias y mucha felicidad.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a nuestro director de trabajo de grado Dr. Engelberth Soto Estrada, que nos ha acompañado en todo el proceso con su experiencia y hemos podido contar con su apoyo cuando lo hemos necesitado con su visión crítica y su rectitud como docente.

A todos nuestros profesores por brindarnos su conocimiento y acompañarnos en este periodo de crecimiento personal; a nuestra Universidad le estamos agradecidas por habernos dado la oportunidad de crecer profesionalmente. Adicionalmente queremos reconocer la colaboración de las entidades públicas y privadas que nos suministraron la información requerida e hicieron posible la realización de este trabajo.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN 19

1 PRELIMINARES 20

1.1 Planteamiento del problema 20

1.2 Objetivos del proyecto 22

1.2.1 Objetivo General 22

1.2.2 Objetivos Específicos 22

1.3 Marco de referencia 23

1.3.1 Antecedentes 23

1.3.2 Marco teórico 25

2 METODOLOGÍA 40

2.1 Obtención y digitalización de información 40

2.2 Estimación de indicadores 42

2.2.1 Indicadores año 2018 42

2.2.2 Indicadores escenario futuro 42

2.3 Determinación de requerimientos de infraestructura vial y transporte público 43

2.4 Desarrollo de un plan de implementación 45

3 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 46

3.1 Obtención y digitalización de información 46

3.1.1 Obtención de información general y de capas de información 46

3.1.2 Geoprocesamiento y digitalización de información 47

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.2 Estimación de indicadores de desempeño 65
3.2.1 Indicadores actuales..... 65
3.2.2 Indicadores a futuro – escenario 2038..... 86
3.3 Determinación de requerimientos de infraestructura vial y transporte público 95
3.3.1 Escenario actual 2018..... 95
3.3.2 Escenarios futuros 2038 y 2088 113
3.3.3 Requerimientos de infraestructura vial y transporte público..... 125
3.4 Desarrollo del plan de implementación..... 134
4 CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES 140
5 REFERENCIAS..... 143
6 ANEXOS 149

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Lista de indicadores BID analizados por Rionegro en el Plan Vial 2017..... 21

Tabla 2. Antecedentes y estudios complementarios del Plan Vial de Rionegro 23

Tabla 3. Población censada del municipio de Rionegro 1985, 1993 y 2005..... 25

Tabla 4. Clasificación del territorio 26

Tabla 5. Períodos de diseño recomendados por INVÍAS para los pavimentos asfálticos de las carreteras nacionales 34

Tabla 6. Programas para cumplir objetivos de componente de movilidad e infraestructura del plan de desarrollo de Rionegro 35

Tabla 7. Clasificación particular para el indicador vial 65

Tabla 8. Cantidad de polígonos con clasificación particular de indicador vial..... 70

Tabla 9. Indicador de kilómetros de vías dedicadas al transporte público 71

Tabla 10. Indicador supuesto de kilómetros de vías dedicadas al transporte público..... 72

Tabla 11. Indicador de Kilómetros de pavimentos y vía peatonal..... 77

Tabla 12. Indicador de víctimas mortales de 2013 a 2017 80

Tabla 13. Indicador de automóviles per cápita desde el 2011 hasta el 2017..... 82

Tabla 14. Indicador de motos per cápita desde el 2011 hasta el 2017..... 83

Tabla 15. Proyección de la población al año 2038 con el método aritmético..... 87

Tabla 16. Proyección de la población al año 2038 con el método geométrico 87

Tabla 17. Proyección de la población al año 2038 con el método exponencial 87

Tabla 18. Cantidad requerida de indicadores a futuro (2038) para valores sostenibles ... 89

Tabla 19. Indicador de kilómetros de vías dedicadas al transporte público al año 2038... 92

Tabla 20. Indicador de pavimentos y vía peatonal al año 2038..... 94

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 21. Aforos considerados para el cálculo de la capacidad y nivel de servicio 96

Tabla 22. Valores de equivalencia por tipo de vehículo 97

Tabla 23. Volumen horario de máxima demanda ejemplo peaje Variante Las Palmas 98

Tabla 24. Nivel de servicio para aforos en el límite municipal 102

Tabla 25. Nivel de servicio para aforos en el límite del casco urbano 102

Tabla 26. Calificación de capacidad para vías del límite municipal 107

Tabla 27. Clasificación de capacidad para vías del límite urbano 107

Tabla 28. Ancho sección trasversal y carriles para el análisis de la proyección de la capacidad del casco urbano 118

Tabla 29. Tasa de crecimiento anual del flujo proyectado para análisis municipal 119

Tabla 30. Tasa de crecimiento anual del flujo proyectada para análisis del casco 120

Tabla 31. Clasificación de la tasa de crecimiento del flujo para vías del análisis del límite urbano 123

Tabla 32. Clasificación de la tasa de crecimiento del flujo para vías del análisis del límite municipal 124

Tabla 33. Costos para cada intervención de construcción y ampliación de vías 129

Tabla 34. Plan de implementación de requerimientos generales 135

Tabla 35. Plan de implementación de requerimientos viales..... 136

Tabla 36. Plan de implementación de requerimientos de transporte público y ciclorruta 137

Tabla 37. Plan de implementación de requerimientos peatonales y cantidad de parque automotor 138

Tabla 38. Plan de implementación de requerimientos de accidentalidad 139

Tabla 39. Densidad habitacional en zona rural 149

Tabla 40. Densidad habitacional en zona urbana y suelos de expansión 149

Tabla 41. Coordenadas X,Y para el municipio 150

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 42. Asignación de valores para vía peatonal de veredas 150
Tabla 43. Coordenadas X,Y para la zona urbana 151
Tabla 44. Asignación de valores para vía peatonal de zonas de expansión..... 151
Tabla 45. Asignación de valores para vía peatonal de barrios 152
Tabla 46. Denominación de veredas..... 152
Tabla 47. Denominación de las zonas de expansión 153
Tabla 48. Denominación de los barrios..... 154
Tabla 49. Densidad estimada para veredas..... 155
Tabla 50. Densidad de Planeación para veredas..... 156
Tabla 51. Densidad de POT para veredas..... 157
Tabla 52. Densidad estimada para zonas de expansión..... 158
Tabla 53. Densidad de Planeación para zonas de expansión..... 159
Tabla 54. Densidad de POT para zonas de expansión 160
Tabla 55. Densidad de Planeación para barrios 161
Tabla 56. Densidad de POT para barrios..... 161
Tabla 57. Indicador vial para veredas con densidad estimada..... 162
Tabla 58. Indicador vial para veredas con densidad de Planeación..... 163
Tabla 59. Indicador vial para veredas con densidad de POT 164
Tabla 60. Indicador vial para zonas de expansión con densidad estimada 165
Tabla 61. Indicador vial para zonas de expansión con densidad de Planeación 165
Tabla 62. Indicador vial para zonas de expansión con densidad de POT 166
Tabla 63. Indicador vial para barrios con densidad de Planeación..... 167
Tabla 64. Indicador vial para barrios con densidad de POT..... 168

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 65. Indicador de ciclo ruta para veredas con densidad estimada 168

Tabla 66. Indicador de ciclo ruta para veredas con densidad de Planeación 169

Tabla 67. Indicador de ciclo ruta para veredas con densidad de POT 170

Tabla 68. Indicador de ciclo ruta para zonas de expansión con densidad estimada 171

Tabla 69. Indicador de ciclo ruta para zonas de expansión con densidad de Planeación 172

Tabla 70. Indicador de ciclo ruta para zonas de expansión con densidad de POT..... 173

Tabla 71. Indicador de ciclo ruta para barrios con densidad de Planeación 173

Tabla 72. Indicador de ciclo ruta para barrios con densidad de POT 174

Tabla 73. Registros históricos del Gobierno Nacional de Colombia para accidentes de tránsito de 2013 a 2016 174

Tabla 74. Registro de la Subsecretaría de Movilidad sobre accidentes de tránsito de 2017 175

Tabla 75. Registros del parque automotor 175

Tabla 76. Accesos en vías municipales 175

Tabla 77. Accesos en vías urbanas 175

Tabla 78. Sentido de las vías y carriles de límite municipal 176

Tabla 79. Sentido de las vías y carriles de límite urbano 176

Tabla 80. Factores de equivalencia 176

Tabla 81. Ajuste por ancho de carril..... 176

Tabla 82. Ajuste por distancia lateral 176

Tabla 83. Ajuste por separador central 177

Tabla 84. Ajuste por accesos..... 177

Tabla 85. Volumen horario peaje de variante Las Palmas (2) 177

Tabla 86. Volumen horario del peaje Santa Elena (5) 177

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 87. Volumen horario vía Aeropuerto - Hipódromo (6) 178
Tabla 88. Volumen horario vía Marinilla - Guarne (7) 178
Tabla 89. Volumen horario vía Santuario - Marinilla (8) 178
Tabla 90. Volumen horario glorieta Don Diego (10) 178
Tabla 91. Volumen horario semáforo de Llanogrande (11) 178
Tabla 92. Volumen horario vía La Ceja (14) 179
Tabla 93. Volumen de la vía Llanogrande Mall Guandalay (15) 179
Tabla 94. Volumen horario vía Aeropuerto calle 47 (16) 179
Tabla 95. Volumen horario salida Autopista Med Bog (Belén) (17) 179
Tabla 96. Volumen horario salida Autopista Med Bog Los Sauces (18) 180
Tabla 97. Volumen horario salida Autopista Med Bog (Marinilla) (19) 180
Tabla 98. Volumen horario vía El Carmen de Viboral (Belén) (20) 180
Tabla 99. Volumen horario de máxima demanda para límite municipal 181
Tabla 100. Volumen horario de máxima demanda para límite urbano 181
Tabla 101. Tabla de flujo máxima para límite municipal 181
Tabla 102. Tabla de flujo máxima para límite urbano 181
Tabla 103. Factor de hora de máxima demanda para límite municipal 182
Tabla 104. Factor de hora de máxima demanda para límite regional 182
Tabla 105. Velocidad base a flujo libre para aforos regionales 182
Tabla 106. Velocidad base a flujo libre para aforos del cordón externo 182
Tabla 107. Factores de ajuste en vías del límite municipal 184
Tabla 108. Factores de ajuste en vías del límite urbano 184
Tabla 109. Velocidad a flujo libre para límite municipal 184

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 110. Velocidad a flujo libre para límite urbano 184

Tabla 111. Tasa de flujo límite municipal 185

Tabla 112. Tasa de flujo límite urbano 185

Tabla 113. Densidades límite municipal 185

Tabla 114. Densidades límite urbano 185

Tabla 115. Nivel de servicio según densidad 185

Tabla 116. Flujo de vías actuales para análisis municipal 187

Tabla 117. Flujo de vías actuales para análisis del casco urbano 188

Tabla 118. Relación de vías y puntos de aforos para análisis municipal 188

Tabla 119. Relación de vías y puntos de aforos para análisis del casco urbano 188

Tabla 120. Tasa de flujo de vías actuales y planteadas en análisis municipal 189

Tabla 121. Tasa de flujo de vías actuales y planteadas en análisis del casco urbano .. 189

Tabla 122. Flujo vial proyectado a 70 años en análisis del límite municipal 190

Tabla 123. Flujo vial proyectado a 70 años en análisis del límite urbano 190

Tabla 124. Descripción de carriles/sentido para requerimientos viales del análisis municipal 191

Tabla 125. Flujo vial proyectado y tasa de crecimiento anual del flujo para requerimientos viales del análisis municipal 191

Tabla 126. Descripción de carriles/sentido para requerimientos viales del análisis del casco urbano 192

Tabla 127. Flujo vial proyectado y tasa de crecimiento anual del flujo para requerimientos viales del análisis del casco urbano 192

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Visión general dimensión de sostenibilidad ambiental y cambio climático..... 28

Figura 2. Visión general dimensión de sostenibilidad urbana..... 29

Figura 3. Visión general dimensión de sostenibilidad fiscal y gobernabilidad..... 29

Figura 4. Procedimiento información..... 40

Figura 5. Densidades de estudio 41

Figura 6. Proceso para obtención de información..... 41

Figura 7. Escenarios de estudio..... 43

Figura 8. Procedimiento metodológico para determinar la capacidad y nivel de servicio de las vías 44

Figura 9. Elementos plan de acción..... 45

Figura 10. Estado de vías en formato DWG (izquierda) y digitalizadas (derecha)..... 47

Figura 11. Diagrama de proceso digitalización de vías 47

Figura 12. Malla vial de Rionegro 48

Figura 13. Malla de vías con sendas para bicicletas de Rionegro..... 49

Figura 14. Diagrama de proceso obtención de puntos aleatorios..... 50

Figura 15. Puntos aleatorios de inspección en el municipio (izquierda) y en el casco urbano (derecha) 50

Figura 16. Diagrama de proceso asignación de valores para vía peatonal 51

Figura 17. Localización puntos de análisis (rural, urbana y zona de expansión) 51

Figura 18. Visualización de vías analizadas cercanas a los puntos de inspección(rural, urbana y zona de expansión)..... 51

Figura 19. Diagrama de proceso para viviendas rurales 52

Figura 20. Puntos viviendas Catastro (amarillo) y puntos ajustados (rojo) 52

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 21. Viviendas estimadas en zona rural 53

Figura 22. Diagrama de proceso de vías planteadas a futuro y de transporte público 54

Figura 23. Estado de vías planteadas en formato DWG (izquierda) y digitalizadas (derecha) 54

Figura 24. Mapa clasificación del suelo de Rionegro 55

Figura 25. Procedimiento para determinación de densidades..... 56

Figura 26. Mapas de densidad POT (izquierda) y estimada (derecha) en veredas 57

Figura 27. Mapas de densidad de la oficina de Planeación (izquierda) y estimada (derecha) en veredas..... 57

Figura 28. Mapas de densidad POT (izquierda) y estimada (derecha) en Z.E. 58

Figura 29. Mapas de densidad de la oficina de Planeación (izquierda) y estimada (derecha) en Z.E.. 58

Figura 30. Mapas de densidad POT (izquierda) y de la oficina de Planeación (derecha) en barrios 59

Figura 31. Densidad vereda Cabeceras de Llanogrande estimada (derecha) y Planeación (izquierda)..... 60

Figura 32. Densidad zona de expansión San Joaquín IV estimada (derecha) y Planeación (izquierda)..... 60

Figura 33. Densidad zona de expansión Santa Ana parte baja estimada (derecha) y Planeación (izquierda) 61

Figura 34. Densidad vereda Cuchillas San José estimada (derecha) y POT (izquierda).. 62

Figura 35. Densidad zona de expansión Chipre estimada (derecha), Planeación (medio) y POT (izquierda) 62

Figura 36. Densidad barrio El Centro Planeación (derecha) y POT (izquierda)..... 63

Figura 37. Mapa densidad urbana con aprovechamientos según licencia de construcción 64

Figura 38. Mapa de clasificación del indicador de kilómetros de vías para la densidad estimada (izquierda), de la oficina de Planeación (medio) y POT (derecha) 66

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 39. Indicador vial vereda Cuchillas de San José con densidad estimada (derecha) y Planeación (izquierda) 67

Figura 40. Indicador vial vereda San Antonio con densidad estimada (derecha), Planeación (medio) y POT (izquierda) 68

Figura 41. Indicador vial zona de expansión Chipre con densidad estimada (derecha), Planeación (medio) y POT (izquierda) 69

Figura 42. Indicador vial barrio El Centro con densidad Planeación (derecha) y POT (izquierda)..... 69

Figura 43. Mapa de clasificación del indicador de kilómetros de vías destinadas al transporte público 71

Figura 44. Mapa clasificación del indicador estimado de kilómetros de vías dedicadas al transporte público 72

Figura 45. Mapa de clasificación del indicador de kilómetros de ciclo ruta para la densidad estimada (izquierda), de la oficina de Planeación (medio) y POT (derecha) 74

Figura 46. Indicador ciclo ruta vereda Yarumal con densidad estimada (derecha), Planeación (medio) y POT (izquierda) 75

Figura 47. Indicador ciclo ruta zona de expansión Chipre con densidad estimada (derecha), Planeación (medio) y POT (izquierda) 76

Figura 48. Indicador ciclo ruta barrio Alto del Medio con Planeación (derecha) y POT (izquierda)..... 76

Figura 49. Mapa clasificación de indicador de kilómetros de vía peatonal 78

Figura 50. Diagrama de barras para los registros históricos para accidentes de tránsito de 2013 a 2016 en el municipio de Rionegro..... 79

Figura 51. Mapa clasificación del indicador de víctimas mortales desde el año 2013 hasta el 2017..... 80

Figura 52. Gráfica indicador de víctimas mortales por accidentes de tránsito por años ... 81

Figura 53. Mapa clasificación del indicador de cantidad de automóviles per cápita 82

Figura 54. Mapa clasificación del indicador de cantidad de motos per cápita 83

Figura 55. Gráfica relación cantidad de vehículos y población..... 84

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 56. Gráfica relación cantidad de motos y población 84

Figura 57. Gráfica población censada en los años 1985, 1993 y 2005 86

Figura 58. Gráfica población proyectada por el DANE de 2005 a 2020 88

Figura 59. Recorrido planteado del transporte público APM en el Plan Vial 90

Figura 60. Recorrido del transporte público APM y estaciones 91

Figura 61. Mapa clasificación del indicador de kilómetros de vías dedicadas al transporte público al año 2038, medición municipal (izquierda) y por zona rural y urbana (derecha) 92

Figura 62. Mapa clasificación del Indicador futuro de kilómetros de vía peatonal en el municipio de Rionegro al año 2038 94

Figura 63. Localización de aforos regionales (izquierda) y de aforos en cordón externo (derecha) 95

Figura 64. VHMD para las vías del límite municipal 103

Figura 66. Factor de hora pico para aforos regionales 105

Figura 67. Factor de hora pico para aforos del cordón externo 105

Figura 68. Clasificación de las tasas de flujo aforos límite municipal día hábil sentido NS – WE (izquierda) y SN – EW (derecha) 108

Figura 69. Clasificación de las tasas de flujo aforos límite municipal día sábado sentido NS – WE (izquierda) y SN – EW (derecha) 109

Figura 70. Clasificación de las tasas de flujo aforos límite urbano día hábil sentido NS – WE (izquierda) y SN – EW (derecha) 109

Figura 71. Clasificación de las tasas de flujo aforos límite urbano día sábado sentido NS – WE (izquierda) y SN – EW (derecha) 110

Figura 72. Condición crítica de la clasificación de las tasas de flujo límite municipal (izquierda) y límite urbano (derecha) 111

Figura 73. Escenario actual para límite municipal (izquierda) y límite urbano (derecha) 112

Figura 74. Vías planteadas en el Plan Vial 114

Figura 75. Vías planteadas en el Plan Vial y vías analizadas para la capacidad y nivel de servicio para el límite municipal (izquierda) y límite urbano (derecha) 115

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 76. Vías consideradas para el análisis de la proyección de capacidad del municipio para el límite municipal (izquierda) y límite urbano (derecha) 116

Figura 77. Anillos para el análisis de la proyección de la capacidad del límite municipal (izquierda) y del límite urbano (derecha)..... 117

Figura 78. Clasificación de las tasas de flujo proyectadas con un crecimiento de 9,15% anual para el límite municipal (izquierda) y límite urbano (derecha)..... 119

Figura 79. Vías de análisis de para el límite municipal (izquierda) y límite urbano (derecha) 120

Figura 80. Variación de la tasa de crecimiento de flujo para vías analizadas en el límite municipal 121

Figura 81. Variación de la tasa de crecimiento de flujo para vías analizadas en el límite urbano 121

Figura 82. Clasificación de la tasa de crecimiento del flujo para vías del límite urbano.. 124

Figura 83. Clasificación de la tasa de crecimiento del flujo para vías del límite municipal 125

Figura 84. Porcentaje de las actividades de infraestructura vial sobre el costo total de un proyecto (J.M.Mendez, 2000). 128

Figura 85. Incrementar cobertura del transporte público APM 130

Figura 86. División político – administrativa de veredas de Rionegro..... 153

Figura 87. División político – administrativa de suelos de expansión de Rionegro..... 154

Figura 88. División político – administrativa de barrios de Rionegro 155

Figura 89. Interpolación factor de ajuste por puntos de acceso 183

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

RESUMEN

El presente trabajo de grado se realizó con el fin de desarrollar un análisis de las necesidades de equipamientos para la movilidad de Rionegro mediante el uso de indicadores de desempeño propuestos por el BID.

Para el desarrollo del actual documento, se realizaron acercamientos con las entidades públicas, con el fin de obtener información oficial de la implementación o de las acciones realizadas para la movilidad y el ordenamiento territorial. Dicha información fue procesada y analizada para obtener como resultados finales los lineamientos de las necesidades.

En forma adicional en este trabajo se realiza un diagnóstico vial para la zona en estudio, el cual pretende saber las condiciones actuales de la capacidad y nivel de servicio. Se realiza una evaluación de dos metodologías, la primera de indicadores de desempeño propuestos por el BID y la segunda de la capacidad y nivel de servicio del HCM, con el fin de confrontar y comparar los resultados en tres escenarios, el actual año 2018, un futuro cercano 2038 que corresponde al periodo de diseño recomendado por el INVIAS para vías nacionales y un futuro lejano 2088 para el que se diseño el Plan Vial del municipio.

Se evidencia el crecimiento urbano espacialmente incontrolado a pesar de la actualización del POT (2018), aunque se busca un crecimiento compacto se refleja un comportamiento disperso que pone en riesgo la sostenibilidad. Para la determinación de los requerimientos de infraestructura vial y transporte público, es primordial que se realice una adecuada planeación de expansión. Además, se brindan las acciones a realizar para cada indicador en un período de 70 años. Por último se fija un plan de implementación para los elementos que requiere la movilidad, donde se fijan con base a los requerimientos objetivos, tiempos, responsables y el presupuesto.

Palabras clave: Movilidad, Indicadores de desempeño, Densidad, Rionegro, Antioquia

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ABSTRACT

The present dissertation was carried out with the purpose of developing an analysis of the equipment needs for Rionegro's mobility with the use of performance indicators proposed by the IADB (Inter-American development bank).

For the development of the current document, approaches with public organizations were made in order to gather official information of the implementation or the carried through actions for the mobility and the territorial ordering. Such information was processed and analyzed to obtain as final results the needs guidelines.

In addition, it is conducted a road diagnosis for the studied area, which is looking to find out the current conditions for the capacity and service level. An evaluation of two methodologies is done; the first one about performance indicators proposed by the IADB and the second one the capacity and service level of the HCM, in order to compare and contrast the results in three scenarios; present 2018, a near future 2038 that corresponds to the design period recommended by INVIAS for the national roads and a far future 2088 for wich the Plan Vial of the municipality was designed.

The urban growth is made clear, spatially uncontrolled despite the POT update (2018). Even though a compact growth is pursued, the results show a scattered demeanor that puts sustainability at risk. For the determination of the road infrastructure requirements and public transport, it is essential to carry out an adequate expansion planning. Besides, the actions to be taken place in every indicator for a term of 70 years are provided. Finally, it is established an implementation plan for the elements that mobility requires, where it is set according to objective requirements, moments, people in charge and budget.

Key words: mobility, performance indicators, density, Rionegro, Antioquia

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Rionegro se localiza en el Valle de San Nicolás en la Región Oriental de Antioquia, está conformado por 35 veredas y cuenta con una población de aproximadamente 122.231 habitantes registrados hasta el año 2016 (Alcaldía de Rionegro, 2016); es el epicentro del Oriente Antioqueño debido a que es el eje comercial e industrial de la zona, con una variada actividad económica. Durante los últimos años Rionegro ha venido aumentando su población porque además de los habitantes regulares existe una alta población flotante que por razones laborales viaja al municipio y una alta inmigración, según el Anuario Estadístico 2016 el 41% de las personas proceden de otro lugar del país (Secretaría de Planeación Municipal de Rionegro, 2016).

Este trabajo presenta una actualización de las cifras de la densidad poblacional, se emplea la metodología del Banco Interamericano de Desarrollo para la estimación de indicadores de desempeño, además se determina la capacidad y nivel de servicio de las vías para verificar la objetividad de la clasificación dada por el BID; con el fin de determinar las necesidades de infraestructura vial para la población actual y futura mediante un plan de implementación.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1 PRELIMINARES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento poblacional acelerado en el Municipio de Rionegro (1,64% por año (DANE, 2017)) se ha dado de manera desordenada, por lo que es complejo llevar un control de información estadística fidedigna. No obstante, se estima que hay un déficit de vivienda. En los últimos 10 años sólo se han construido 550 soluciones de vivienda y se tienen pendientes 430, siendo insuficiente para el creciente déficit habitacional cualitativo y cuantitativo del Municipio, que se ha estimado en 13.592 viviendas según cifras del anuario estadístico de Rionegro 2015 (Alcaldía de Rionegro, 2016); dando un déficit de vivienda cuantitativo del 13,9% (Secretaría de Planeación Municipal de Rionegro, 2016).

El aumento de población sumado al incremento del parque automotar ha originado problemas en la movilidad del municipio debido a que la provisión de infraestructura no suple la demanda actual (Secretaría de Infraestructura de Rionegro, 2016). El municipio cuenta con un inventario conformado por 128,94 km de vías, el porcentaje del área dedicado a infraestructura vial es de 21,3% que no cumple con lo estipulado en el Plan de Ordenamiento Territorial del 2011 de 49% (Universidad Católica de Oriente, Cámara Colombiana de la Construcción, & Alcaldía de Rionegro, 2016)

La movilidad en el Municipio presenta problemas causados por la saturación de algunos corredores viales, entre los que se destacan la vía que conduce del centro a centros comerciales con significativo flujo vehicular como el Centro Comercial San Nicolás, Savanna Plaza y Carrefour (Sepúlveda, 2012). Por otro lado, los principales pares origen-destino, identificados mediante encuestas realizadas en el Oriente Antioqueño en hora pico por la Secretaría de Infraestructura, evidencian la importante conexión entre Rionegro y los municipios de Medellín, La Ceja, Marinilla y el Carmen de Viboral (Secretaría de Infraestructura Gobernación de Antioquia, 2014).

La planeación de infraestructura del municipio se hace de diversas maneras, una de ellas es mediante el Plan de Ordenamiento Territorial. Uno de sus objetivos buscó que Rionegro fuera incluido dentro de las 15 ciudades emergentes y sostenibles de Colombia. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Financiera del Desarrollo Territorial de orden Nacional (Findeter) establecieron un proyecto de financiación social, ambiental y de infraestructura para ciudades intermedias (Findeter, 2017). Rionegro estimó 7 indicadores de los 12 del tema de movilidad, los cuales se presentaron en el Plan Vial del Municipio para el año 2017. Éstos se muestran a continuación (Alcaldía de Rionegro, 2016):

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 1. Lista de indicadores BID analizados por Rionegro en el Plan Vial 2017.

Tema	Subtema	Indicador BID	Nombre Indicador	Descripción	Valores de Referencia			Valor
Movilidad/ transporte	Infraestructura de Transporte Equilibrado	52	Kiómetros de vías cada 100.000 habitantes	El total de kilómetros por carril de vías públicas dentro de la ciudad (numerador),dividido por 100.000 habitantes de la ciudad, expresado en kilómetros cada 100.000 habitante.	<300	300-400	>400	244,38
		53	Kilómetros de vías dedicadas en forma exclusiva al transporte púlico cada 100.000 habitantes	El total de kilómetros por carril dedicado exclusivamente al recorrido de autobuses y kilómetros de línea central de trenes de pasajeros (numerador), dividido por 100.000 habitantes de la ciudad, expresado como kilómetros del sistema de transporte cada 100.000 habitantes	>40	40-10	<10	0
		54	Kilómetros de sendas para bicileta cada 100.000 habitantes	Los kilómetros de línea central de caminos dedicados a bicicletas dentro de la ciudad (numerador), dividido por 100.000 habitantes de la ciudad, expresado como kilómetros cada 100.000 habitante	>25	15-25	<15	1,98
		55	Kilómetros de pavimentos y vía peatonal cada 100.000 habitantes	El total de kilómetros de paseo dedicados a la vía peatonal dentro de la ciudad (numerador), dividido por 100.000 habitantes de la ciudad, expresado en kilómetros cada 100.000 habitantes	Más de cuatro veces la longitud de la red de carreteras	Entre dos y cuatro veces la longitud de la red de carreteras	Menos de dos veces la longitud de la red de carreteras	Menos de dos veces la longitud de la red de carreteras
	Transporte Seguro	58	Vicitimas mortales por accidentes de tránsito cada 1.000 habitantes	La cifra anual de víctimas mortales por accidentes de tránsito de cualquier tipo (numerador), dividido por 1.000 habitantes de la ciudad (denominador), expresado como la cantidad de muertes por accidentes de tránsito cada 1.000 habitantes	<0,1	0,1-0,2	>0,2	0,01
		60	Cantidad de automóviles per cápita	Cantidad de automóviles de uso personal per cápita	<0,3	0,3-0,4	>0,4	0,18
			Cantidad de motocicletas per cápita	Cantidad motocicletas de uso personal per cápita	<0,1	0,1-01,75	>0,175	0,7

Fuente: (Alcaldía de Rionegro, 2016)

De acuerdo con la tabla 1, se podría decir, en principio, que el municipio cumple con ser una ciudad compacta; sin embargo, el valor de los indicadores no representa las condiciones de todo el municipio, debido a que algunos de estos indicadores fueron pensados para zonas urbanas, en tanto que el crecimiento del municipio ocurre, principalmente, en la zona rural. Según un estudio realizado por Valencia y Gómez (2017), se encontró que la densidad poblacional con la que fue diseñado el POT difiere en gran magnitud con la densidad real del municipio. Estos autores establecieron que para un polígono de estudio se encontraban 1263 viviendas en un área de 1462,7 ha, lo que generó una densidad de ocupación 2,6 viviendas por hectárea. Este dato contrasta con lo estipulado en el Artículo 333 del POT que indica una densidad máxima de 1 vivienda por hectárea para este polígono. Este resultado denota que el crecimiento en el municipio puede no estar consignado en sus documentos normativos (Gómez Gil & Valencia Montoya, 2017), por lo que se considera que la planeación del municipio pudo llevarse a cabo sobre bases que difieren de las condiciones reales y sobre faltantes de información.

Una de las conclusiones del trabajo de Valencia y Gómez (2017) es que se debe determinar la población real del municipio y su localización y, sobre esa base, planear las necesidades de infraestructura del municipio. Por lo tanto, en este trabajo se propuso recalcular las densidades y determinar los indicadores BID. A partir de los resultados se estimaron las necesidades de equipamientos para la movilidad del municipio.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General

Estimar las necesidades de equipamientos para la movilidad del municipio de Rionegro mediante el uso de indicadores de desempeño propuestos por el BID.

1.2.2 Objetivos Específicos

Examinar la información existente sobre la movilidad y digitalizar la información faltante para los requerimientos de los indicadores.

Estimar los indicadores de desempeño de acuerdo con la metodología del Banco Interamericano de Desarrollo.

Determinar requerimientos de infraestructura vial y transporte público según los valores de los indicadores de desempeño.

Proponer un plan de implementación para los elementos que requiere la movilidad del municipio.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1.3 MARCO DE REFERENCIA

1.3.1 Antecedentes

Existen diversos planes gubernamentales que se enfocan en el desarrollo vial del municipio de Rionegro, entre ellos se encuentran el Plan de Ordenamiento Territorial con el Acuerdo 056 de 2011, el Plan de Desarrollo Municipal de Rionegro 2016 a 2019, el Plan Integral de Desarrollo Municipal de Rionegro y el Plan Vial realizado por la Universidad Católica de Oriente que propone una planificación para los próximos 70 años debido al atraso vial que presenta el municipio.

De estos planes el que se encuentra vigente y presenta el diagnóstico más completo es el Plan Vial del convenio 039 de 2016 del Municipio de Rionegro. Para su desarrollo se tomaron como base los antecedentes y estudios complementarios de la tabla 2 (Universidad Católica de Oriente, Cámara Colombiana de la Construcción, & Alcaldía de Rionegro, 2016).

Tabla 2. Antecedentes y estudios complementarios del Plan Vial de Rionegro

Documentos técnicos	Mesas de trabajo
Encuesta de origen y destino de carga y pasajeros, Gobernación de Antioquia (2015)	Estudio de Valorización Plan Vial municipio de Rionegro
Plan escenarios 2030, enfoque Oriente cercano: priorización de obras complementarias (marzo 2015) Masora, UCO, Gobernación de Antioquia.	Estudio de movilidad de Oriente (Origen y Destino) – Steer Davies Gleave
Plan Vial 1999 – 2007 del municipio de Rionegro	Plan especial de manejo y protección al Centro Histórico (PEMP)
Plan Vial 2011 – 2015 del municipio de Rionegro	Revisión y ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial 2016
Plan Maestro Aeropuerto José María Córdova (2016-2036) Aerocivil	Definición de criterios e instrumentos de recuperación ambiental, ocupación y transformación más sostenible de los polígonos suburbanos del municipio de Rionegro
Plan de Desarrollo “Rionegro Tarea de Todos” (2015-2019)	Mesa de movilidad del Oriente Antioqueño (Masora)
Plan de Ordenamiento Territorial – Acuerdo 056 de 2011	Perfil básico para el proyecto rutas para la movilidad no motorizada en el de Oriente cercano basado en una red caminera y sistema de ciclorrutas

Fuente: (Universidad Católica de Oriente, Cámara Colombiana de la Construcción, & Alcaldía de Rionegro, 2016)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

El Plan Vial considera cinco aspectos, el primero es que la administración municipal deberá disponer de un plan maestro de parqueadero para que los vehículos permanezcan fuera de la vía pública mientras no están circulando, el segundo es que el transporte público deberá ser articulado para que se ofrezcan rutas de transporte urbano que integre toda el área, el tercero es que ciertas vías establecidas se deben realizar a corto y mediano plazo para estructurar la red vial urbana, el cuarto hace alusión a que se deberá brindar un servicio de transporte público eficiente y seguro y el quinto punto es lograr que se forme una malla vial continua (Universidad Católica de Oriente, Cámara Colombiana de la Construcción, & Alcaldía de Rionegro, 2016).

En el diagnóstico del componente de infraestructura y movilidad del Plan de Desarrollo 2016 y 2019 se hace alusión al desorden vial del municipio y que éste seguirá en aumento afectando el bienestar y la movilidad de la comunidad debido a la desarticulación de la infraestructura vial y su mal estado. Otro problema es el estacionamiento de vehículos de servicio público en las vías y en espacios públicos debido a la falta de planeación de la movilidad y a que los sitios de acopio no son los adecuados; la deficiente señalización, la falta de cultura ciudadana, los cruces peligrosos, la falta de control de alcoholemia y los andenes inadecuados ha causado una alta accidentalidad vehicular, en el 2015 se registraron 1,238 accidentes de tránsito por cada 100.000 habitantes (Alcaldía de Rionegro, 2016). Por último, el plan hace énfasis en que la red vial no se encuentra actualizada con la perspectiva de integración que requiere, se plantea realizar mantenimientos a las vías actuales y construir sistemas de movilidad amigables con los peatones (Alcaldía de Rionegro, 2016).

La problemática planteada en el componente de ordenamiento territorial y equipamiento municipal por el Plan de Desarrollo 2016 y 2019 menciona que se evidencia la deficiencia de la movilidad “originada por problemas en la planeación, la ejecución y el control de la movilidad”. Se concluye que para tener un mejor control sobre el desarrollo territorial es importante ajustar el Plan de Ordenamiento Territorial y planear para mejorar entre otros aspectos la movilidad y la red vial (Alcaldía de Rionegro, 2016).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1.3.2 Marco teórico

1.3.2.1 Demografía

Población actual

A continuación se presenta la población determinada por el DANE para el municipio de Rionegro obtenida de censos nacionales (tabla 3).

Tabla 3. Población censada del municipio de Rionegro 1985, 1993 y 2005

	Urbano	Rural	Total
1985	23.946	35.694	59.640
1993	45.076	25.276	70.352
2005	65.101	35.945	101.046

Fuente: (DANE, 1985) (DANE, 1993) (DANE, 2005)

Además se presentan los valores de la población proyectados por el DANE desde el año 2005 al 2020 (tabla 4).

Tabla 4. Población proyectada del municipio de Rionegro 2005 a 2020

	Población		Población		Población		Población
2005	100.502	2009	108.356	2013	116.289	2017	124.219
2006	102.483	2010	110.329	2014	118.264	2018	126.193
2007	104.453	2011	112.304	2015	120.249	2019	128.153
2008	106.404	2012	114.299	2016	122.231	2020	130.108

Fuente: (DANE, 2005)

Algunos aspectos relevantes de la población son:

- Tipo de vivienda: el 75,8% son casas, el 21,6% de la población tiene apartamentos y una minoría de 2,6% tiene cuarto y otros (DANE, 2005).
- Servicios públicos: el casco urbano cuenta con 99,9% de cobertura de acueducto y alcantarillado, el 100% en aseo, el 99,7% de cobertura de energía y el 68,9% en gas. La zona rural presenta un 96,9% en acueducto, 16% en alcantarillado, 98% en aseo, 98,3% en energía y 0% en gas (Alcaldía de Rionegro, 2016).
- Habitantes por hogar: el promedio de personas por hogar en el municipio es de 3,8, siendo del 3,7 en la zona urbana y del 3,8 en la zona rural (DANE, 2005).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Hogares con actividad económica: el 2,7% de hogares tiene actividad económica en sus viviendas (DANE, 2005).
- Personas viviendo en el exterior: se evidencia que del total de hogares el 1,8% tiene experiencia emigratoria internacional (DANE, 2005).
- Población por sexo: del total de la población el 49,6% son hombres y el 50,4% son mujeres (DANE, 2005).

Plan de Ordenamiento Territorial

El municipio de Rionegro cuenta con el Acuerdo municipal 002 de 2018, mediante el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial (POT); en este documento se fijan las estrategias, objetivos y acciones para regular la intervención en el territorio (Concejo de Rionegro, 2018).

Área urbana, rural y zonas de expansión

En la siguiente tabla se presenta la clasificación del territorio, la cual se refiere a la definición explicita de los perímetros que determinan los suelos urbanos, los de expansión y los rurales (Alcaldía de Rionegro, 2011).

Tabla 5. Clasificación del territorio

	Perímetro urbano	***Áreas o suelos de expansión***	***Área rural***
Definición	Se caracteriza por estar conformada por conjuntos de edificaciones y estructuras contiguas agrupadas en manzanas, las cuales están delimitadas por calles, carreras o avenidas, principalmente. Cuenta, por lo general, con una dotación de servicios esenciales tales como acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, hospitales y colegios, entre otros. En esta categoría están incluidas las ciudades capitales y las cabeceras municipales (DANE, 2017).	constituido por la porción del territorio municipal que se habilitará para el uso urbano durante la vigencia del POT. Son consideradas aquellas zonas del territorio que reúnan (Rionegro, 2011): que tengan conexión y/o colindancia con el perímetro urbano, que se encuentren dentro del perímetro sanitario o en un área próxima, que sea un área que permitan delimitar adecuadamente el perímetro urbano, que sea una zona estratégica para la generación de equipamientos y espacios públicos , que sean zonas que de acuerdo al Plan Vial o de Movilidad cuenten con capacidad de soporte.	Se caracteriza por la disposición dispersa de viviendas y explotaciones agropecuarias existentes en ella. No cuenta con un trazado o nomenclatura de calles, carreteras, avenidas, y demás. Tampoco dispone, por lo general, de servicios públicos y otro tipo de facilidades propias de las áreas urbanas (DANE, 2017; Díaz, 2007).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Artículo	Art 5 del POT 2018 (Art 22 del Acuerdo 056 de 2011)	Art 7 del POT 2018 (Art 26 del Acuerdo 056 de 2011)	Art 27 del Acuerdo 056 de 2011
Extensión	842,94 ha	773,58 ha	185,5 km^2
Código plano	POT_CG_110	POT_CG_110	POT_CG_120

Fuente: (Concejo de Rionegro, 2018) (Alcaldía de Rionegro, 2011)

Densidad habitacional

En el municipio de Rionegro, de acuerdo con el POT, la densidad habitacional "es la cantidad de unidades de vivienda por hectárea que puede soportar un territorio dentro de un polígono o tipo de tratamiento", los aprovechamientos de la zona rural y la zona urbana y suelos de expansión se encuentran en el anexo 1 (Concejo de Rionegro, 2018).

1.3.2.2 Indicadores de movilidad BID

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) creó la Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (ICES) en 2010. Busca respaldar a las ciudades participantes en el desarrollo de planes de acción que aborden tres dimensiones de la sostenibilidad: la sostenibilidad ambiental, el desarrollo urbano sostenible, y la sostenibilidad fiscal y la buena gobernabilidad (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013).

Se utilizan indicadores para identificar las problemáticas de una determinada ciudad o región. Actualmente, la ICES contempla entre uno y nueve indicadores para cada uno de los 23 temas relacionados con las dimensiones ambiental, urbana y fiscal de gobernabilidad de la sostenibilidad. La ICES ha creado tres categorías para clasificar la magnitud de cada indicador: "verde" (sostenible, buen desempeño), "amarillo" (desempeño potencialmente problemático) o "rojo" (no sostenible, desempeño altamente problemático). Sobre la base del color asignado el tema se clasifica en rojo, amarillo o verde según las cifras (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013).

El BID también señala que el objetivo de los indicadores es tener un diagnóstico rápido. Los indicadores de la ICES se establecen considerando aspectos como: representatividad (proximidad al impacto), universalidad (relevancia en todas las ciudades), facilidad de recopilación (disponibilidad a nivel urbano) y objetividad (bajo potencial de manipulación) (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013).

- Representatividad: los indicadores apuntan a identificar las problemáticas críticas en materia de sostenibilidad y a ser eficientes en señalar los desafíos relacionados con dichas problemáticas.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Universalidad: los indicadores deberían medir fenómenos existentes en la mayoría de las ciudades emergentes de América Latina y el Caribe.
- Facilidad de recopilación: la información para determinar los indicadores debe ser asequible. Generalmente, los datos se encuentran disponibles a través de registros existentes, fuentes de información pública y/o investigaciones publicadas, o pueden ser observados fácilmente por recopiladores de datos.

A continuación se muestran tres cuadros que describen la visión general de cada una de las tres dimensiones de la sostenibilidad: la dimensión ambiental y de cambio climático, la dimensión urbana, y la dimensión de sostenibilidad fiscal y de gobernabilidad.

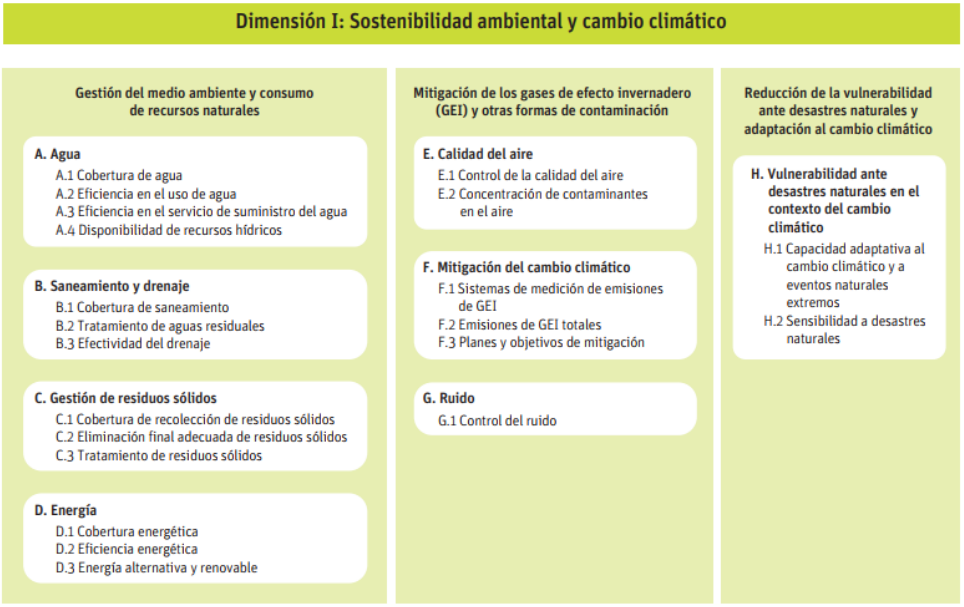

Figura 1. Visión general dimensión de sostenibilidad ambiental y cambio climático

Fuente: (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

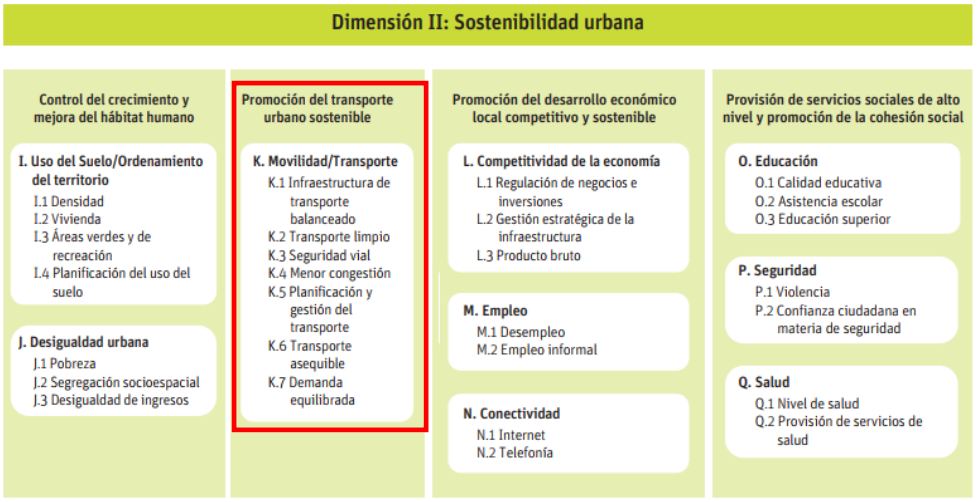

Figura 2. Visión general dimensión de sostenibilidad urbana

Fuente: (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013)

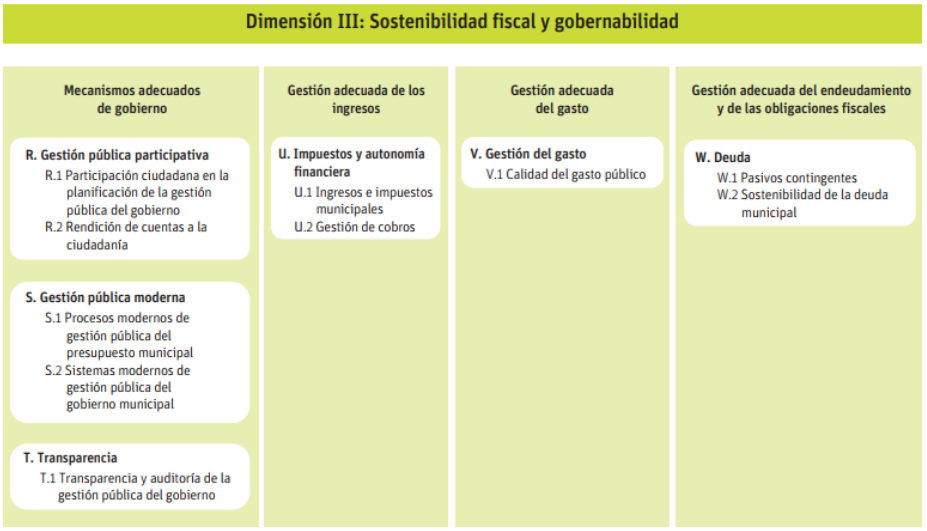

Figura 3. Visión general dimensión de sostenibilidad fiscal y gobernabilidad

Fuente: (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013)

Rionegro logró la nominación a partir de la implementación de un análisis de diagnóstico donde se tienen los indicadores que informan sobre el estado del municipio, comparándolo con otras ciudades del mundo y proyectando su crecimiento a 30 años (Findeter, 2017).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

A continuación se presenta la descripción detallada de los indicadores de sostenibilidad urbana analizados en el Plan Vial de Rionegro (ver tabla 1)

- Kilómetros de vías por cada 100.000 habitantes

Corresponde a la cantidad total de kilómetros por carril de vías públicas dentro de la ciudad por cada 100.000 habitantes, el numerador se define utilizando un encuadre computarizado, fotografías o mapas. Por otro lado, los kilómetros de línea central se entienden como la longitud de un kilómetro de vía (no se considera la cantidad de carriles), un kilómetro de carril corresponde al número de carriles por kilómetro de vía central. La vía pública hace alusión a vías mantenidas por el Estado y a las vías pavimentadas o de acceso público. Las cifras de kilómetros de línea central se actualizan cada año y el total de población de la ciudad se puede obtener de censos o estimaciones oficiales (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013).

Este indicador se calcula con el fin de brindar información sobre la congestión vehicular y la flexibilidad de transporte, las ciudades más compactas geográficamente son las que tienen menor inventario de kilómetros de transporte y se fomenta el sistema de transporte público y no motorizado; además se ofrecen múltiples rutas para evitar la congestión del tránsito (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013).

- Kilómetros de vías dedicadas en forma exclusiva al transporte público por cada 100.000 habitantes

El indicador define la cantidad de kilómetros por carril dedicados específicamente al recorrido de sistemas de transporte público y los kilómetros de línea central de pasajeros divido entre 100.000 habitantes. Este indicador se centra en determinar la infraestructura dedicada al transporte público y los kilómetros de línea central se definen como en el indicador anterior (kilómetros de vías por cada 100.000 habitantes). La justificación de los indicadores que se encuentran dentro del marco de infraestructura de transporte equilibrado son muy similares (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013).

- Kilómetros de sendas para bicicleta por cada 100.000 habitantes

Este indicador se focaliza en los kilómetros de línea central destinados a bicicleta por cada 100.000 habitantes. Se determina la cantidad de kilómetros de línea central como se ha mencionado y se especifican los servicios públicos para bicicletas, que puede ser sendas mantenidas por el estado o vías de acceso público; las sendas incluyen los carriles señalizados en la vía pública y los caminos fuera de ruta para peatones o bicicletas (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013).

- Kilómetros de pavimentos y vía peatonal por cada 100.000 habitantes

Hace referencia al total de kilómetros dedicados a la vía peatonal por cada 100.000 habitantes; los kilómetros de pase se cuentan por medio de un encuadre computarizado, fotografías o mapas. Los servicios peatonales pueden ser los servicios mantenidos por el

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Estado o las vías pavimentadas para uso peatonal, en caso de que no se especifique si es para uso de peatones o ciclistas se cuenta dos veces como infraestructura para cada uno y en caso de que se tengan aceras a ambos lados de la carretera se cuentan individualmente (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013).

- Víctimas mortales por accidentes de tránsito por cada 1.000 habitantes

El indicador corresponde a la cifra anual de víctimas mortales por accidentes de tránsito por cada 1.000 habitantes. Este indicador cuenta la cantidad de muertes debido a diferentes causas relacionadas con el transporte independiente del modo. Es importante medirlo porque los índices de accidente de tránsito, concretamente los de mortalidad dan testimonio de la seguridad del sistema de transporte, de las leyes de tránsito y su efectividad, la complejidad de la red vial, la calidad del transporte y el estado de las vías (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013).

- Cantidad de automóviles per cápita

Busca determinar la cantidad de automóviles de uso personal per cápita. El indicador se estima obteniendo la cantidad de automóviles registrados dividido por la población. No incluye los vehículos destinados a entrega de bienes, suministro de empresas comerciales ni taxis. Es un indicador del uso de vehículos debido a que la infraestructura no suple la demanda debido a la cantidad actual (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013).

1.3.2.3 Proyección de la población

Para la estimación de la proyección de la población se deben tener en cuenta los datos establecidos para la población por el DANE (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017).

- Método aritmético

En este método se supone un crecimiento balanceado por la mortalidad y la emigración, es decir que el cambio poblacional anual es constante; con este modelo pueden obtenerse proyecciones lógicas cuando la tasa de crecimiento es decreciente y los periodos de estimación no son mayores a 5 años porque aumenta el error de estimación. La población proyectada está dada por la siguiente formula (Ospina Botero, 1981) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017).

$$P_f = P_{uc} + \left[\frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * (T_f - T_{uc})\right] \quad \textbf{(1)}$$

Donde (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017):

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

P_f: Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes)
P_{uc}: Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes)
P_{ci}: Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes)
T_{uc}: Año correspondiente al último año proyectado por el DANE
T_{ci}: Año correspondiente al censo inicial con información
T_f: Año al cual se quiere proyectar la información

- Método geométrico

El método asume un porcentaje constante de cambio por unidad de tiempo, es útil en poblaciones con importante actividad económica, con un desarrollo apreciable y con grandes áreas de expansión que pueden ser dotadas de servicios públicos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017) (Ospina Botero, 1981). La ecuación empleada para este método es:

$$P_f = P_{uc} * (1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad \textbf{(2)}$$

Donde (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017):

r: Tasa de crecimiento anual en forma decimal.
P_f: Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).
P_{uc}: Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes)
P_{ci}: Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).
T_{uc}: Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.
T_f: Año al cual se quiere proyectar la información.

Donde la tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017):

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}}\right)^{1/(T_{uc} - T_{ci})} - 1 \quad \textbf{(3)}$$

El método geométrico presenta mejores estimaciones para periodos cortos (periodos largos de tiempo no tienen tasas representativas de la población) y con tasas de crecimiento crecientes (Ospina Botero, 1981).

- Método exponencial

Es el modelo de Malthus requiere por lo menos de tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, en donde el último censo corresponde a la proyección del DANE. Su aplicación se recomienda en poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017) (Ospina Botero, 1981). La ecuación empleada por este método es la siguiente:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

$$P_f = P_{ci} * e^{k*(T_f - T_{uc})} \quad \textbf{(4)}$$

Donde la tasa de crecimiento de la población se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017):

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} \quad \textbf{(5)}$$

Donde (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2017):

P_{cp}: Población del censo posterior (proyección del DANE).
P_{ca}: Población del censo anterior (habitantes).
T_{cp}: Año correspondiente al censo posterior.
T_{ca}: Año correspondiente al censo anterior.
ln: Logaritmo natural o neperiano.

1.3.2.4 Necesidades de infraestructura para la movilidad

Introducción

A lo largo de los años la movilidad ha tomado mayor importancia en las ciudades, debido a su fuerte conexión con la competitividad del territorio y la calidad de vida; su buena planificación conlleva ahorros en gastos de transporte, disminución de índices de contaminación, ahorro de tiempo en desplazamientos, disminución de riesgos de salud, entornos amigables, entre otros (Alcaldía de Rionegro, 2016).

Cuando las ciudades crecen los tiempos de viaje incrementan, aumenta la demanda de vehículos y, en algunos casos, el espacio público se reduce, por lo que es necesario la integración de los asentamientos urbanos regulados por un Plan de Ordenamiento Territorial para concentrar los sistemas de transporte masivo en entornos cercanos ofreciendo mayor cantidad de servicios (Alcaldía de Rionegro, 2016; Concejo de Rionegro, 2008).

Período de diseño de carreteras

El periódo de diseño de una vía es aproximadamente de 20 años para los análisis estructurales, el cual coincide con la vida útil del pavimento y depende del tipo y condiciones económicas; el pavimento puede ser asfáltico o rígido, en el primero el período depende de la importancia por lo que puede variar entre 10 y 20 años y el segundo se suele diseñar para 20 años independiente de la importancia (Sanchez Sabogal, 2018). La vida útil del pavimento es el número de años en el que este permite la

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

circulación de vehículos en buenas condiciones de operación (Ministerio de Transporte - Instituto Nacional de Vías, 2008).

Tabla 6. Períodos de diseño recomendados por INVÍAS para los pavimentos asfálticos de las carreteras nacionales

	Categoría de la carretera			
	I	**II**	**III**	**IV**
Descripción	Autopistas interurbanas, caminos interurbanos principales	Colectoras interurbanas, caminos rurales e industriales principales	Caminos rurales con tránsito medio, caminos estratégicos	Pavimentos especiales e innovaciones
Rango TPD inicial	5.000	1.000 – 10.000	- 1.000	- 1.000
Período de diseño recomendado (años)	20	15	10	10 - 15

Fuente: (Sanchez Sabogal, 2018)

Componentes de infraestructura y movilidad

La infraestructura de transporte es importante para el desarrollo y crecimiento de una comunidad, las políticas de desarrollo buscan la provisión eficiente de los servicios de infraestructura, por lo que se requiere un mantenimiento y construcción constante para lograr la cobertura del territorio en estudio y satisfacer las necesidades de servicios de infraestructura de la comunidad; es importante mencionar que la inversión está ligada al sistema económico y territorial de un país (CEPAL División de Recursos Naturales e Infraestructura, 2004).

Se estima que los países de América Latina y el Caribe deberían destinar cerca del 6.2% del Producto Interno Bruto Anual para satisfacer las necesidades de infraestructura en el periódo de 2012 a 2020 (CEPAL , 2017), sin embargo en cifras obtenidas por la CEPAL para el 2015 Colombia destino apenas el 2.3% del PIB, destinando el 50% para el sector del transporte (CEPAL , 2017).

En general al hablar de la infraestructura del transporte se hace referencia a un sistema de movilidad integrado que busca la mejoría en la calidad de vida. Algunos de los componentes principales para la integración de la infraestructura de transporte son (Congreso de Colombia - Ministerio de Transporte, 2013):

- La red vial de transporte terrestre automotor con sus zonas de exclusión o fajas de retiro obligatorio, instalaciones operativas como estaciones de pesaje, centros de control de operaciones, estaciones de peaje, áreas de servicio y atención, facilidades y su señalización, entre otras.
- Los puentes construidos sobre los accesos viales en Zonas de Frontera.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Los viaductos, túneles, puentes y accesos de las vías terrestres y a terminales portuarios y aeroportuarios.
- Las líneas férreas y la infraestructura para el control del tránsito, las estaciones férreas, la señalización y sus zonas de exclusión o fajas de retiro obligatorio.
- La infraestructura urbana que soporta sistemas de transporte público, sistemas integrados de transporte masivo, sistemas estratégicos de transporte público y sistemas integrados de transporte público; el espacio público que lo conforman andenes, separadores, zonas verdes, áreas de control ambiental, áreas de parqueo ocasional, así como ciclo rutas, paraderos, terminales, estaciones y plataformas tecnológicas.
- Redes de sistemas inteligentes de transporte

Por otra parte para planear y desarrollar de manera efectiva la infraestructura de transporte se deben considerar algunos principios que engloban el transporte, el entorno y los usuarios, como son: accesibilidad, adaptación y mitigación al cambio climático, calidad del servicio, capacidad, competitividad, conectividad, eficiencia, seguridad y sostenibilidad ambiental (Congreso de Colombia - Ministerio de Transporte, 2013).

El municipio de Rionegro establece en su Plan de Desarrollo 2016-2019 el objetivo de mejorar las condiciones de movilidad, accesibilidad, seguridad vial y competitividad de la región, acordes con el desarrollo del territorio, articuladas con los lineamientos y proyectos regionales y nacionales. Allí se define como indicador de resultado las condiciones de infraestructura vial y movilidad buscando pasar de un 25% a un 90% para el año 2019 (Alcaldía de Rionegro, 2016).

Para cumplir con este objetivo el municipio ha establecido una serie de programas y proyectos, la siguiente tabla muestra los planes en cuanto al componente de movilidad que el municipio de Rionegro presenta en su Plan de Desarrollo para el 2019.

Tabla 7. Programas para cumplir objetivos de componente de movilidad e infraestructura del plan de desarrollo de Rionegro

Nombre	***Objetivo del programa***	***Indicador de producto***
Construcción y/o implementación de ciclorutas en integración regional.	Construir y/o implementar de ciclorutas en integración regional con obras complementarias de amoblamiento,paisajismo y señalización,con el fin de brindar a la comunidad la posibilidad de la movilidad cotidiana en bicicleta.	Ciclorutas implementadas y/o construidas.
Construcción,mantenimiento y/o mejoramiento de andenes y/o senderos peatonales en zonas rurales y urbanas en integración regional.	Construir,mantener y/o mejorar andenes en integración regional,para brindar espacios seguros y facilitar la movilidad a los peatones y personas en condiciones de discapacidad.	Andenes y sentidos construidos y/o mejorados.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Construcción de nuevos desarrollos viales urbanos y rurales	Construir nuevos desarrollos viales de acuerdo al contexto regional,que brinden a la comunidad mejores condiciones de movilidad,accesibilidad y conectividad,tanto interna como externa y que están encaminados al logro de un municipio más competitivo e integrado regionalmente.	Vías nuevas construidas
Pavimentación de vías veredales	Aumentar las vías rurales pavimentadas con el fin de fortalecer el corredor vial municipal.	Vías rurales pavimentadas
Construcción de cunetas y placas huellas en los sectores rurales	Mejorar las condiciones de transitabilidad y movilidad a la comunidad rural y garantizar su conectividad con el entorno urbano.	Vías terciarias intervenidas
Rehabilitación y repavimentación de vías urbanas y rurales	Mejorar la red vial que presente un alto deterioro con mantenimiento,parcheo y reconstrucción, con el fin de evitar problemas de movilidad y accidentalidad vehicular en las zonas urbanas y rurales.	Vías urbanas y rurales rehabilitadas
Mantenimiento y conservación de la malla vial de Rionegro	Realzar mantenimiento periódico a la malla vial rural,con el fin de garantizar a la comunidad la transitabilidad en condiciones óptimas en el área rural del municipio.	Vías rurales mantenidas
Expansión de alumbrado público	Instalar luminarias nuevas en sectores urbanos y rurales y vías nuevas construidas que permitan el desplazamiento vial y peatonal en condiciones de seguridad.	Luminarias nuevas instaladas
Mantenimiento y/o mejoramiento de alumbrado publico	Realizar mantenimiento rutinario y/o mejoramiento a las luminarias existentes.	Luminariasmantenidas y/o mejoradas
Diseño,montaje y desmontaje del alumbrado navideño	Instalar alumbrado navideño como tradición familiar en la comunidad de Rionegro.	Alumbrados navideños instalados
Construcción terminal de transporte central	Construir un espacio adecuado para realizar la operación de transferencia de pasajeros que agrupe las empresas municipales e intermunicipales de manera eficiente.	Terminal de transporte construida
Construcción de estaciones de transferencias para el transporte público	Construir estaciones con el fin de facilitar y garantizar el flujo vehicular.	Estaciones de transferencia para el transporte público construidas
Apoyo y fortalecimiento a la gestión del desarrollo de la infraestructura física y movilidad	Apoyar y fortalecer la gestión, para el desarrollo de la infraestructura física y vial, a través de alianzas y estrategias para el alcance de los objetivos.	Nivel de desarrollo administrativo de la secretaria de infraestructura

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Diseño e implementación de un plan estratégico de movilidad en conjunto con las empresas transportadas y la comunidad	Prevenir,controlar y solucionar las distintas necesidades de la comunidad en materia de movilidad, transporte y tránsito dando cumplimiento a la normatividad legal vigente.	Plan estratégico de movilidad implementado
Creación del programa de educación vial y formación ciudadana	Disminuir la accidentalidad e infracciones mediante la implementación del programa de educación vial y formación ciudadana.	Programa creado e implementado
Modernización de la señalización vial en el municipio (semaforización, entre otros)	Dar cumplimiento efectivo al plan de movilidad del municipio y a la normatividad vigente.	Señalización vial modernizada
Fomento de las rutas de transporte escolar,amigables con el ambiente	Prestar servicio de transporte óptimo a través del fomento de rutas de transporte escolar para satisfacer las necesidades del transporte estudiantil.	Apertura de rutas de transporte escolar amigables con el ambiente

Fuente: (Alcaldía de Rionegro, 2016)

Capacidad y nivel de servicio

El análisis de la capacidad y el nivel de servicio de las vías dependen de diferentes variables que se clasifican en variables de flujo, de velocidad y de densidad que permiten determinar la demanda de tránsito y el estado de las mismas (Transportation Research Board, 2000).

La capacidad es considerada como el número máximo de vehículos que pueden pasar por una sección de vía durante un tiempo determinado, limitado por las condiciones de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control, es decir busca determinar la cantidad máxima de vehículos que pueden pasar por una sección de vía conservando cierta calidad de operación que permita determinar el nivel de servicio. Esta es una medida que considera características de la vía que describen además de las condiciones reales de operación del flujo vehicular la percepción de los usuarios. Se utilizan dos medidas que reflejan esa calidad de servicio, la velocidad media y la relación entre el volumen que circula y la capacidad (Transportation Research Board, 2000) .

En Colombia se emplea la metodología del manual de capacidad de carreteras norteamericano, Highway Capacity Manual (H. C. M) para analizar la capacidad y los niveles de servicio. Para poder utilizar este método es necesario realizar ciertos ajustes que asemejen las condiciones colombianas a las norteamericanas, debido a las notables diferencias en cuanto a temas de topografía, infraestructura vial, tipos de vehículos y comportamiento de los conductores (Possú, 2014).

El procedimiento operacional establecido por el H.C.M para determinar estos dos conceptos requiere definir diversas variables de entrada. Como primera medida se debe conocer el volumen de tránsito, para esto se toman en cuenta datos tomados en aforos

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

vehiculares en los que se consideran todo tipo de vehículos que transitan en la vía (motos, buses, busetas, camiones, etc.). Con esta información se estima el volumen de vehículos equivalentes (Q_{uvp}), el cual se determina con un factor de equivalencia de vehículos particulares para los demás tipos de vehículo. A partir de este volumen se estima el volumen horario de máxima demanda ($VHMD$), definido como el máximo volumen que se alcanza durante 60 minutos consecutivos; es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día. Para encontrar el factor hora de máxima demanda ($FHMD$) se realiza la relación entre el VHMD y la tasa de flujo máxima (q_{max}) dentro de la hora del volumen máximo (Transportation Research Board, 2000).

Por otra parte, es necesario estimar la velocidad de flujo libre (FFS), que corresponde a la velocidad media de los vehículos livianos registrada en flujo bajo. Si no es posible medirla se usa la velocidad base de flujo libre ($BFFS$) que depende de la velocidad límite de la vía establecida según las velocidades de diseño y autoridades de tránsito local, esta velocidad debe ajustarse con base en parámetros como ajuste por ancho de carril (f_{lw}), ajuste por tipo de separador (f_m) ajuste por puntos de acceso (f_a) y ajuste por distancia libre lateral (f_{lc}), este último solo se emplea para autopistas de 4 y 6 carriles (Transportation Research Board, 2000).

El volumen horario debe convertirse a una tasa de flujo equivalente de vehículos livianos, que es la relación entre el volumen horario por sentido y los factores de FHMD, número de carriles (N) y el ajuste debido al tipo de conductor (f_P), la relación de esta tasa de flujo y la FFS se determina la densidad de concentración (Transportation Research Board, 2000).

Finalmente con el valor estimado de la densidad se encuentra el nivel de servicio de la vía, que según la metodología H.C.M van desde el nivel A hasta el F (Transportation Research Board, 2000):

- Nivel de servicio A: representa flujo libre. La libertad de conducir es la velocidad deseada y facilidad de maniobrar dentro del flujo es extremadamente alta. Nivel general de confort y comodidad que tiene el conductor es excelente.

- Nivel de servicio B: está en el rango de flujo libre, el nivel de confort y comodidad es menor, ya que la presencia de otros en el flujo vehicular empieza a afectar el comportamiento individual.

- Nivel de servicio C: representa condiciones medias cuando el flujo es estable o empiezan a representarse restricciones de geometría y pendiente. El nivel de confort y comodidad disminuye notablemente en este nivel.

- Nivel de servicio D: la velocidad y facilidad de maniobrar son severamente restringidas y el conductor experimenta un bajo nivel de confort y comodidad, al ocurrir interferencias frecuentes con otros vehículos lo que causa problemas operacionales en este nivel.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Nivel de servicio E: representa la circulación cerca del nivel de capacidad. Las velocidades son bajas, la operación es usualmente inestable, ya que pequeños incrementos menores dentro del tránsito causan congestionamiento.

- Nivel de servicio F: es el flujo forzado o congestionamiento esta condición existe donde el volumen de tránsito que pasa por un punto excede el volumen que puede atravesar dicho punto. Las velocidades son inferiores a la velocidad de capacidad y como consecuencia se forman colas.

1.3.2.5 Plan de implementación

Es una metodología de planificación que permite trazar la ruta desde el punto de partida hasta el punto que se desea llegar definiendo las actividades que se deben ejecutar, cómo se realizan, en qué periodo de tiempo, cuál es el presupuesto, quiénes son los responsables de su cumplimiento y la forma en que se evalúan resultados.

Los pasos para la elaboración de un plan de acción son (Ministerio de Cultura República de Colombia, 2018):

- Objetivos: se formula el objetivo general para cada problema detectado en el diagnóstico y se definen los objetivos específicos relacionados con las actividades que conforman la solución.

- Meta: se define la meta para cada objetivo propuesto.

- Recursos: se determinan los recursos requeridos para ejecutar cada una de las actividades, donde se identifica personal, materiales e insumos.

- Tiempo: se determina el periodo en el que se desarrollará cada actividad, fijando fechas de inicio y de finalización.

- Lugar: se debe señalar donde se ejecutará la actividad.

- Personal: se debe señalar quien es el responsable de realizar la actividad, quien es el encargado de recibir y supervisar; y quien se encarga de su mantenimiento.

- Presupuesto: se debe considerar el costo de inversión y de mantenimiento describiendo como se utilizarán los recursos; además se definen las entidades responsables de su financiación.

- Evaluación del proceso: se debe realizar una evaluación de resultados periódicamente.

- Evaluación de resultados: se definen parámetros de medida donde se determina el logro de la meta y el cumplimiento de cada actividad.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2 METODOLOGÍA

2.1 OBTENCIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE INFORMACIÓN

Entre las fuentes de información que se consultaron están el POT del presente año, el Plan Vial y los planes de desarrollo municipales. Adicionalmente, se realizaron visitas de campo, para conocer la situación actual de la zona de estudio y la forma en la que se establece la población en el territorio. Otro aspecto importante es que se realizaron reuniones con autoridades y expertos en el tema de movilidad e infraestructura vial. Se analizó la información que se había recolectado y basados en los objetivos fijados desde el inicio se estableció que se requería y como se podían obtener dichos requerimientos.

Para determinar las necesidades de infraestructura, el primer paso fue estimar la población del municipio y su distribución, por tal motivo fue necesario recalcular la densidad. Para ello se utilizó información geo-referenciada compartida por la Secretaria de Planeación del Municipio de Rionegro. Entre las capas utilizadas se pueden mencionar: *delimitación municipal, barrios, zonas de expansión, división veredal, densidades diagnosticadas, densidades de normativa, usos del suelo, zonas de desarrollo restringido, malla vial del municipal con jerarquía vial, predios urbanos y rurales, entre otros componentes.* El formato a trabajar fue shapefile (*.shp) con el software ArcGis 10.5.1. El procedimiento para procesar la información suministrada fue el siguiente:

Figura 4. Procedimiento información

Los cálculos se realizaron tomando como base la división territorial del municipio. La zona rural se compone de veredas y suelos de expansión; y la zona urbana o cabecera de los barrios. Se realizó el cálculo con las áreas de la división político administrativa del municipio (veredas, suelos de expansión y barrios) con el fin de obtener resultados más

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

precisos porque se asumió un comportamiento similar en cada uno de ellos. Además se calcularon tres densidades para la zona rural y dos para la zona urbana, las cuales incluyeron:

Figura 5. Densidades de estudio

La **densidad estimada** se calculó usando como base las construcciones rurales y se actualizó mediante la digitalización de la localización de construcciones utilizando imágenes satelitales. Esta densidad se calculó para las veredas y zonas de expansión debido a que no es posible realizarla para el casco urbano por la complejidad y las limitaciones del uso de imágenes satelitales. La **densidad de la oficina de Planeación** se obtuvo de capas suministradas por la oficina de Planeación que, según la zona, puede corresponder a la parte urbana o rural (para veredas es de zona rural, para barrios de zona urbana y para los suelos de expansión de zona rural). La tercera es la **densidad POT** que fue proporcionada por entes gubernamentales (para veredas es según zona rural y para suelos de expansión y barrios de zona urbana); estos valores corresponden a las condiciones de la densidad máxima permitida en el POT para cada polígono, es decir la densidad alcanzada en condiciones de saturación.

El proceso realizado con las capas de información para la obtención de resultados fue:

Figura 6. Proceso para obtención de información

El geoprocesamiento con el software ArcGIS se realizó para obtener:

- Malla vial actual: se determinó la cantidad de kilómetros destinados a cada indicador BID, la capa de malla vial suministrada se actualizó y comparó según las vías faltantes.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Viviendas rurales: usando los puntos actualizados de construcciones rurales actualizado con imágenes satelitales.

- Malla vial futura: se identificaron los kilómetros de vías destinados a cada indicador con la malla proyectada del Plan Vial a 70 años.

Para determinar los indicadores de víctimas mortales y de cantidad de automóviles y motos per cápita se tomaran como base los registros de la Secretaria de Movilidad de Rionegro.

2.2 ESTIMACIÓN DE INDICADORES

Con las densidades estimadas se procedió a recalcular los indicadores BID analizados por Rionegro en el Plan Vial Municipal 2017. Como se ha mencionado en el desarrollo del trabajo se realizó un enfoque en la dimensión de sostenibilidad urbana, específicamente el componente de movilidad por lo que es conveniente observar los indicadores que se tienen asociados a esta componente, los cuales fueron mostrados en la tabla1.

Se estimaron los indicadores actuales usando la población y los kilómetros actuales para cada indicador, sin embargo, el procedimiento para los indicadores a futuro es diferente, para estos se buscó dar la cifra requerida de kilómetros (para cada indicador) para que este fuera sostenible.

2.2.1 Indicadores año 2018

El cálculo de los indicadores de infraestructura de transporte equilibrado se calculó por medio de la siguiente ecuación (6), siguiendo los parámetros dados por el BID, donde el numerador varía para cada uno de ellos. La longitud vial (kilómetros) se estimó utilizando las capas de información proporcionadas por el municipio y la población fue la registrada en cada polígono de acuerdo a las densidades (estimada, Planeación y POT).

$$Índice = \frac{\boldsymbol{Kilómetros}}{\boldsymbol{Población\ en\ la\ zona}/\mathbf{100.000}\ \boldsymbol{hab}} \qquad (6)$$

Para el cálculo de los indicadores de transporte seguro se obtuvieron las cifras de mortalidad debido a accidentes de tránsito, además de la cantidad de automóviles y motos registradas en el municipio.

2.2.2 Indicadores escenario futuro

Considerando el periodo de estudio de 20 años según el período de diseño recomendado por el INVIAS para carreteras tipo I, por lo que se realizó la proyección de la población al

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

año 2038 por el método geométrico, debido a que es el que se ajusta al comportamiento poblacional del municipio (literal 3.2.2.1).

Como el objetivo del proyecto es estimar la infraestructura para una población futura se estimó la cantidad de kilómetros requeridos para dicha población, por lo que los indicadores a usar fueron las cifras que equivalen a los valores de referencia para que este sea sostenible y de buen desempeño (color verde) como: kilómetros de vías cada 100.000 habitantes, kilómetros de vías dedicados en forma exclusiva al transporte publico cada 100.000habitantes, kilómetros de sendas para bicicletas cada 100.000 habitantes, kilómetros de pavimentos y vía peatonal cada 100.000 habitantes.

2.3 DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y TRANSPORTE PÚBLICO

Un punto determinante en la solución de este trabajo se dio en la reunión con el asesor del trabajo de grado Engelberth Soto y el docente Andrés Pava (experto en temas de infraestructura vial y movilidad); en ésta se llegó a la conclusión de que para darle trascendencia al trabajo se debería analizar la movilidad del municipio con otra metodología convencional para comparar los resultados con la metodología del BID y realizar un diagnóstico más acertado sobre cómo está realmente la movilidad del municipio.

La metodología a emplear fue la determinación de la capacidad y el nivel de servicio de las vías, para las cuales se utilizó la información de la matriz origen destino del municipio. Además, se completó la malla vial con la cantidad de carriles presentes en las vía y el sentido de las mismas. Para la determinación de requerimientos de infraestructura vial se plantearon los siguientes escenarios de estudio (ver figura 7):

Figura 7. Escenarios de estudio

El procedimiento del escenario actual se compone del cálculo de indicadores que se encuentra en el ítem 2.2.1, además se determinó la capacidad y nivel de servicio actual de las vías siguiendo la metodología del Highway Capacity Manual, el procedimiento se muestra en la figura 8.

Se consideraron dos ámbitos de estudio que corresponden al límite municipal y al límite del casco urbano. En cuanto al análisis futuro, en el escenario cercano (20 años) el proceso para el cálculo de indicadores se determinó en el literal 2.2.2. y en el escenario

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

lejano (70 años) para el cálculo de la capacidad vial se consideraron todos los proyectos importantes de movilidad planteados en los planes gubernamentales, los cuales se encuentran en el Plan Vial con una vigencia de 70 años, teniendo en cuenta las vías de gran magnitud y suponiendo para ellas la capacidad de diseño.

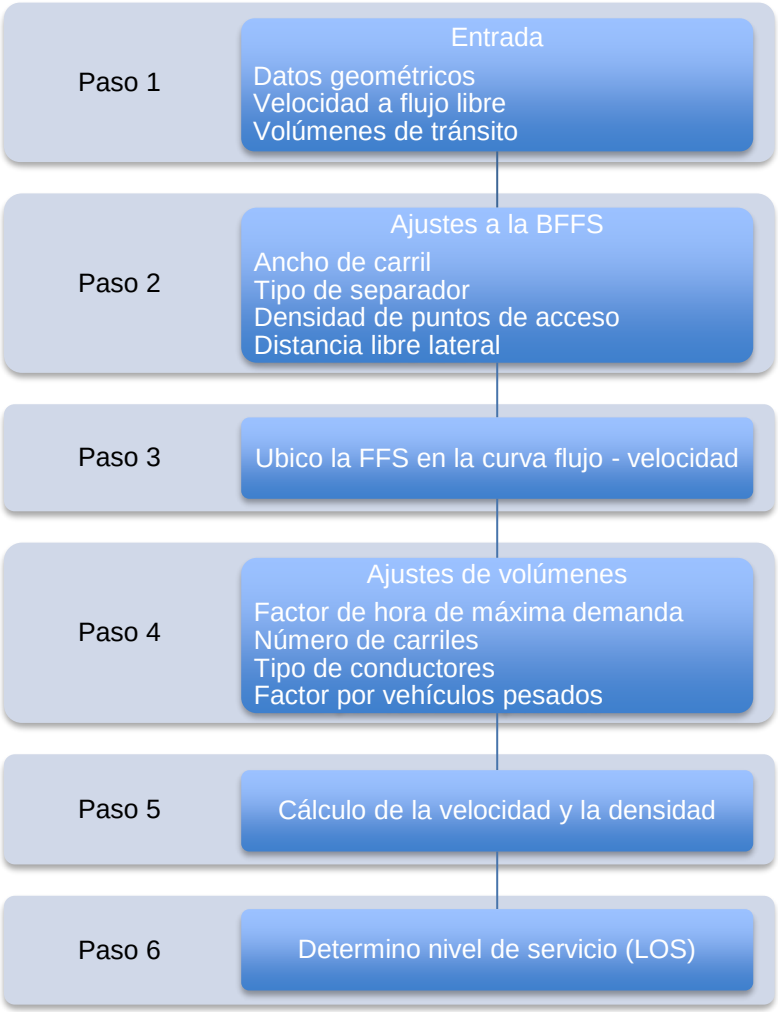

Figura 8. Procedimiento metodológico para determinar la capacidad y nivel de servicio de las vías

Posteriormente, se formularon las propuestas para un futuro cercano y lejano en las que el municipio debería encaminar sus esfuerzos, planteándose las necesidades de infraestructura y transporte público; presentando un resultado con detalles y especificaciones que englobe los proyectos presentados en los planes del municipio para la movilidad.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.4 DESARROLLO DE UN PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

Se estableció un plan de seguimiento para la implementación de las estrategias propuestas de los requerimientos de infraestructura vial y transporte público, el cual contempla los siguientes elementos:

Figura 9. Elementos plan de acción

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 OBTENCIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE INFORMACIÓN

3.1.1 Obtención de información general y de capas de información

La información cartográfica y la creación de mapas se basó en la utilización de la información geográfica del POT, la solicitud fue realizada en la oficina de Catastro de Rionegro al funcionario Edison López. La información fue proporcionada vía correo electrónico por la ingeniera Paula Vera Ramírez de la Subsecretaría de Sistemas de Información Territorial, quien compartió las capas de información el 21 de Febrero de 2018.

Por otro lado, en la reunión del viernes 23 de Febrero del 2018 se solicitó al subsecretario de movilidad del municipio de Rionegro, el señor Edeil Quintero, información sobre el registro de accidentes de tránsito del 2017. Esta reunión permitió establecer una línea de partida para comprender la situación actual del municipio, donde se presentaron de manera general los proyectos que están en ejecución.

Además, se realizó una solicitud de información en Catastro de Rionegro, la cual se trasmitió a Edison López y se recibió respuesta el 5 de marzo del presente año, dicha carpeta contenía la capa de información de construcciones rurales actualizada el 22 de Enero de 2018. El 13 de marzo se recibió vía correo electrónico información del estudio realizado por la firma Steer Davies Gleave, la cual había sido solicitada al docente Andrés Pava; este archivo contenía los informes parciales de los alcances del estudio e información general, adicionalmente en uno de los informes de avance se encontraba el registro de automotores.

Por último, para la recolección de información se llevó a cabo una reunión con el ingeniero Tomas Betancur, de la Secretaría de Desarrollo Territorial de Rionegro, el día 25 de abril del presente año, donde se solicitó la formulación del Plan Vial e información de las vías que hacen parte de los planes de movilidad de Rionegro; además, el mismo día fue suministrada la información del parque automotor registrado en el Municipio por el ingeniero Santiago García de la Secretaría de Planificación Estratégica y Evaluación.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.1.2 Geoprocesamiento y digitalización de información

3.1.2.1 Malla vial actual

3.1.2.1.1 Longitud de vías

Como se ha mencionado, para poder llevar a cabo el cálculo de los indicadores de desempeño fue necesario conocer cómo se conforma la malla vial del municipio de Rionegro, específicamente para el primer indicador; *Kilómetros de vías cada 100.000 habitantes*. A pesar de que se contó con el archivo en formato DWG de las capas que hacen parte de la malla vial fue necesario digitalizar todas las vías (figura 10) del municipio con el software ArcGIS 10.5 puesto que el archivo CAD contenía líneas adicionales que no se requieren en el cálculo del indicador y la eliminación de estas líneas representaba más trabajo que la digitalización en pantalla.

Figura 10. Estado de vías en formato DWG (izquierda) y digitalizadas (derecha)

Debido a que las capas de información suministradas por el municipio se encontraban en el sistema MAGNA-COLOMBIA – BOGOTA, se tomó la decisión de trabajar en este mismo sistema de coordenadas. Para esta digitalización se utilizó una imagen satelital proporcionada por el software (ArcGIS 10.5) actualizada en Febrero de 2018. Con esta información se digitalizaron todas las vías primarias, secundarias y terciarias. Luego de digitalizar todas las vías se realizó una intersección con áreas rurales, urbanas y suelos de expansión. El proceso se encuentra resumido en la siguiente figura.

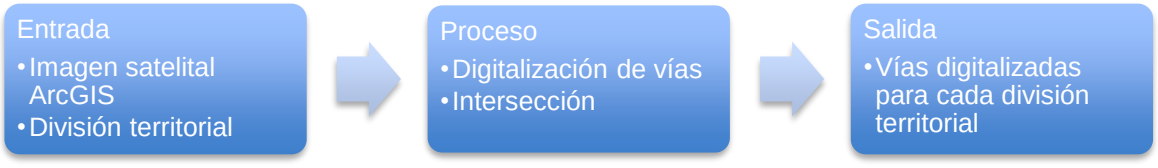

Figura 11. Diagrama de proceso digitalización de vías

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En el siguiente figura (figura 12) se puede observar la malla vial del municipio. Se calcularon los kilómetros totales de vías pertenecientes a cada polígono, datos con los que posteriormente se realizó el cálculo del primer indicador.

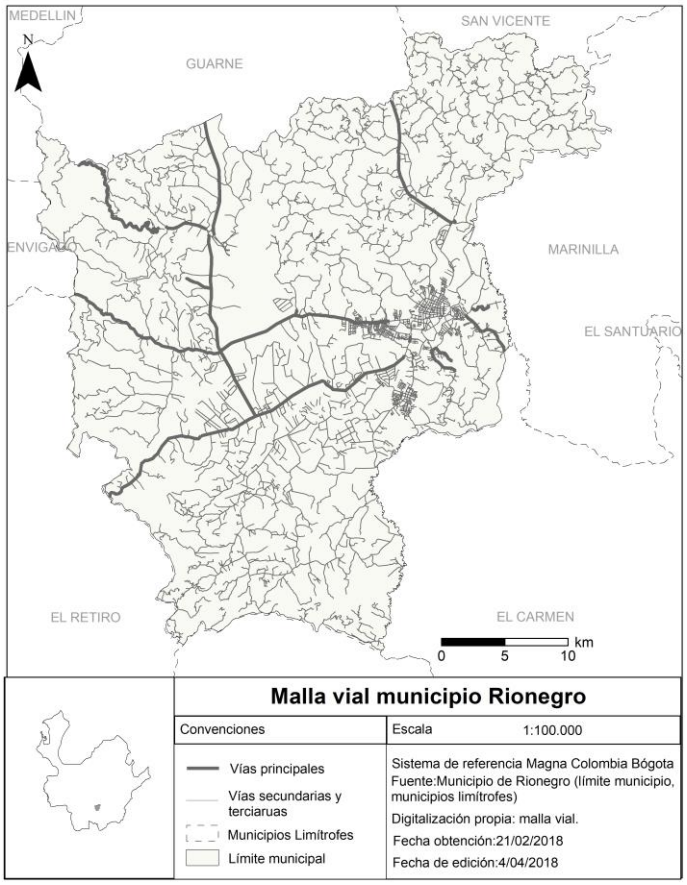

Figura 12. Malla vial de Rionegro

3.1.2.1.2 Kilómetros de vías dedicadas exclusivamente al transporte público

Por otra parte, para el cálculo del segundo indicador *Kilómetros de vías dedicadas en forma exclusiva al transporte público cada 100.000* habitantes, el BID estableció que la cantidad de kilómetros por carril que se deben considerar son los dedicados específicamente al recorrido de sistemas de transporte público, es decir, carriles de uso único para este modo. Dado que el municipio de Rionegro no tiene ninguna vía para uso exclusivo, no fue necesario digitalizar información para este indicador.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.1.2.1.3 Kilómetros de sendas para bicicletas

El indicador de desempeño corresponde a las sendas mantenidas por el estado o vías de acceso público incluyendo los carriles señalizados en la vía pública y los caminos fuera de ruta para peatones o bicicletas. Se utilizaron 6 de las capas de información de la malla vial suministradas por el Municipio: 00_CILO_RUTA, C-ROAD-BORDE-CICLORUTA, CICLO RUTA, CICLO RUTA PROYECTADA y CICLO RUTA- A. Como estas capas se encontraban en formato DWG, fue necesario exportarlas al formato *shapefile* y convertirlas al sistema de coordenadas Magna Colombia Bogotá. Con esta información se calcularon los kilómetros de vías que pertenecían a cada uno de los polígonos de estudio. La malla de vías con sendas de bicicleta se muestra a continuación (figura 13).

Figura 13. Malla de vías con sendas para bicicletas de Rionegro

3.1.2.1.4 Kilómetros de pavimentos y vía peatonal

Finalmente, para determinar el indicador que hace referencia a los kilómetros de servicios peatonales que pueden ser mantenidos por el Estado o las vías pavimentadas para uso peatonal se utilizó Google Maps, ya que en la imagen satelital que presenta el Software

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

de ArcGIS 10.5 no era posible ver de manera detallada este tipo de vías.. Para establecer el equipamiento de vías peatonales en el municipio se implementó un muestreo aleatorio de revisión de las vías.

El primer paso fue emplear la herramienta de ArcGIS Envelope, la cual permitía acotar en un rectángulo con dimensiones conocidas del límite del municipio, posteriormente se generaron coordenadas aleatorias en Excel dentro del área de análisis, luego se exportaron esos puntos a ArcGIS, inicialmente como una tabla con coordenadas X,Y (resultados en anexo 2) y luego como una capa de puntos. Se revisaron las vías cercanas a los puntos, verificando si contaban con infraestructura para peatones. La figura 14 muestra el proceso utilizado y la figura 15 los puntos analizados, para obtener valores representativos se realizó un zoom en la zona urbana que tiene más vías.

Figura 14. Diagrama de proceso obtención de puntos aleatorios

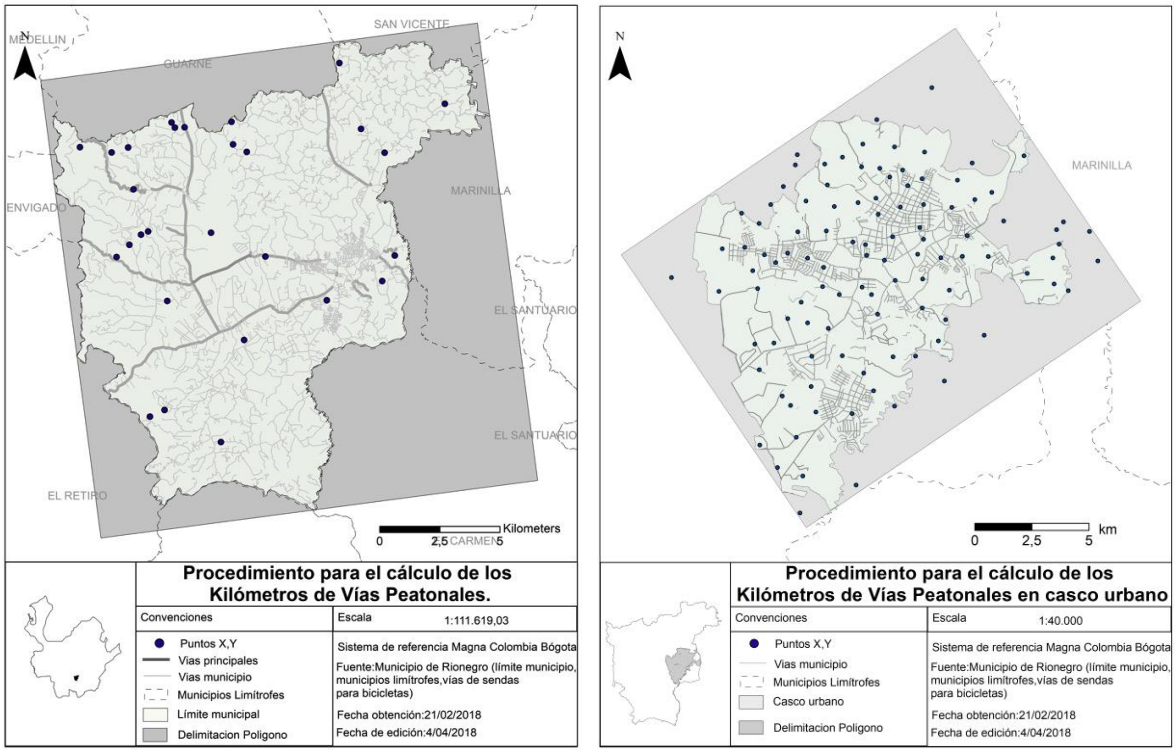

Figura 15. Puntos aleatorios de inspección en el municipio (izquierda) y en el casco urbano (derecha)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Posteriormente, se asignaron los valores de 0 a 2 a las vías analizadas. Donde 0 si no tenían espacios para peatones, 1 o 2 dependiendo del número de aceras a lado y lado de la calle. Se observó que en la zona rural las vías no tienen zonas para peatones, mientras que en la urbana casi todas presentaban 1 o 2 zonas. Debido a ello, el análisis se realizó por zonas, considerando zonas urbanas, rurales y de expansión. La figura 16 muestra el procedimiento realizado y las figuras 17 y 18 ejemplos de los puntos de análisis.

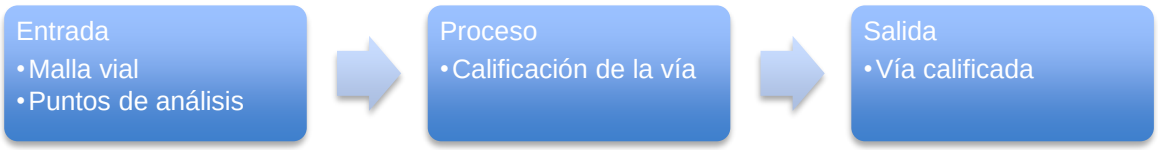

Figura 16. Diagrama de proceso asignación de valores para vía peatonal

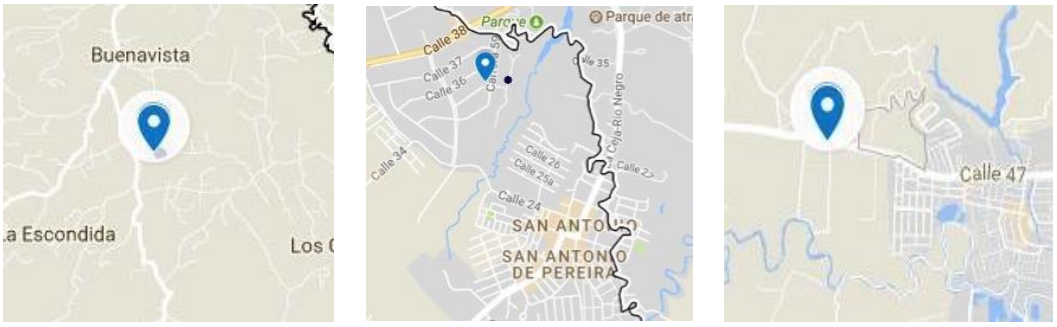

Figura 17. Localización puntos de análisis (rural, urbana y zona de expansión)

Figura 18. Visualización de vías analizadas cercanas a los puntos de inspección(rural, urbana y zona de expansión)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.1.2.2 Viviendas rurales

El procedimiento realizado para las viviendas se muestra a continuación.

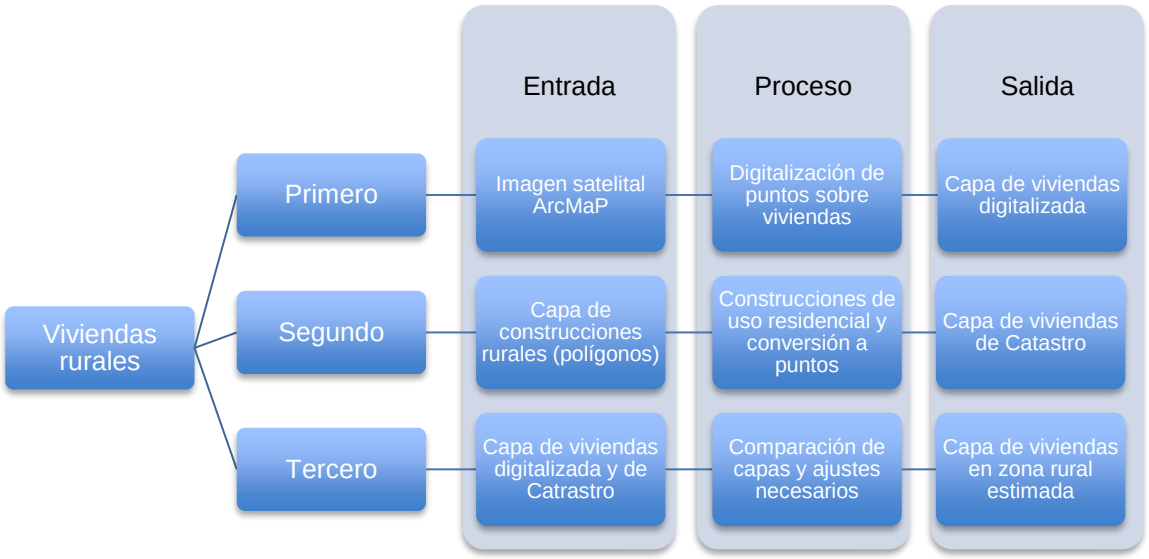

Figura 19. Diagrama de proceso para viviendas rurales

La información de viviendas se construyó con la capa digitalizada elaborada sobre la imagen satelital (primero) y la capa suministrada por Catastro (segundo). Ambas capas se compararon y complementaron (tercero), debido a que la capa de Catastro no contaba con algunas construcciones como se observa en la figura 20. El mapa resultante se muestra en la figura 21.

Figura 20. Puntos viviendas Catastro (amarillo) y puntos ajustados (rojo)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

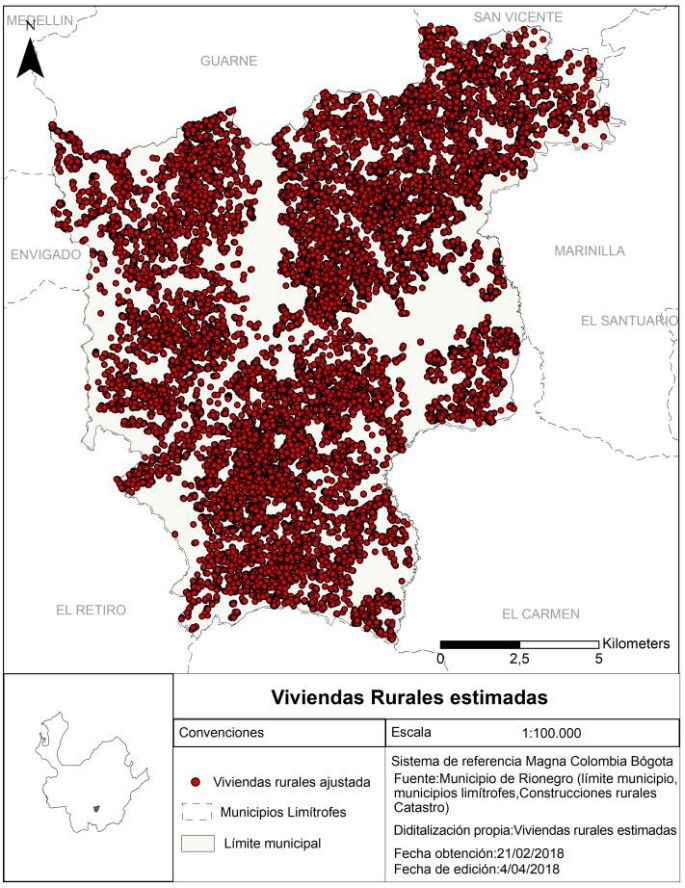

Figura 21. Viviendas estimadas en zona rural

3.1.2.3 Malla vial futura

La información otorgada por la Secretaría de Desarrollo Territorial que contiene las capas de vías planteadas a 70 años se encontraba en un archivo DWG, por lo que fue necesario exportarlo al formato shapefile. La información fue depurada eliminando información de predios, construcciones, entre otros, como se muestra en la figura 22.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

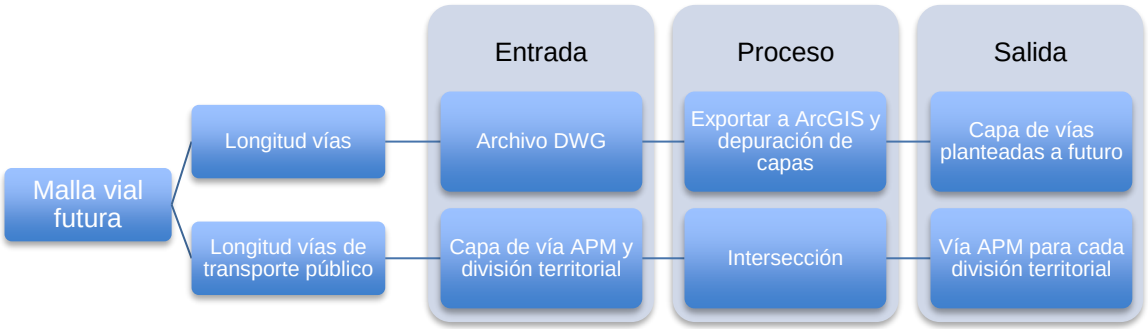

Figura 22. Diagrama de proceso de vías planteadas a futuro y de transporte público

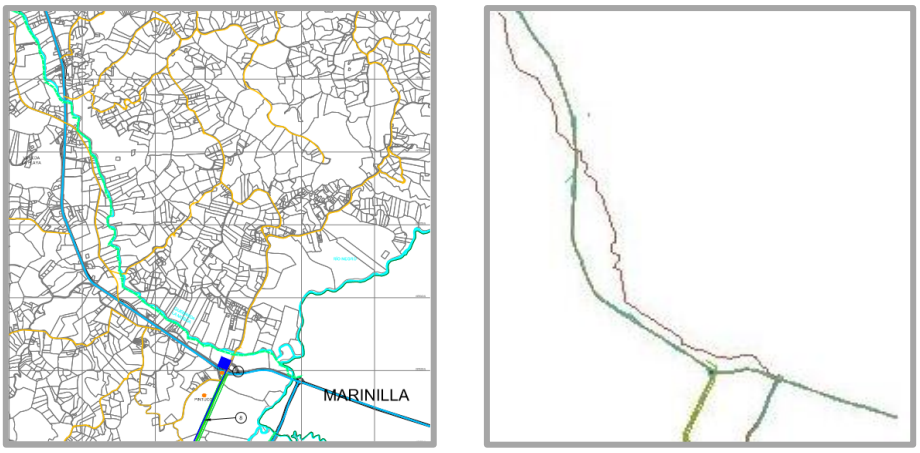

Figura 23. Estado de vías planteadas en formato DWG (izquierda) y digitalizadas (derecha)

3.1.2.4 Densidad poblacional

Procedimiento

La figura 24 muestra los suelos clasificados como urbanos, rurales y de expansión; en el anexo 3 se presentan los nombres de cada división político-administrativa.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

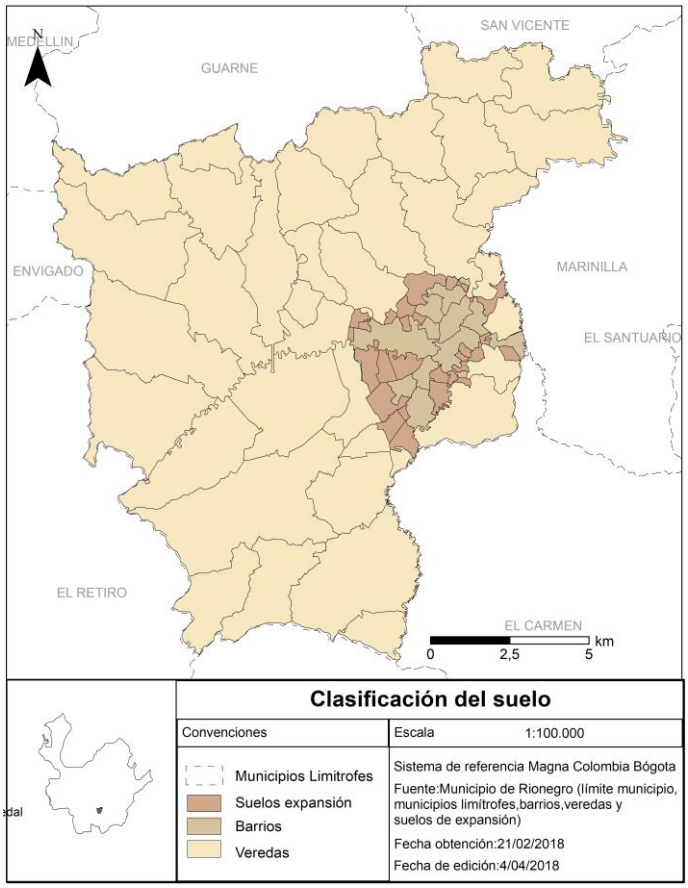

Figura 24. Mapa clasificación del suelo de Rionegro

Para determinar la densidad del municipio se construyeron tres mapas. El primero con los datos estimados en este trabajo y los otros son oficiales, el segundo por la oficina de Planeación y el tercero en el POT. Se tomó la densidad habitacional determinada por Catastro, donde se obtuvo un promedio de **3,05** personas por vivienda en la zona urbana y **4,17** personas por vivienda en la zona rural.

Como la densidad del POT se divide en usos (zona de actividad de servicios especializados, zona de actividad residencial de baja densidad, zona de uso aeroportuario, zona de equipamientos, entre otros), se determinó una densidad proporcional a cada división política.

Para determinar la cantidad de habitantes en cada polígono de estudio se exportaron las tablas obtenidas de ArcMap a Excel generando una tabla dinámica. A continuación se presenta el procedimiento (figura 25) realizado en cada densidad para cada división política del municipio de Rionegro.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

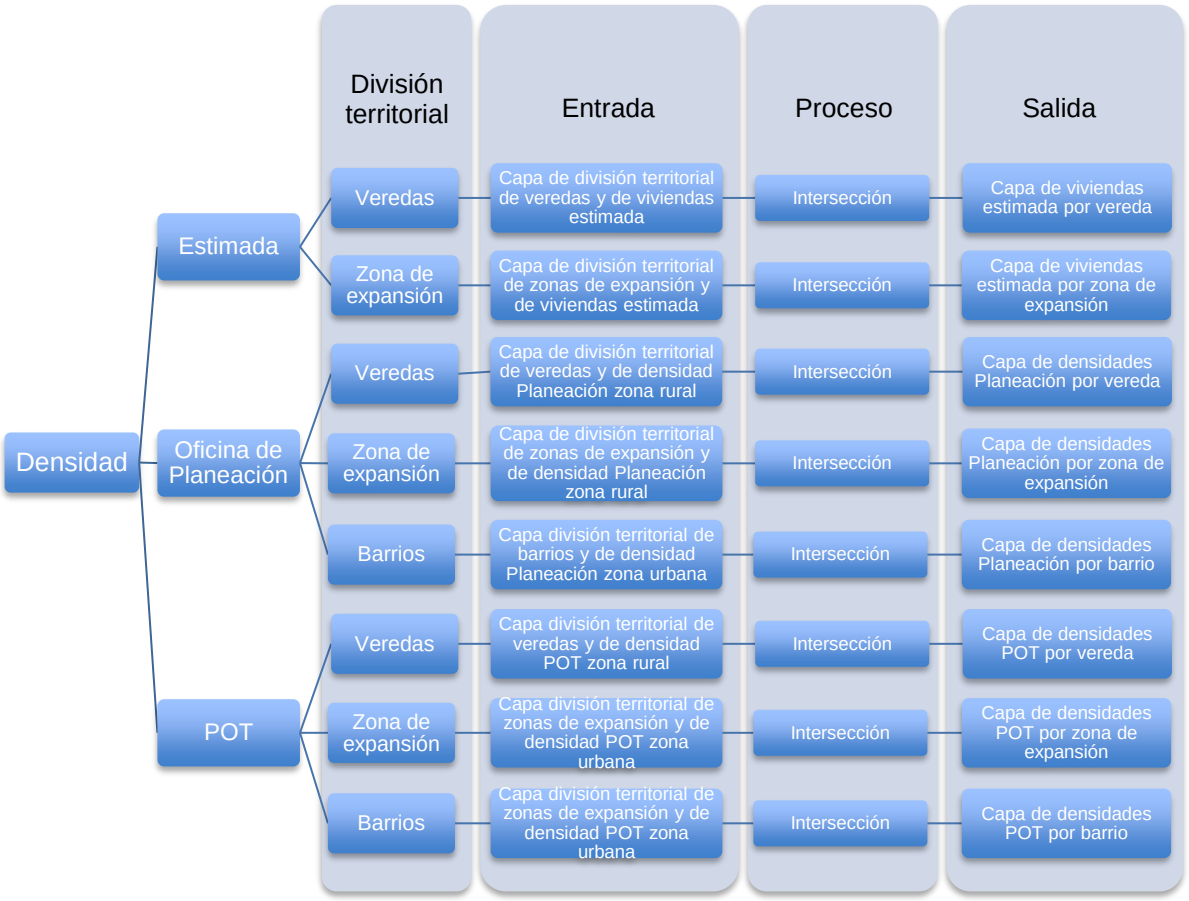

Figura 25. Procedimiento para determinación de densidades

Resultados

Los cálculos completos de los datos encontrados de densidades para cada división político administrativa se presentan en el anexo 4.

A continuación se presentan los mapas obtenidos de las densidades, en las figuras 26 y 27 para las veredas, las 28 y 29 para zonas de expansión (Z.E.) y la 30 para barrios.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

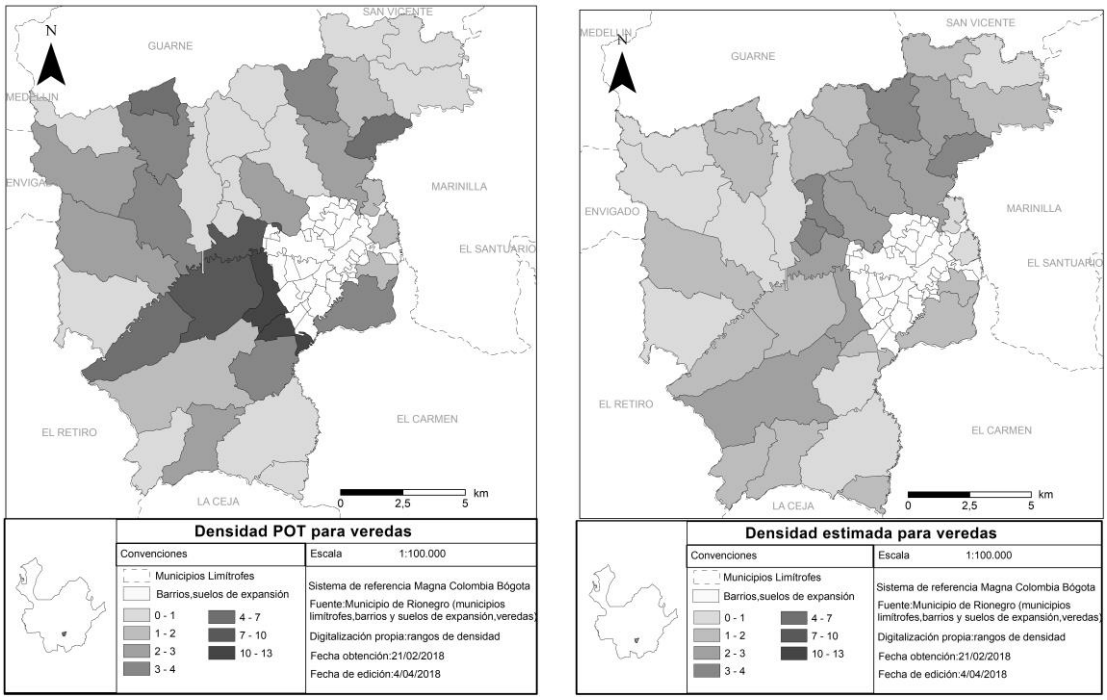

Figura 26. Mapas de densidad POT (izquierda) y estimada (derecha) en veredas

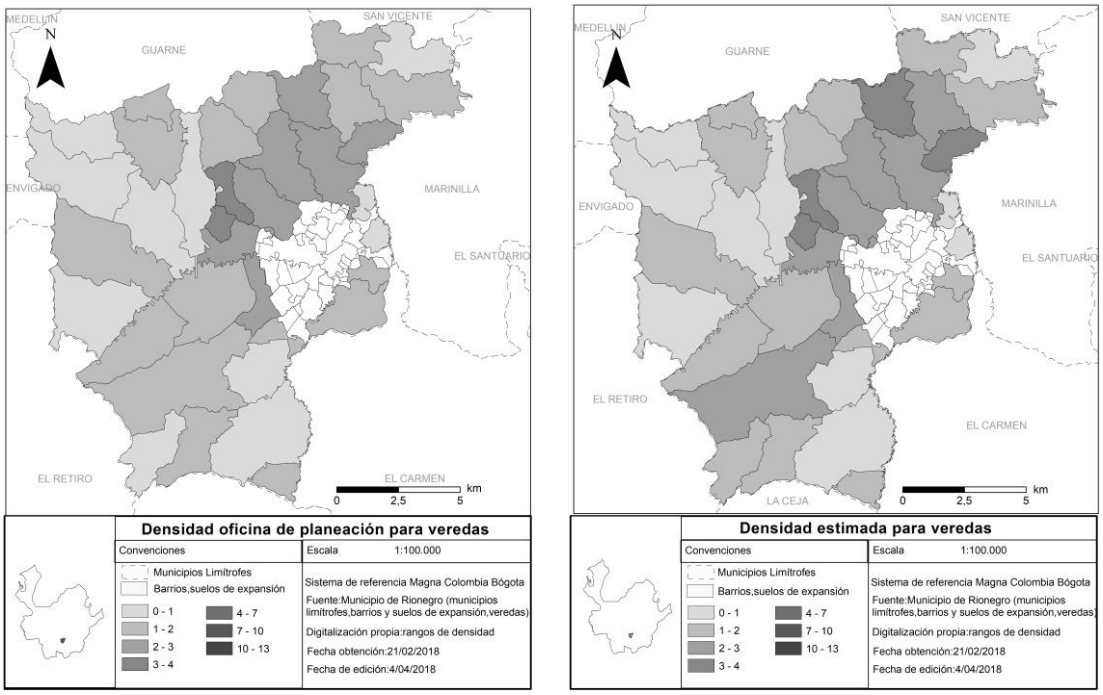

Figura 27. Mapas de densidad de la oficina de Planeación (izquierda) y estimada (derecha) en veredas

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

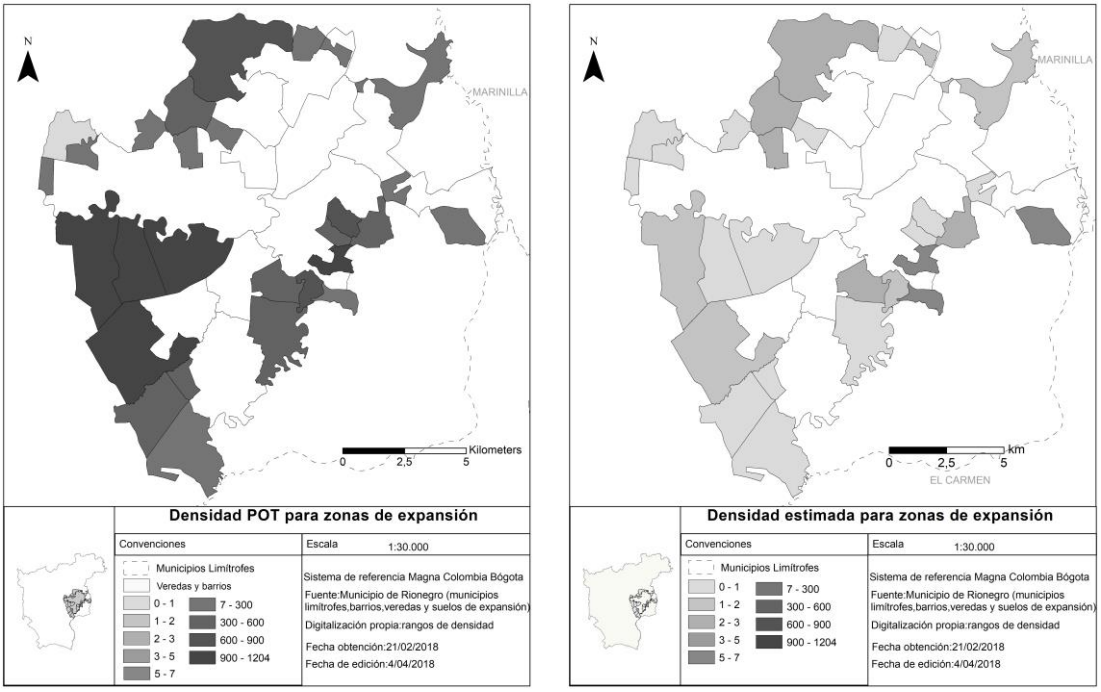

Figura 28. Mapas de densidad POT (izquierda) y estimada (derecha) en Z.E.

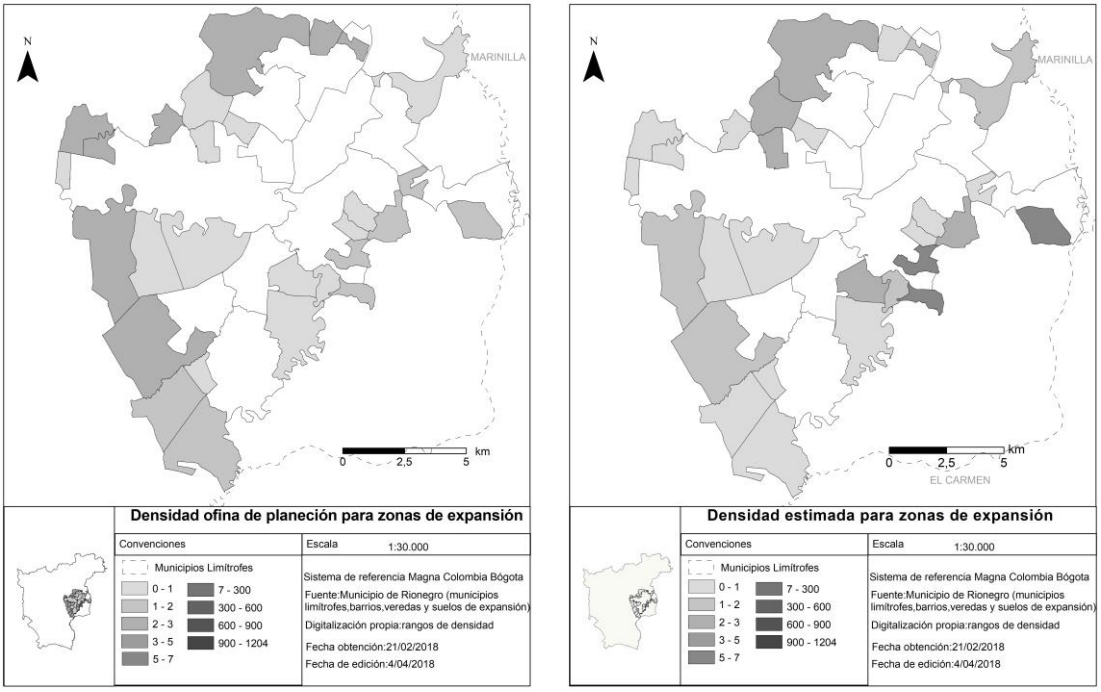

Figura 29. Mapas de densidad de la oficina de Planeación (izquierda) y estimada (derecha) en Z.E.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

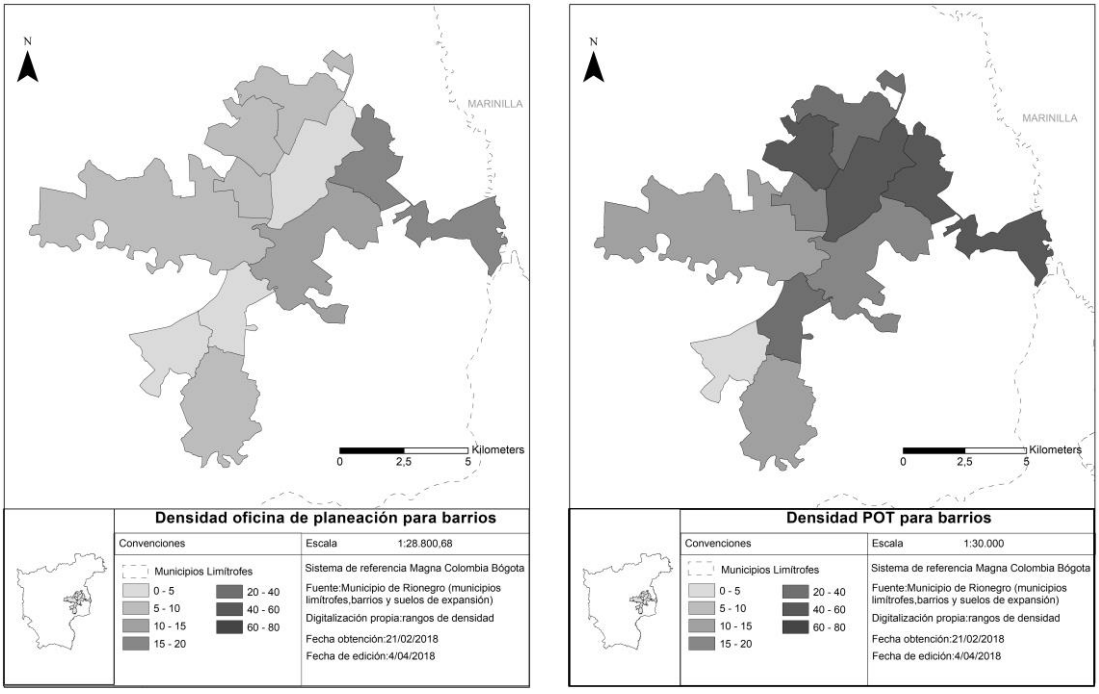

Figura 30. Mapas de densidad POT (izquierda) y de la oficina de Planeación (derecha) en barrios

Discusión de resultados

Aunque las densidades estimada y la de la oficina de Planeación deberían ser similares debido a que el tiempo transcurrido entre la digitalización del municipio y la realizada para el presente trabajo no supera los tres meses, se puede evidenciar que para el caso de las veredas dichas densidades presentan gran diferencia, llegando a una diferencia de 240 viviendas en las Cabeceras de Llanogrande (figura 31), siendo un valor representativo a la hora de determinar la densidad.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

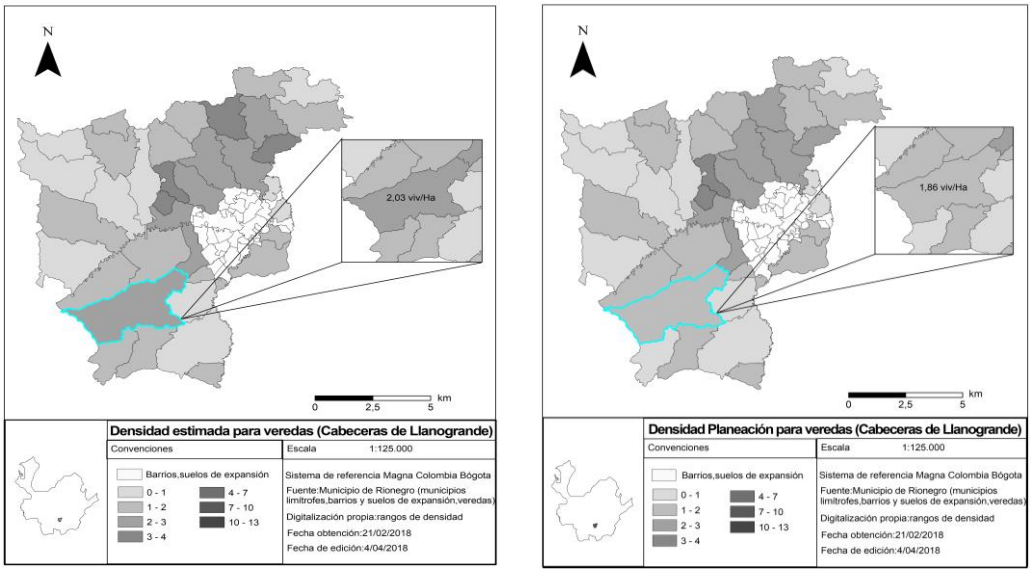

Figura 31. Densidad vereda Cabeceras de Llanogrande estimada (derecha) y Planeación (izquierda)

Para el caso de las zonas de expansión, la densidad de la oficina de Planeación obtenida en algunos polígonos es mayor a la estimada (el 42% de las zonas de expansión), mientras que en otros la estimada es mayor (25% de las zonas de expansión, el otro 33% no pertenece a veredas por lo que no tiene densidad de la oficina de Planeación) teniendo una diferencia de hasta 50 viviendas en el suelo de expansión San Joaquín IV (figura 32).

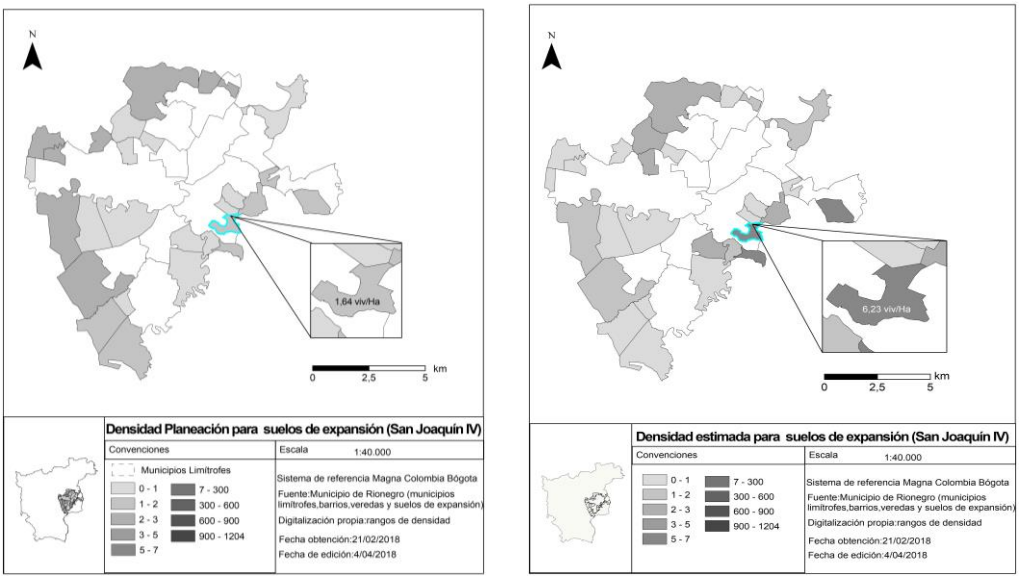

Figura 32. Densidad zona de expansión San Joaquín IV estimada (derecha) y Planeación (izquierda)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Si se observan en las densidades para el caso de zonas de expansión se puede apreciar que en algunos polígonos (PP 10 El Tranvía, San Joaquín IV, La Puerta, Santa Ana parte baja) la densidad estimada puede llegar a ser tres veces mayor que la de la de la oficina de Planeación; y de hasta cinco veces para Santa Ana parte Baja (figura 33). Sin embargo en la zona de expansión Barro Blanco III la densidad de la oficina de Planeación es seis veces mayor que la estimada.

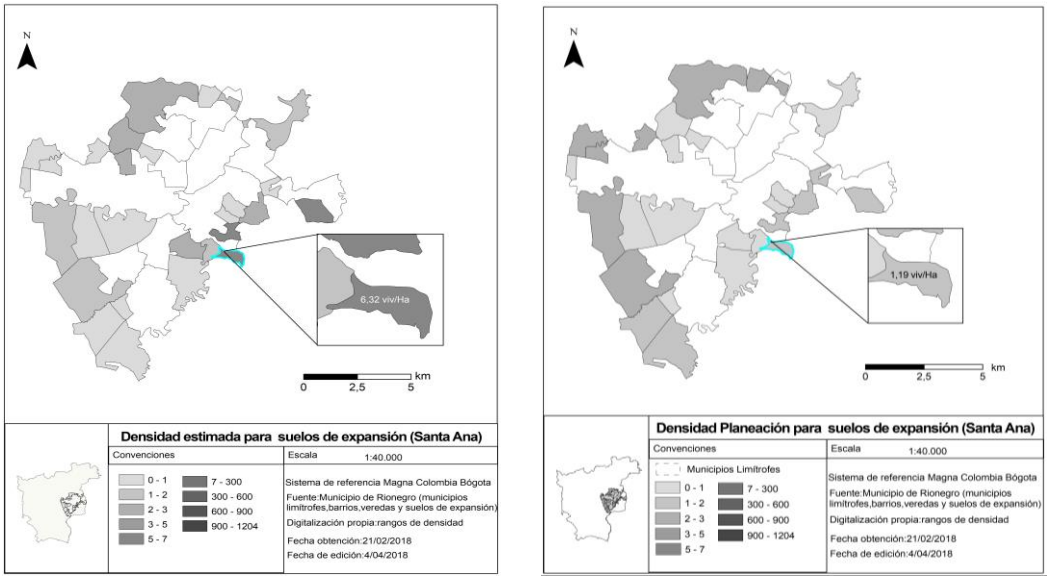

Figura 33. Densidad zona de expansión Santa Ana parte baja estimada (derecha) y Planeación (izquierda)

Para el caso de la densidad del POT en la zona rural (específicamente en las veredas) se puede observar que hay un problema, debido a que es menor a las otras dos densidades; la primera es con la que se realizan todos los Planes, por lo que se está considerando una densidad menor a la que poseen actualmente. Un aspecto relevante es que en Cuchillas de San José se presenta una diferencia de 1000 viviendas (figura 34), así mismo en la zona del Aeropuerto la densidad estimada supera 11 veces la densidad del POT. Sin embargo, en otras zonas se evidencia que falta parte de la población para llegar a la estipulada en el POT como en las veredas de Tres Puertas con una diferencia de 5373 viviendas; y algunas zonas hay menos de un quinto de la población dada en la normativa (Guayabito, La Convención y Chipre) y llegando hasta un decimo en San Antonio.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

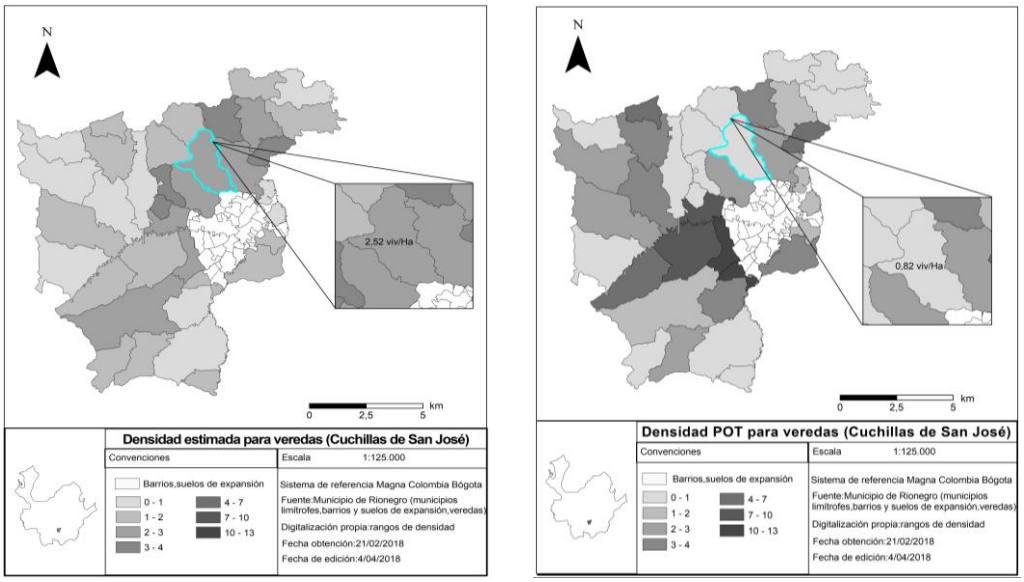

Figura 34. Densidad vereda Cuchillas San José estimada (derecha) y POT (izquierda)

En las zonas de expansión se pudo evidenciar que la densidad del POT es mucho mayor que la estimada y la de la oficina de Planeación y es correcto porque actualmente se cataloga como zona rural y en el desarrollo del nuevo Plan Territorial se convertirá en zona urbana por lo que tendrá un cambio significativo, como es el caso de Chipre (figura 35) que tiene la mayor cantidad de viviendas según el POT.

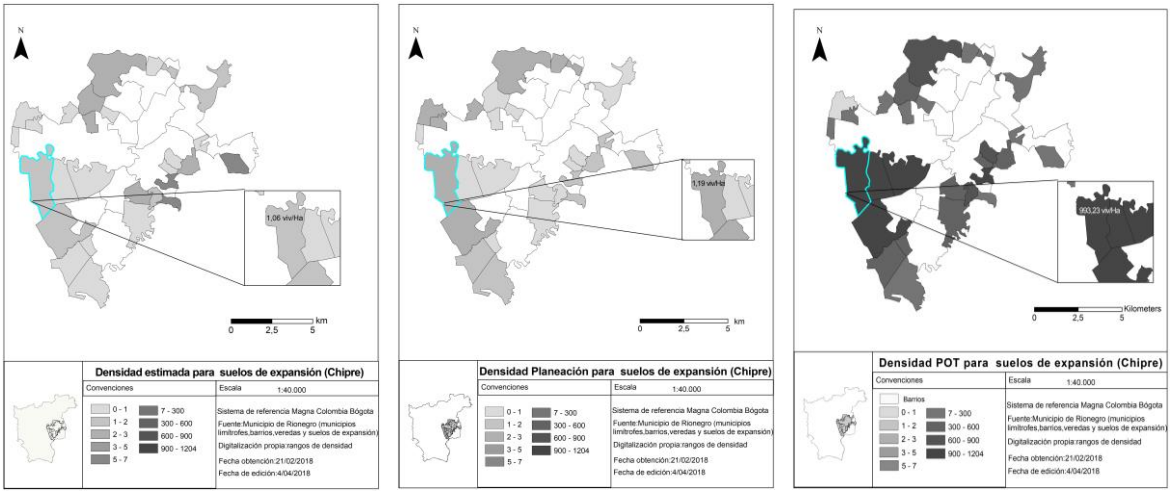

Figura 35. Densidad zona de expansión Chipre estimada (derecha), Planeación (medio) y POT (izquierda)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Para el casco urbano como no se tiene una densidad estimada no es posible comparar como se encuentra actualmente, pero es posible apreciar que hay zonas que no han alcanzado el desarrollo que tienen planeado las entidades gubernamentales, puesto que la mayoría no supera el 30% de la población estipulada en el POT, el barrio de Cuatro Esquinas evidencia una diferencia de 5746 viviendas y El Centro de 5129 viviendas (figura 36).

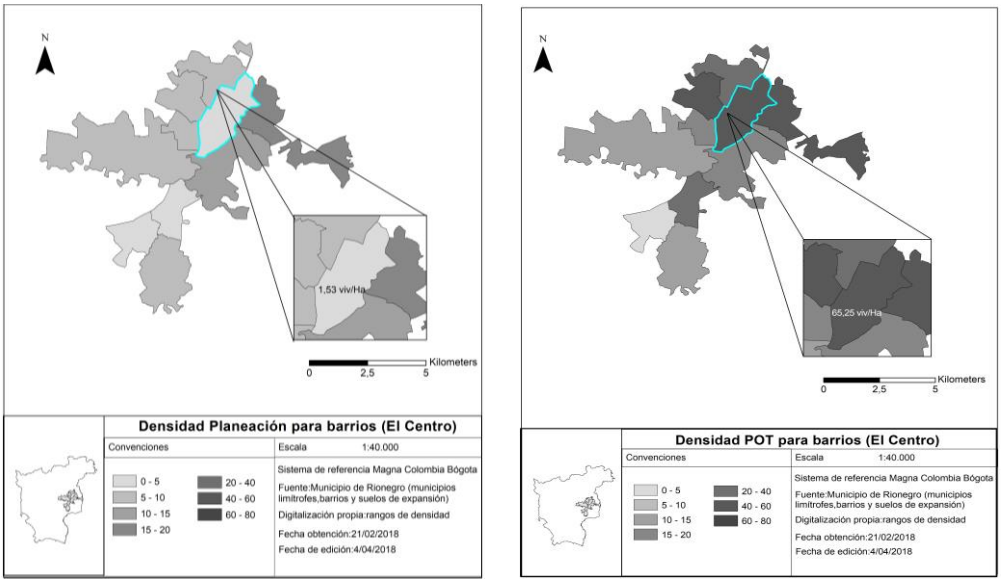

Figura 36. Densidad barrio El Centro Planeación (derecha) y POT (izquierda)

Para la estimación de las densidades se asumió que los polígonos de análisis eran homogéneos, lo cual no ocurre en el municipio. Se realizó esa simplificación porque en algunos casos se requería analizar más de 350 polígonos que representan con mayor exactitud y precisión el comportamiento de la densidad en la zona rural, caso contrario al casco urbano porque las áreas de los barrios son menores y los usos que tienen estos se encuentran repartidos de una manera más regular. Es necesario que el municipio de Rionegro cuente con herramientas informáticas que colaboren en el proceso de análisis, porque se sale del alcance del presente proyecto.

Por último es importante anotar que aunque se tienen capas de densidad normativa para la zona urbana, en ciertos polígonos presentan un valor de 0 viv/Ha (figura 37), sin embargo cuando se observa la descripción incluida en la tabla de atributos se especifica “aprovechamientos según licencia de construcción”, por lo que debería de tenerse en la capa esta información donde se detalle la cantidad de pisos que se pueden construir o el índice de construcción para tener una cifra que permita conocer el futuro del predio estudiado. Los polígonos con dicha característica son los siguientes:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

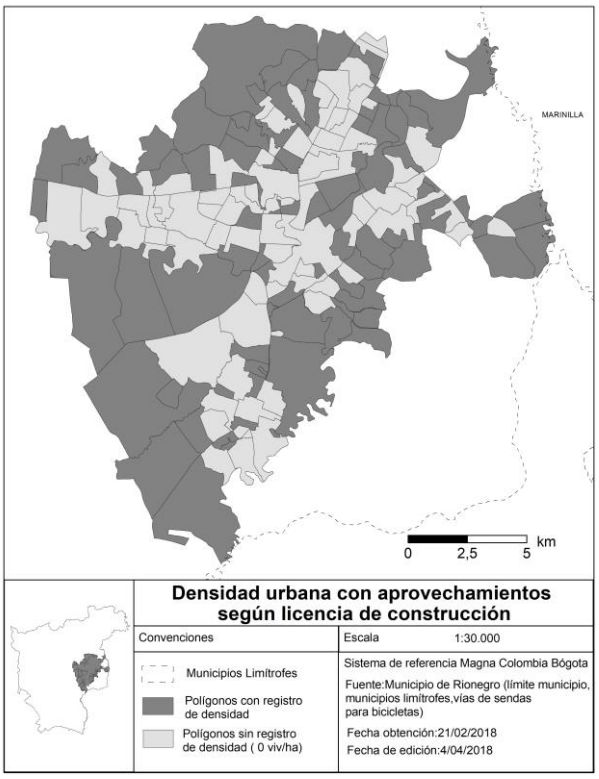

Figura 37. Mapa densidad urbana con aprovechamientos según licencia de construcción

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.2 ESTIMACIÓN DE INDICADORES DE DESEMPEÑO

3.2.1 Indicadores actuales

3.2.1.1 Kilómetros de vías cada 100.000 habitantes

Procedimiento

La evaluación de este indicador se realizó con la malla vial determinada en el ítem 3.1.2.1., donde se calculó la longitud de las vías para el polígono de cada división política. Además el indicador requiere los habitantes para cada zona, esta información se tomó de las tres densidades poblacionales.

Es importante recordar que los rangos dados por el BID para el indicador vial son:

- Mayor a 400: No sostenible, altamente problemático (color rojo)
- Entre 300 y 400: Potencialmente problemático (color amarillo)
- Menor a 300: Sostenible, buen desempeño (color verde)

Como se mencionó, el indicador tiene una escala de 3 niveles. La estimación realizada rebasa dicha escala, por lo que se propuso una clasificación adicional, que representa una situación desfavorable en un nivel superior. La escala utilizada se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Clasificación particular para el indicador vial

	Intervalo
Nivel I	400 - 499
Nivel II	500 - 599
Nivel III	600 - 699
Nivel IV	700 - 799
Nivel V	800 - mayor

Resultados

Los resultados completos obtenidos del indicador se presentan en el anexo 5. A continuación (figura 38) se pueden visualizar los resultados del indicador vial para cada densidad.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

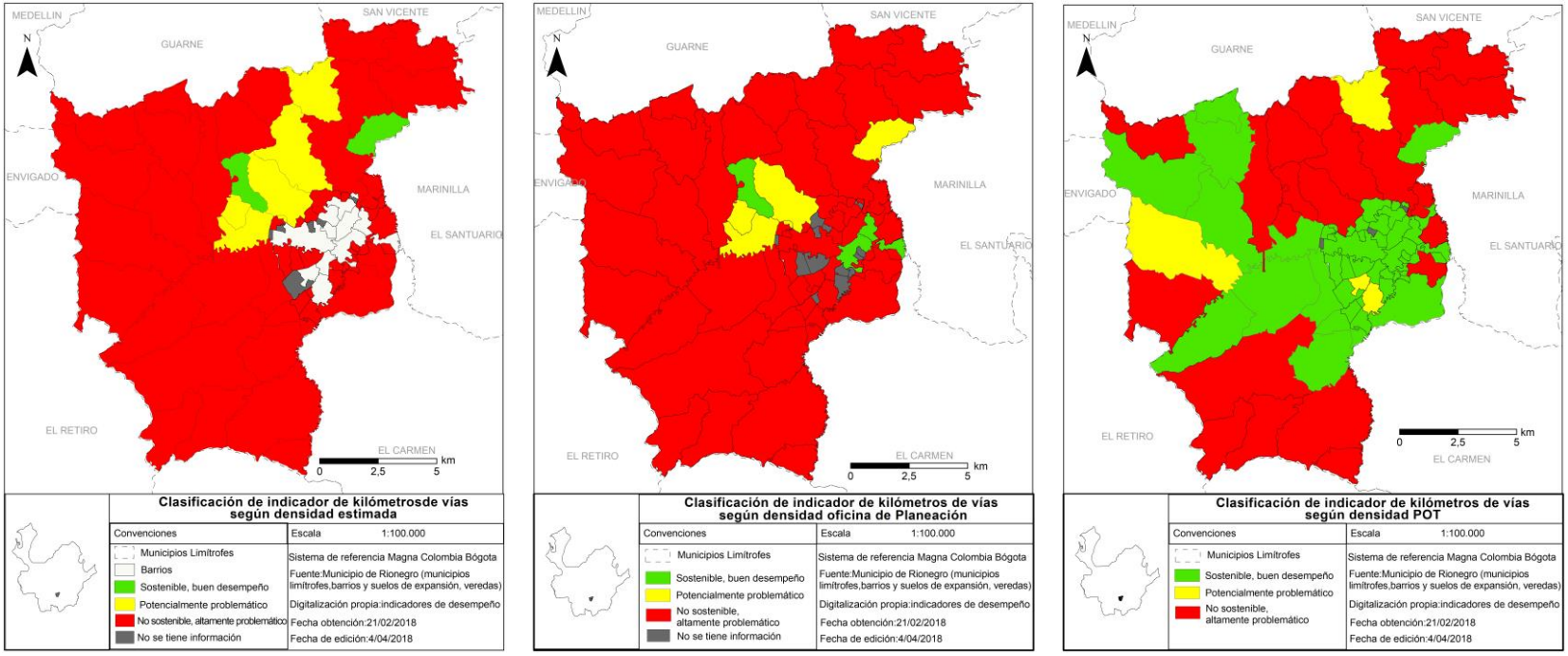

Figura 38. Mapa de clasificación del indicador de kilómetros de vías para la densidad estimada (izquierda), de la oficina de Planeación (medio) y POT (derecha)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Discusión de resultados de indicador de kilómetros de vías cada 100.000 habitantes

Los resultados obtenidos del indicador vial dan evidencia de la diferencia en las densidades, principalmente en la zona urbana incluyendo barrios y zonas de expansión, se puede observar que la densidad del POT para estas dos zonas da un valor del indicador sostenible debido a que la densidad y el indicador son proporcionales.

Para el caso del indicador determinado en las veredas, se puede apreciar en los mapas que el calculado con la densidad estimada y de Planeación dan resultados similares, las veredas que pasan de condiciones potencialmente problemáticas a no sostenibles son La Mosca y Cuchillas de San José (figura 39); además la vereda Galicia pasa de sostenible (estimada) a potencialmente problemática (Planeación).

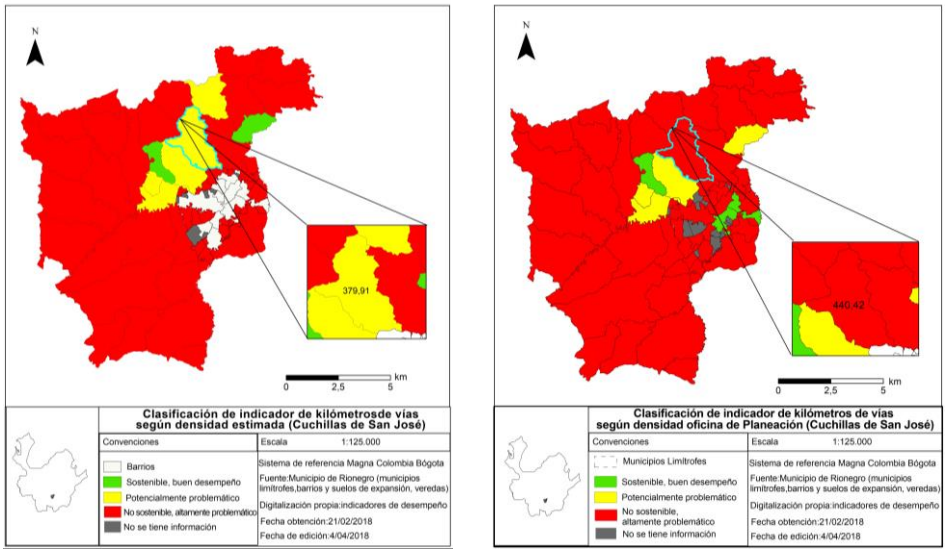

Figura 39. Indicador vial vereda Cuchillas de San José con densidad estimada (derecha) y Planeación (izquierda)

Con respecto al indicador de las veredas encontrado con la densidad POT se puede apreciar que las condiciones son mejores a las otras densidades, en la primera densidad (estimada) el 80% se clasifica como “no sostenible, altamente problemático”, en la de Planeación el 86% y en la del POT el 60%. Se clasifican como “sostenible” 12 veredas (34%) en la densidad POT , mientras que en las otras no se supera el 10%, en la estimada con 2 veredas (vereda Abreito y Galicia) y en la de Planeación 1 vereda (Abreito).

La relación del indicador para las veredas entre la densidad de Planeación y POT expresa la forma en como afecta la población el indicador, puesto que las densidades son mayores en el POT y se usa como base una longitud constante (km). Se evidencia el caso de las veredas Chipre y San Antonio (figura 40), en la primera el indicador con la densidad de Planeación es casi 6 veces la del indicador de POT y en la segunda 9 veces. Lo mismo

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ocurre en la relación entre el indicador con determinado con la densidad estimada y POT en dichas veredas, donde la primera es 6 veces mayor que la de POT y en la segunda 8 veces. Además, en la zona del Aeropuerto el indicador calculado con la densidad POT es 12 veces que el valor estimado con el de Planeación.

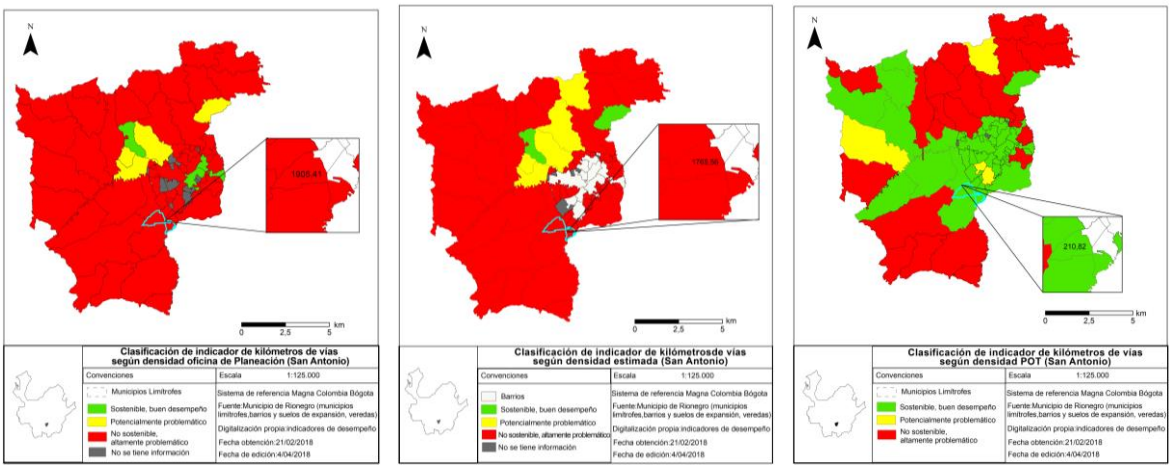

Figura 40. Indicador vial vereda San Antonio con densidad estimada (derecha), Planeación (medio) y POT (izquierda)

En los resultados de las zonas de expansión se pueden observar unas zonas grises, las cuales corresponden a los polígonos sin datos para el cálculo del indicador; en el indicador calculado con la densidad estimada se pudieron clasificar 22 zonas de expansión (79%), en el indicador con densidad Planeación 15 suelos de expansión (54%) y con la densidad POT 25 suelos de expansión (89%).

En el caso de los indicadores de la zona de expansión, la diferencia es abrupta, el valor determinado con la densidad estimada y Planeación dan resultados clasificados como “no sostenible, altamente problemático”, en cambio con la densidad de POT que es mayor el indicador para las zonas de expansión se encuentra como “sostenible, buen desempeño”.

La relación de los indicadores en las zonas de expansión con las densidades Planeación/POT y estimada/POT son muy altas debido a las diferencias de las densidades, en la del POT son mucho mayores que en las otras dos. El aumento más significativo se observó en las zonas de expansión PP 10 El Tranvía, La María I y Chipre (figura 41).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

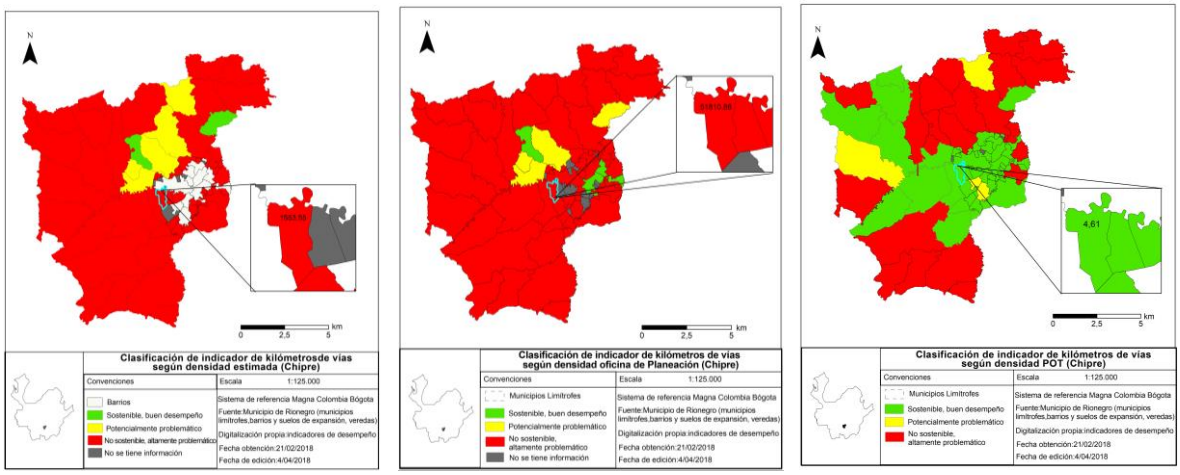

Figura 41. Indicador vial zona de expansión Chipre con densidad estimada (derecha), Planeación (medio) y POT (izquierda)

Los resultados obtenidos del indicador para los barrios, con la densidad de Planeación el 80% de los barrios tuvieron una clasificación “no sostenible, altamente problemática” y el porcentaje restante “sostenible, buen desempeño”; para la densidad POT el 80% se clasificó como “sostenible, buen desempeño” y el 20% restante como “potencialmente problemático”. Para los barrios, el valor de la densidad POT es mayor a la de Planeación, hecho que incide en los resultados del indicador, puesto que a mayor población se obtiene un mejor desempeño; el valor de la relación del indicador determinado con las dos densidades es representativo, principalmente en los barrios El Faro con una relación del indicador 23 veces, Alto del Medio con 11 veces y El centro (figura 42) con 42 veces.

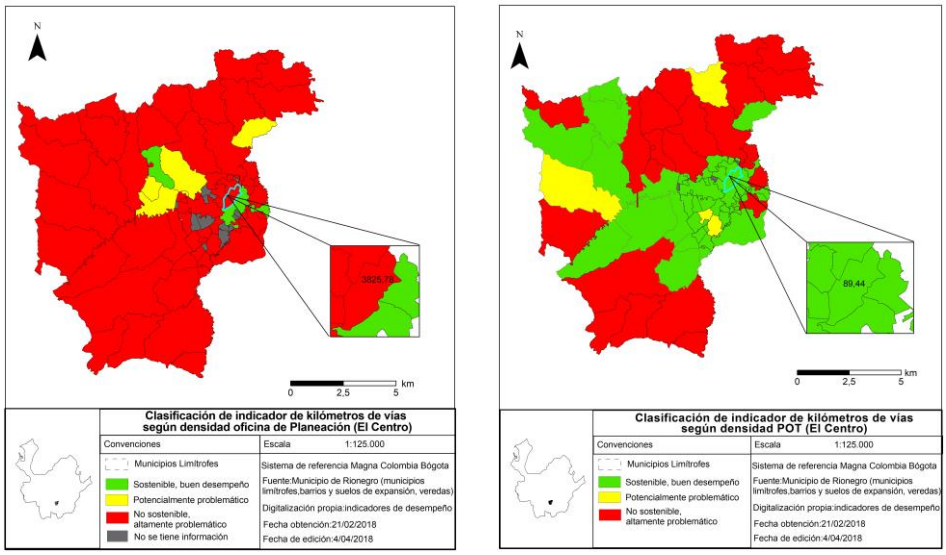

Figura 42. Indicador vial barrio El Centro con densidad Planeación (derecha) y POT (izquierda)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Los resultados de la clasificación particular (tabla 9) dan evidencia del crecimiento disperso de las ciudad, del total de mediciones (considerando las tres densidades y división política administrativa), apenas el 38,2% no obtuvo una clasificación particular y del porcentaje restante, el 61% se clasificó en nivel V. Se concluye que el hecho de obtener tal clasificación manifiesta condiciones críticas debido a que el modelo de crecimiento del municipio requiere mayor cantidad de vías y por tanto menos sostenibilidad.

Tabla 9. Cantidad de polígonos con clasificación particular de indicador vial

	Densidad	Nivel				
		I	II	III	IV	V
Veredas	Ajustada	5	5	7	4	11
	Planeación	3	5	7	4	11
	POT	2	4	0	1	14
Zonas de expansión	Ajustada	0	0	0	0	22
	Planeación	0	0	0	0	15
	POT	0	0	0	0	0
Barrios	Planeación	1	1	1	0	5
	POT	0	0	0	0	0

3.2.1.2 Kilómetros de vías dedicadas en forma exclusiva al transporte público cada 100.000 habitantes

Procedimiento

El transporte público intermunicipal se compone de 10 rutas hacia los municipios del Oriente cercano y 5 hacia el Valle de Aburrá. Los kilómetros que recorren estas rutas a nivel urbano equivalen al 13% de los kilómetros de vías totales (Universidad Católica de Oriente, Cámara Colombiana de la Construcción, & Alcaldía de Rionegro, 2016) El municipio no cuenta con vías que sean destinadas exclusivamente para el transporte público ni carriles exclusivos.

Se debe recordar que la clasificación para este indicador según el BID es:

- Menor a 10: No sostenible, altamente problemático (color rojo)
- Entre 10 y 40: Potencialmente problemático (color amarillo)
- Mayor a 40 : Sostenible, buen desempeño (color verde)

Resultados

El resultado del indicador es el siguiente y se puede observar en la figura 43.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 10. Indicador de kilómetros de vías dedicadas al transporte público

Valor indicador	0
Clasificación	No sostenible, altamente problemático

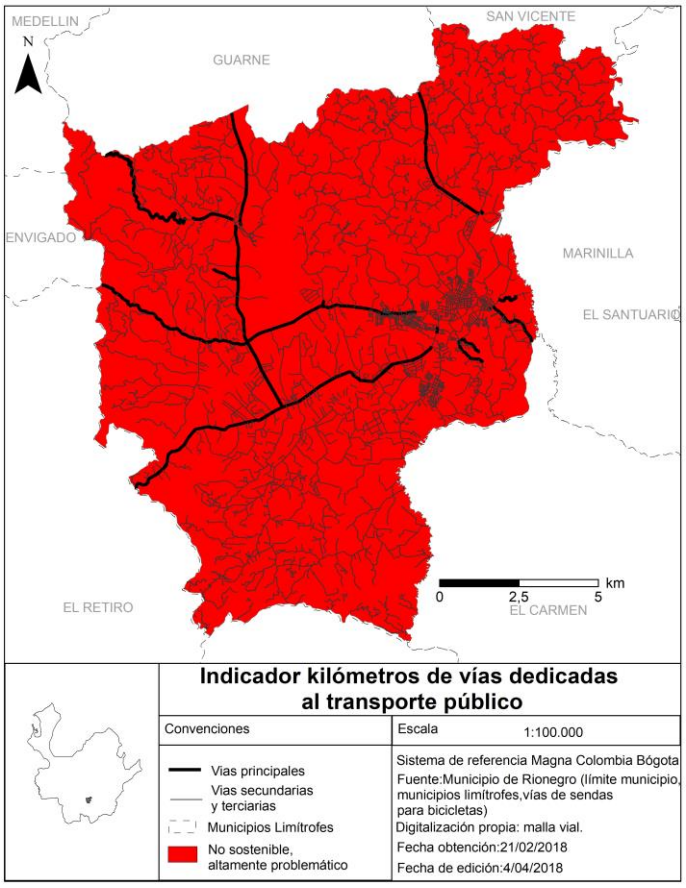

Figura 43. Mapa de clasificación del indicador de kilómetros de vías destinadas al transporte público

Discusión de resultados del indicador de kilómetros de vías dedicadas en forma exclusiva al transporte público

Dado el resultado se opta por calcular el indicador en caso de que las vías actuales por las que transita el transporte público en todo el municipio fueran destinadas solo para tal fin.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Actualmente, el transporte público usa 32 km de la malla vial (Universidad Católica de Oriente, Cámara Colombiana de la Construcción, & Alcaldía de Rionegro, 2016), como esta longitud es para todo el municipio e incluye el transporte intermunicipal y no se conoce el transporte destinado en cada división política, se consideró la población de todo el municipio (126.193 habitantes). En la tabla 11 se presenta el valor del indicador bajo estas consideraciones. En la figura 44 se despliegan los resultados.

Tabla 11. Indicador supuesto de kilómetros de vías dedicadas al transporte público

Valor indicador	25,36
Clasificación	Potencialmente problemático

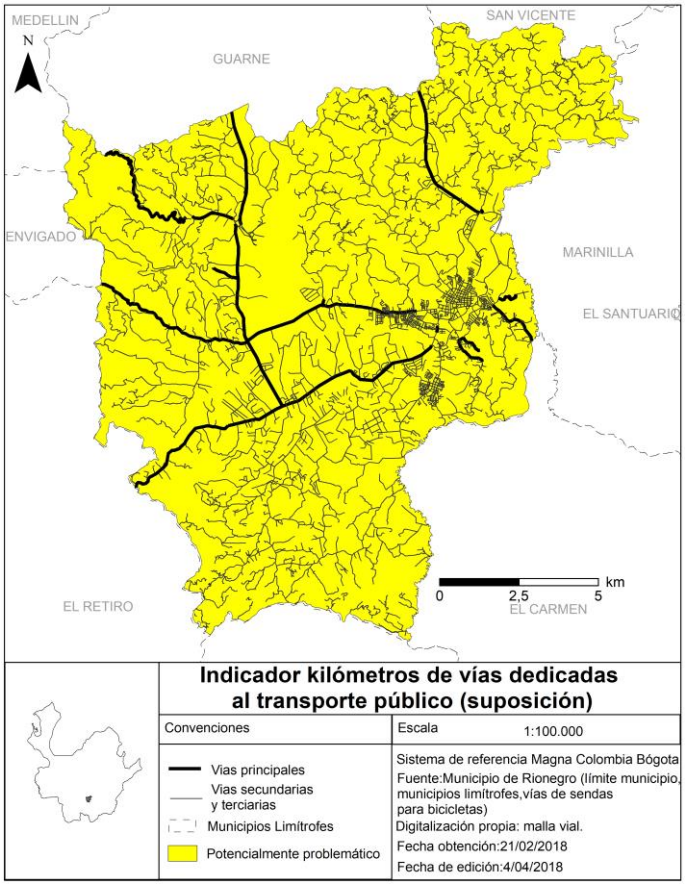

Figura 44. Mapa clasificación del indicador estimado de kilómetros de vías dedicadas al transporte público

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Considerando los supuestos realizados, el indicador se clasificó como “potencialmente problemático”. La cantidad requerida para que el municipio reciba una calificación de “sostenible, buen desempeño” sería de 50,5 km, lo que significaría, primero, que las vías fueran solo para transporte público o que se tengan carriles exclusivos y posteriormente, que se aumente un 60% la malla utilizada por este medio.

Este escenario no se considera factible, pues las cargas de tráfico que actualmente experimenta el municipio no permiten pensar que se pueda destinar toda una vía o un carril exclusivo para el transporte público, dadas las implicaciones que tiene un modelo de crecimiento no sostenible tipo suburbio, basado en población dispersa y vías estrechas que no permiten, en el corto plazo, imaginar esta dedicación exclusiva.

3.2.1.3 Kilómetros de sendas para bicicleta cada 100.000 habitantes

Procedimiento

El indicador de sendas para bicicleta se basa en la población estimada en la sección 3.1.2.4. y en la longitud de la malla vial destina al uso de bicicletas, la cual se describió en el ítem 3.1.2.1.3.

Es importante recordar los intervalos propuestos por el BID:

- Menor a 15: No sostenible, altamente problemático (color rojo)
- Entre 15 y 25: Potencialmente problemático (color amarillo)
- Mayor a 25 : Sostenible, buen desempeño (color verde)

Resultados

En el anexo 6 se presentan los resultados del indicador de sendas para bicicleta para con las tres densidades determinadas. A continuación se pueden visualizar los resultados (figura 45) del indicador para cada densidad.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

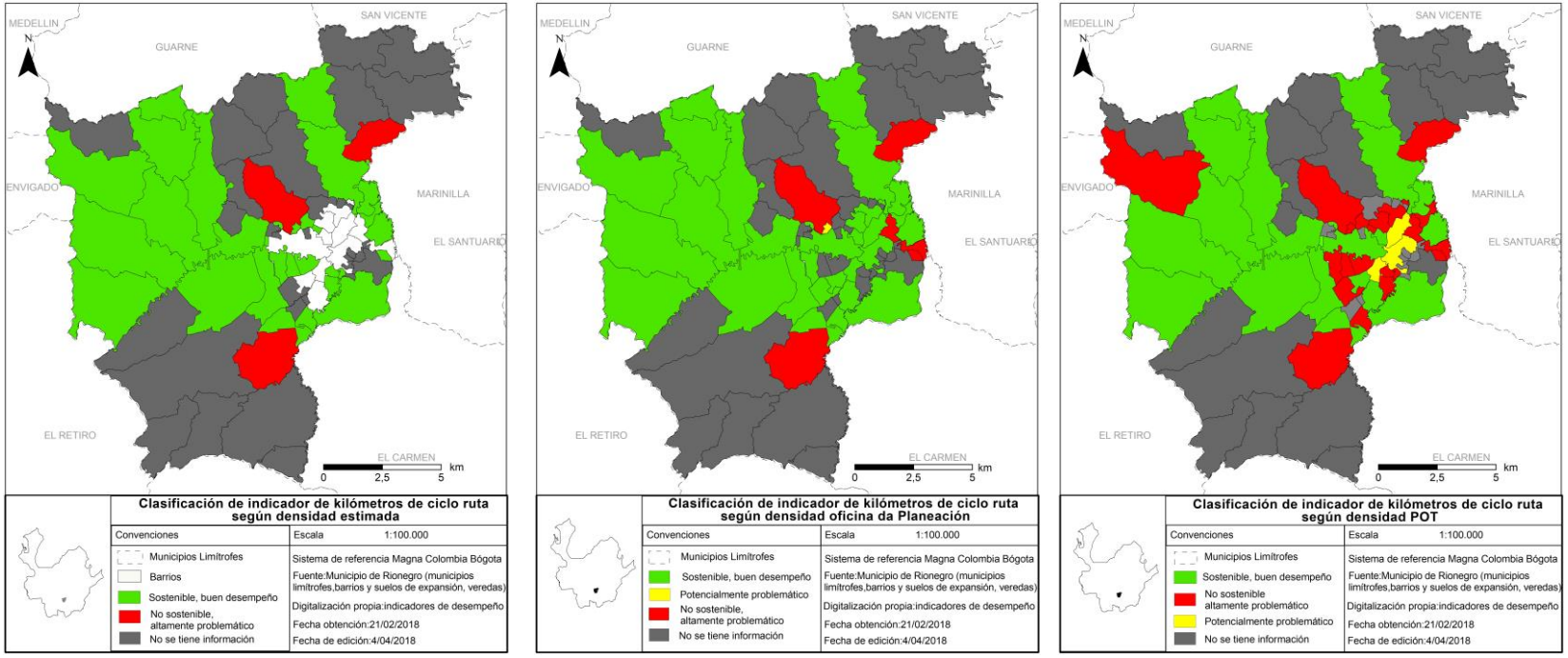

Figura 45. Mapa de clasificación del indicador de kilómetros de ciclo ruta para la densidad estimada (izquierda), de la oficina de Planeación (medio) y POT (derecha)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Discusión de resultados del indicador de kilómetros de ciclo ruta cada 100.000 habitantes

En general los resultados muestran que para las densidades estimada y de Planeación se tiene un buen desempeño del indicador, aunque hay zonas que tienen un desempeño "altamente problemático" son pocas en comparación con todas las del municipio; sin embargo al compararla con la densidad del POT se tiene que el comportamiento en los suelos de expansión y en los barrios sufre una gran variación pasando de un estado "sostenible" a uno "no sostenible" en la mayoría de los polígonos.

El indicador para las veredas muestra un buen desempeño con las tres densidades, para la densidad estimada y la de Planeación el 43% de las veredas se encuentra en color verde ("sostenible") lo que implica una buena infraestructura vial para bicicletas; el 8,6% restante se considera "no sostenible", este porcentaje corresponde a las veredas Vilachuaga y Abreo. Al comparar estos resultados con los obtenidos con la densidad del POT se obtiene que el 40% tiene un buen desempeño es decir "sostenible", el 49% no posee información y el porcentaje restante es "altamente problemático", donde se clasifica la vereda Yarumal (figura 46).

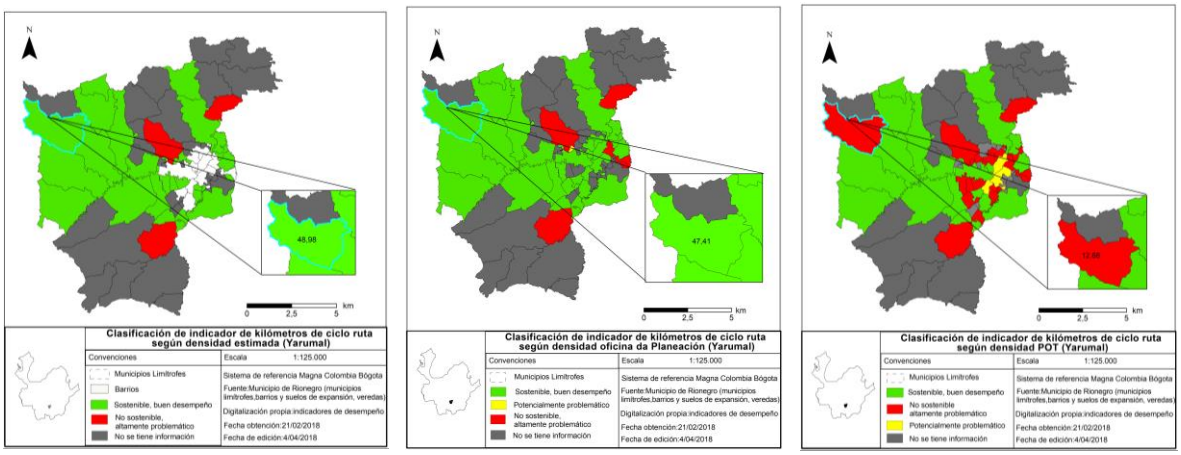

Figura 46. Indicador ciclo ruta vereda Yarumal con densidad estimada (derecha), Planeación (medio) y POT (izquierda)

En cuanto a las zonas de expansión se presenta una gran variación entre las tres densidades, como se observa en el mapa para la densidad estimada todas las zonas tienen un desempeño "sostenible", mientras que para la densidad de Planeación del 50% de las zonas que tenían información, el 46% se encuentra con un desempeño "no sostenible, altamente problemático". Un caso representativo se da en Chipre (figura 47), donde el indicador difiere en gran magnitud entre las tres densidades, para la densidad estimada y de Planeación el indicador es "sostenible" y para la densidad del POT el indicador es "altamente problemático".

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

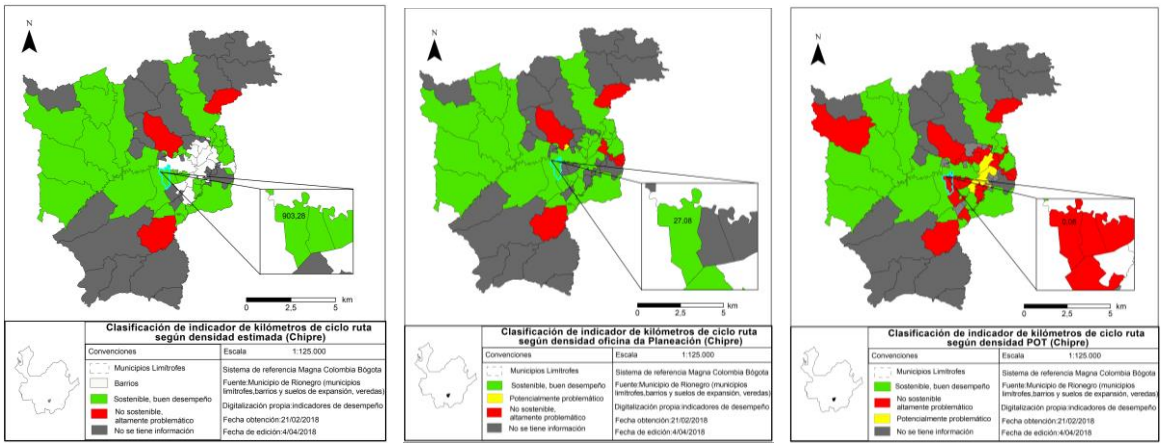

Figura 47. Indicador ciclo ruta zona de expansión Chipre con densidad estimada (derecha), Planeación (medio) y POT (izquierda)

Finalmente los resultados de los barrios al igual que las zonas de expansión muestran una notable diferencia, tal como se pudo apreciar en los mapas para cada densidad. Con la densidad de Planeación todos los barrios a excepción de Cuatro Esquinas ("potencialmente problemático") tienen un desempeño "sostenible", mientras que con la densidad del POT el 40% de los valores son "sostenibles" y el otro 60% se divide equitativamente entre un desempeño "potencialmente problemático" y "altamente problemático", un ejemplo de esto se da en el barrio Alto del Medio (figura 48) en la que la densidad del POT presenta una desviación de 9,11% con respecto a la densidad de Planeación.

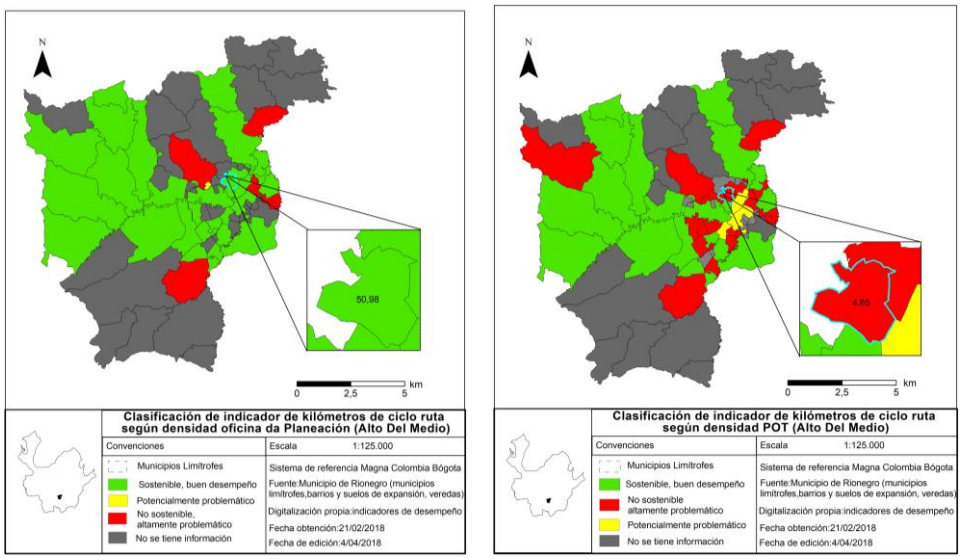

Figura 48. Indicador ciclo ruta barrio Alto del Medio con Planeación (derecha) y POT (izquierda)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.2.1.4 Kilómetros de pavimentos y vía peatonal cada 100.000 habitantes

Procedimiento

Como se menciona en el ítem 3.1.2.1.4. se encontró un factor para cada división del municipio (barrios, veredas y suelo de expansión), cada uno de estos factores determinan el valor de referencia de la zona de estudio para determinar la clasificación del indicador establecido por el BID.

Se debe recordar que la clasificación para este indicador según el BID es:

- Menos de dos veces la longitud de la red de carreteras: No sostenible, altamente problemático (color rojo)
- Entre dos y cuatro veces la longitud de la red de carreteras: Potencialmente problemático (color amarillo)
- Más de cuatro veces la longitud de la red de carreteras: Sostenible, buen desempeño (color verde)

Se debe anotar que el municipio no cuenta con vías exclusivas de uso peatonal, por lo que el máximo valor que se puede obtener del indicador es dos veces la longitud de la red de carreteras.

Resultados

A continuación se muestran los valores de los factores en cada división y su respectiva clasificación.

Tabla 12. Indicador de Kilómetros de pavimentos y vía peatonal

División	Factor Promedio	Clasificación
Veredas	0	No sostenible, altamente problemático
Suelos de Expansión	0,8	No sostenible, altamente problemático
Barrios	1,67	No sostenible, altamente problemático

En la figura 49 se pueden apreciar los resultados obtenidos en las zonas de estudio.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

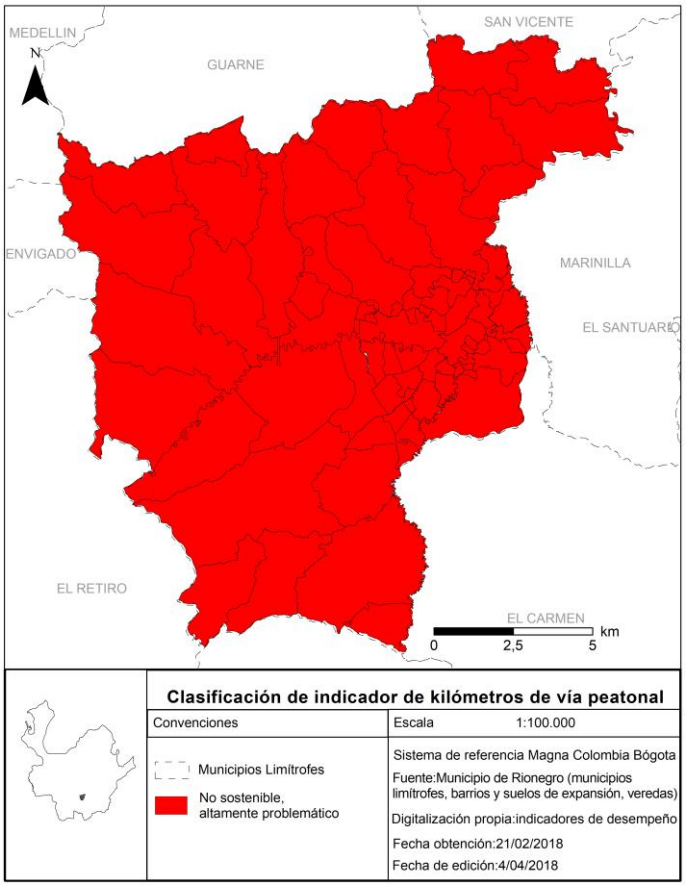

Figura 49. Mapa clasificación de indicador de kilómetros de vía peatonal

Discusión de resultados del indicador de kilómetros de pavimentos y vía peatonal cada 100.000 habitantes

El indicador calculado para los kilómetros presenta un comportamiento “no sostenible, altamente problemático”, en todas las divisiones político administrativas. Por lo que se concluye que el municipio no tiene una buena infraestructura para los peatones, como en el caso de las veredas que no cuentan con ninguna vía peatonal, y para las zonas de expansión y los barrios el indicador es menos de dos veces la longitud de la red vial con unos valores de 0,8 y 1,67 respectivamente lo que representa una condición critica para Rionegro que pretende ser un municipio con un modelo sostenible.

Aunque el escenario actual no es prometedor, es factible pensar que las condiciones de la zona urbana pueden ser mejores debido a que se van a destinar vías de uso exclusivo para los peatones y todas las vías contaran con andenes; sin embargo no se espera lo mismo de la zona rural que tiene un comportamiento disperso y no se presta para la infraestructura peatonal debido a que se tienen recorridos más largos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.2.1.5 Víctimas mortales por accidentes de tránsito cada 1.000 habitantes

Procedimiento

Para este indicador se consideró cada año de registros de accidentes de tránsito, además de la cantidad de muertes debido a diferentes causas relacionadas con el transporte independiente del modo. Se consideraron los registros históricos mostrados en el anexo 7. Los datos fueron tomados de la página de Datos Abiertos del Gobierno Nacional de Colombia, contando con información sobre los accidentes de tránsito reportados en el Municipio de Rionegro desde el año 2013 hasta el año 2016 y para los cuales se tiene información sobre los accidentes de tránsito con lesiones, los accidente de tránsito sin lesiones y los homicidios en accidentes de tránsito. En la siguiente figura se puede observar el comportamiento de los accidentes de tránsito a lo largo de 4 años.

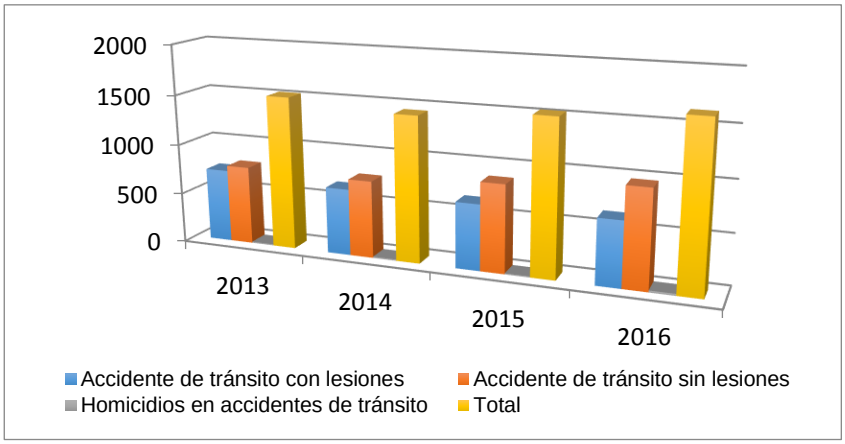

Figura 50. Diagrama de barras para los registros históricos para accidentes de tránsito de 2013 a 2016 en el municipio de Rionegro

Para el cálculo del indicador de víctimas mortales para el año 2017 se usó la información suministrada por la Subsecretaria de Movilidad del municipio, la cual se presenta en el anexo 7.

Es importante recordar que los intervalos dados por el BID para el indicador de víctimas mortales son:

- Mayor a 0,2: No sostenible, altamente problemático (color rojo)
- Entre 0,1 y 0,2: Potencialmente problemático (color amarillo)
- Menor a 0,1 : Sostenible, buen desempeño (color verde)

Resultados

Con los datos mencionados se procede a calcular el indicador, la tabla 13 muestra los resultados de la estimación.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 13. Indicador de víctimas mortales de 2013 a 2017

Año	Homicidios	Valor	Clasificación
2013	11	0,011	Sostenible, buen desempeño
2014	12	0,012	Sostenible, buen desempeño
2015	10	0,010	Sostenible, buen desempeño
2016	19	0,019	Sostenible, buen desempeño
2017	10	0,010	Sostenible, buen desempeño

A continuación se puede observar el resultado del indicador de víctimas mortales desde el año 2013 al 2017, en la figura 51.

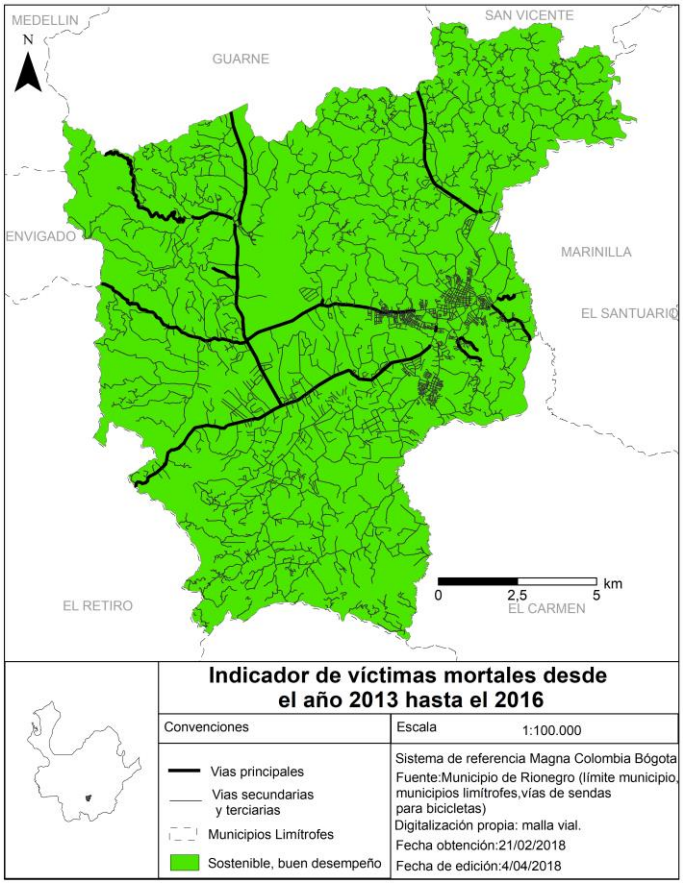

Figura 51. Mapa clasificación del indicador de víctimas mortales desde el año 2013 hasta el 2017

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Discusión de resultados del indicador de víctimas mortales por accidentes de tránsito cada 1.000 habitantes

El indicador de víctimas mortales por accidentes de tránsito presenta buenos resultados para todos los años de los que se tienen registros (2013 a 2017), sin embargo en el 2016 se aprecia una variación (0,019) (figura 52) que a pesar de ser sostenible duplica los demás resultados, por su parte el año 2017 presentó una notable mejoría ya que el resultado del indicador logro reducirse en 50% con respecto al año anterior lo que muestra que este indicador es sostenible y de buen desempeño para todo el municipio.

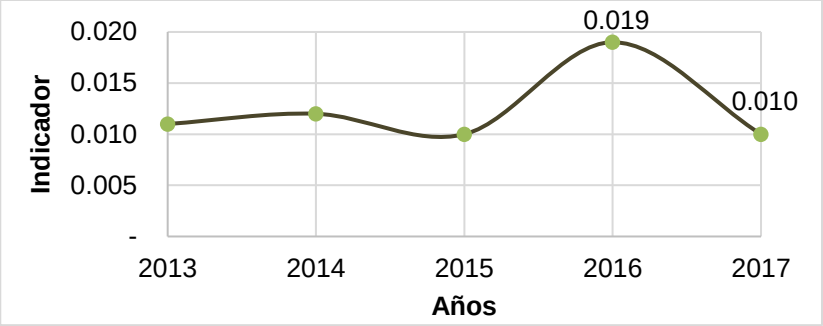

Figura 52. Gráfica indicador de víctimas mortales por accidentes de tránsito por años

3.2.1.6 Cantidad de automóviles y motos per cápita

Procedimiento

Se utilizó la información del parque automotor suministrada por la Secretaría de Planificación Estratégica y Evaluación, con base al Anuario Estadístico de Rionegro 2017, se presenta en el anexo 8.

Es importante recordar que los rangos dados por el BID para el indicador de automóviles per cápita son:

- Mayor a 0,4: No sostenible, altamente problemático (color rojo)
- Entre 0,3 y 0,4: Potencialmente problemático (color amarillo)
- Menor a 0,3 : Sostenible, buen desempeño (color verde)

Resultados

Con los datos suministrados se calculó el indicador de vehículos per cápita desde el año 2011 al 2017, como se muestra en la siguiente tabla (tabla 14) y se observa en la figura 53.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 14. Indicador de automóviles per cápita desde el 2011 hasta el 2017

Año	Cantidad	Población	Valor	Clasificación
2011	14763	112.304	0,13	Sostenible, buen desempeño
2012	16198	114.299	0,14	Sostenible, buen desempeño
2013	17661	116.289	0,15	Sostenible, buen desempeño
2014	19568	118.264	0,17	Sostenible, buen desempeño
2015	21111	120.249	0,18	Sostenible, buen desempeño
2016	21437	122.231	0,18	Sostenible, buen desempeño
2017	22902	124.219	0,18	Sostenible, buen desempeño

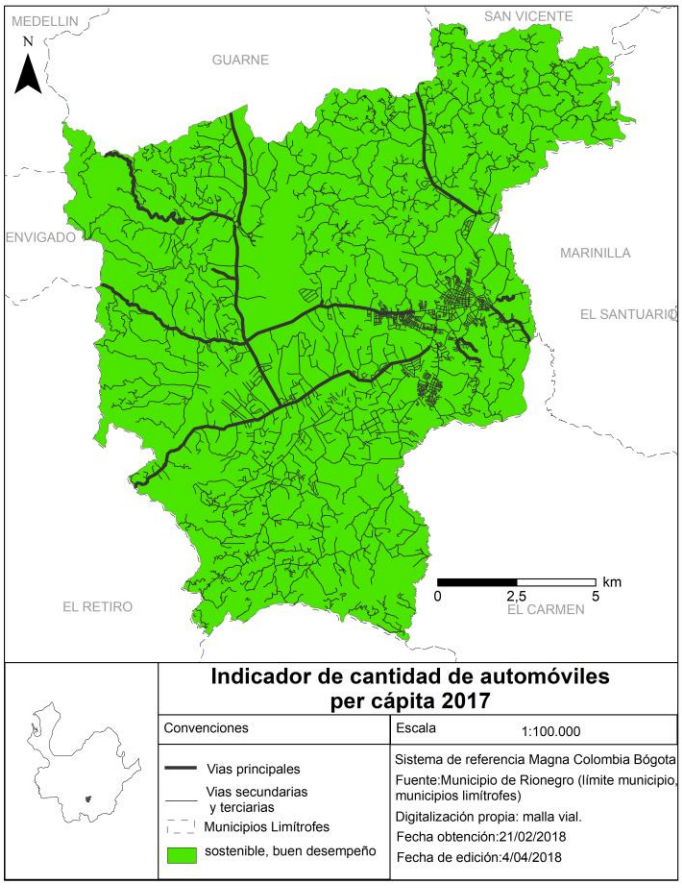

Figura 53. Mapa clasificación del indicador de cantidad de automóviles per cápita

Posteriormente se calculó el indicador de motos per cápita para el año 2011 hasta el 2017, los rangos de clasificación del indicador fueron los mismos del indicador de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

cantidad de automóviles per cápita (suposición realizada por el municipio) y los resultados se muestran a continuación (tabla 15) y se aprecian en la figura 54.

Tabla 15. Indicador de motos per cápita desde el 2011 hasta el 2017

Año	Cantidad	Población	Valor	Clasificación
2011	62685	112.304	0,56	No sostenible, altamente problemático
2012	65778	114.299	0,58	No sostenible, altamente problemático
2013	70031	116.289	0,60	No sostenible, altamente problemático
2014	75663	118.264	0,64	No sostenible, altamente problemático
2015	81587	120.249	0,68	No sostenible, altamente problemático
2016	87322	122.231	0,71	No sostenible, altamente problemático
2017	91310	124.219	0,74	No sostenible, altamente problemático

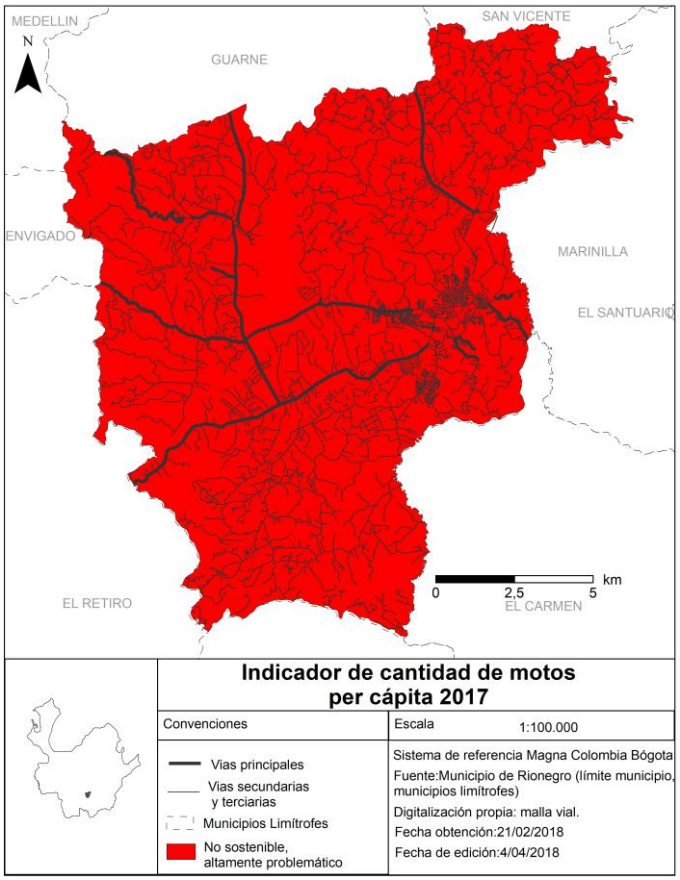

Figura 54. Mapa clasificación del indicador de cantidad de motos per cápita

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Discusión de resultados del indicador de cantidad de automóviles y motos per cápita

El municipio tiene un desempeño “sostenible” en cuanto a la cantidad de automóviles, sin embargo la población en aumento genera un incremento representativo en la cantidad de vehículos motorizados del municipio con un incremento de aproximadamente el 50% desde el 2011 hasta el 2017 (figura 55). Por otra parte, a pesar de este aumento en el parque automotor el valor del indicador se estabilizó en los últimos años conservando un valor de 0,18 desde el año 2015 siendo un aspecto positivo para el municipio.

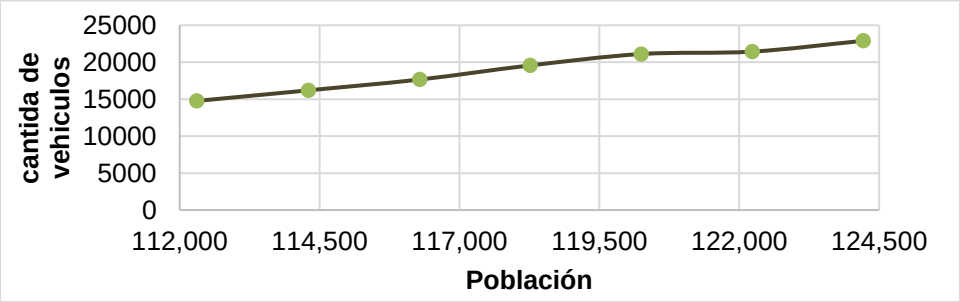

Figura 55. Gráfica relación cantidad de vehículos y población

Aunque el indicador se obtuvo como plantea el BID, las cifras no reflejan el uso de vehículos en el municipio, debido a que se consideran el total de automóviles registrados. No obstante, se desprecia la cantidad de vehículos que circulan por Rionegro y como se ha mencionado el tránsito atraído es considerable y no se asume para el cálculo.

Sin embargo el resultado del indicador para la cantidad de motos es crítico, puesto que desde el 2011 ha tenido un desempeño “no sostenible, altamente problemático” con un incremento del 45% y una tendencia al alza, ya que en los últimos años la tasa de crecimiento es cada vez mayor. En la figura 56 se puede apreciar que conforme la población aumenta el incremento de las motos también lo hará, lo que representaría un estado totalmente crítico para el municipio.

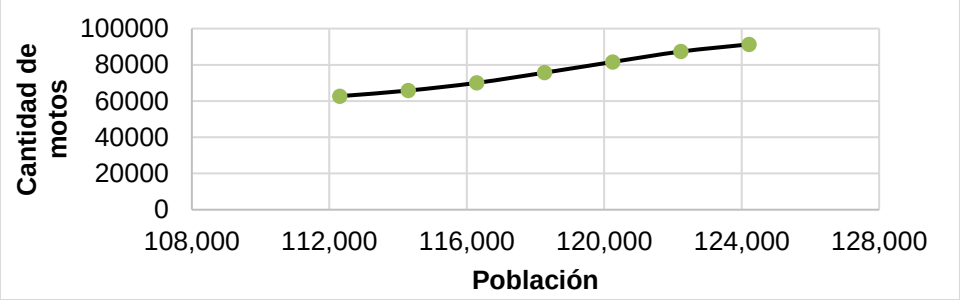

Figura 56. Gráfica relación cantidad de motos y población

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Un aspecto relevante es que del total de vehículos particulares, el 80% corresponde a motos y el 20% a automóviles; por lo que clasificar el indicador con la misma escala como supuso el municipio no representa resultados confiables debido a que en el municipio se tienen más motos que carros.

3.2.1.7 Análisis indicadores con valores calculados por el municipio en el Plan Vial

Es importante recordar que el municipio de Rionegro planteó por cada indicador un valor para todo el territorio, mientras que en este trabajo se calcularon los mismos indicadores para cada división político administrativa (veredas, suelos de expansión y barrios), los valores obtenidos por el municipio en el Plan Vial se presentaron en la tabla 1 en el planteamiento del problema.

- Kilómetros de vías cada 100.000 habitantes

Se encontraron grandes diferencias en los resultados, al analizar la densidad estimada que tiene mayor cantidad de indicadores “altamente problemáticos” se tiene que de todo el municipio el 79% de las divisiones se catalogaron en este rango. Lo que implicaría que el municipio refleja problemas de sostenibilidad en cuanto a los kilómetros de vías, con una diferencia de hasta *2648,36* entre el valor encontrado por el municipio (*244,38*) y el máximo valor encontrado en una de las zonas de análisis (*647206,70*) que corresponde a la zona de expansión La María II - El Rosario; mostrando que la variación en los valores de la densidad del municipio y los encontrados en este trabajo repercuten en gran medida en los resultados.

Igualmente al comparar los indicadores con los de la densidad del POT que corresponde a la densidad en la que se contienen más valores “sostenibles”, se tiene que hay un 29% del municipio que es “no sostenible, altamente problemático” lo que confirma que el municipio no se comporta de manera homogénea y por tal no se puede considerar un solo valor para todo Rionegro.

- Kilómetros de vías dedicadas en forma exclusiva al transporte público cada 100.000 habitantes

Para este indicador no se tienen observaciones, debido a que no se tienen vías exclusivas para transporte publico y el indicador es cero, tanto para el resultado dado por el municipio como para el estimado en el presente trabajo.

- Kilómetros de sendas para bicicleta cada 100.000 habitantes

El indicador de sendas para bicicletas presenta notables diferencias entre el valor encontrado por el municipio (1,98) y los valores estimados para cada una de las divisiones, en las cuales se encontró que el 90% tienen un desempeño “sostenible” y solo el 10% es “altamente problemático”, lo cual indica un comportamiento opuesto al

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

encontrado por el municipio en el que se toma el municipio como " no sostenible, altamente problemático". Por su parte al compararlo con la densidad del POT se tiene que el 46% del municipio tiene un desempeño "sostenible", por lo que no se puede decir que todo el municipio tiene un mal desempeño. Se refleja el desfase que existe entre los indicadores estimadas y el valor dado por el municipio.

- Kilómetros de pavimentos y vía peatonal cada 100.000 habitantes

A pesar de que el indicador para las vías peatonales se clasificó como "no sostenible, altamente problemático" por el municipio y por los valores estimados; en el primero se considera un comportamiento igual para todo Rionegro y los resultados del municipio no reflejan la realidad, ya que se logró identificar que ninguna vía rural tiene infraestructura para peatones, lo cual puede ser relevante a la hora de establecer medidas que mejoren el resultado de este indicador.

- Víctimas mortales por accidentes de tránsito cada 1.000 habitantes, Cantidad de automóviles y motos per cápita

Estos indicadores se calcularon sin realizar la división del territorio debido a que los datos suministrados correspondían a todo el municipio, por lo que no se presentan diferencias entre los valores calculados por Rionegro y los estimados, debido a se consideró la misma área de estudio y el cálculo de estos indicadores no requería utilizar la densidad poblacional.

3.2.2 Indicadores a futuro – escenario 2038

3.2.2.1 Proyección de población

La proyección de la población se llevó al año 2038. Esta proyección se realizó con los datos presentados en la tabla 3. La información corresponde a la población censada en los años 1985, 1993, 2005 y la proyección al 2020 propuesta por el DANE. En la siguiente figura se puede apreciar tal información.

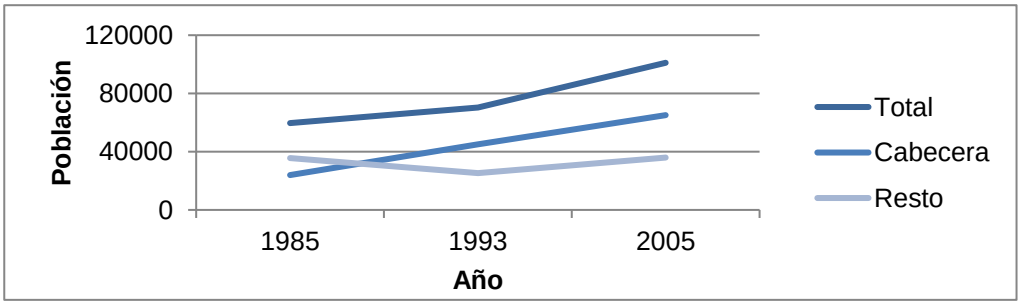

Figura 57. Gráfica población censada en los años 1985, 1993 y 2005

Se puede apreciar en la gráfica que la población rural entre los años ***1985*** y ***1993*** presenta un comportamiento decreciente lo que no es muy cercano a las condiciones actuales que presenta el municipio, en las estimaciones para el periodo ***1993*** a ***2005*** aumenta la población.

Se realizó la proyección con los tres métodos aritmético, geométrico y exponencial, los resultados se presentan en las tablas 16, 17 y 18; la descripción de las variables se encuentra en el ítem 1.3.2.3.

Tabla 16. Proyección de la población al año 2038 con el método aritmético

	Cabecera	Resto
Puc	65.101	35945
Pci	45.076	25276
Tuc	2005	2005
Tci	1993	1993
Tf	2038	2038
Pf	**120.170**	**65.285**

Tabla 17. Proyección de la población al año 2038 con el método geométrico

	Cabecera	Resto
Puc	65.101	35945
Pci	45.076	25276
Tuc	2005	2005
Tci	1993	1993
Tf	2038	2038
r	0,03111	0,02978
Pf	**178.897**	**94.667**

Tabla 18. Proyección de la población al año 2038 con el método exponencial

	Cabecera		Resto	
Período	1985 -	1993 -	1985 -	1993 -
Pcp	45076	65.101	25276	35945
Pca	23946	45.076	35694	25276
Tcp	1993	2005	1993	2005
Tca	1985	1993	1985	1993
k	0,07907	0,03063	-0,04314	0,02934
Tci	1985		1985	
Pci	23.946		35.694	
Tf	2038		2038	
k prom	0,05485		-0,0069	
Pf	**438.290**		**24.764**	

Como las cifras obtenidas de la proyección no se asemejan, se optó por ver el comportamiento del crecimiento poblacional con base en las proyecciones realizadas por el DANE de 2005 a 2020 (figura 58).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

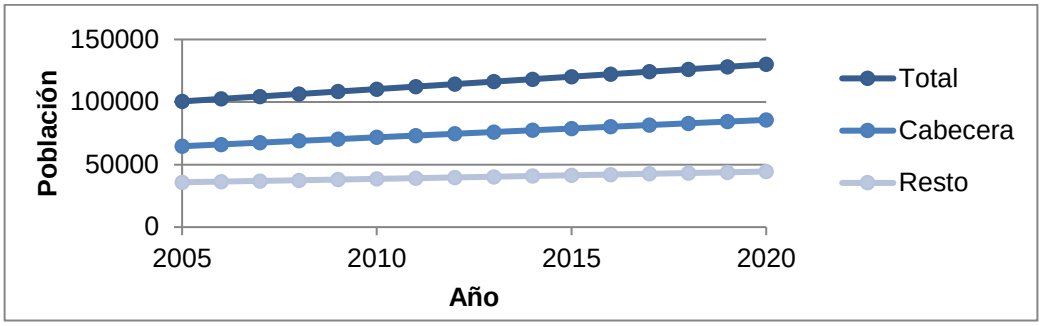

Figura 58. Gráfica población proyectada por el DANE de 2005 a 2020

Fuente: (DANE, 2005)

Se descarta el uso del método aritmético donde se obtienen resultados lógicos cuando la tasa es decreciente y en este caso irá en aumento como se muestra anteriormente. Además, se va a prescindir del método exponencial debido a que según el autor de la metodología se deben tomar tres censos y en este caso el comportamiento entre las tres cifras es diferente (figura 57) y las proyecciones no se ajustarían al comportamiento actual que es creciente.

Por lo que el método usado es el geométrico y la población del año 2038 será:

$$Población\ total = 273.564\ ha$$

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.2.2.2 Cantidades requeridas para indicadores sostenibles al año 2038

Para determinar los kilómetros requeridos en cada indicador se tomaron los valores obtenidos de la proyección de la población al año 2038, donde se obtuvo una población de ***94.667*** habitantes para la parte rural y ***178.897*** para la zona urbana.

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos (tabla 19) discriminados en zona urbana y rural. Es importante anotar que las bases de los valores de referencia (valor sostenible) son de 100.000 habitantes; por lo que se multiplicó el valor sostenible por esa cantidad.

Tabla 19. Cantidad requerida de indicadores a futuro (2038) para valores sostenibles

Indicador	Nombre indicador	Valor sostenible	Cantidad requerida (km)		
			Rural	Urbano	Total
52	Kilómetros de vías	< 300	316,9	167,7	484,6
53	Kilómetros de vías dedicadas en forma exclusiva al transporte público	> 40	42,3	22,4	64,6
54	Kilómetros de sendas para bicicleta	> 25	26,4	14	40,4
55	Kilómetros de pavimentos y vía peatonal	Más de cuatro veces la longitud de la red de carreteras	1267,6	670,8	1938,4

Kilómetros de vías

Actualmente se cuenta con 899,4 km de malla vial, de este valor el 75,6% se encuentran en la zona rural y el 24,4% en la zona urbana; sin embargo para que el indicador tenga un valor sostenible y de buen desempeño en 20 años se necesita una cantidad menor, si esta se sobrepasa el indicador empeora y puede llegar a clasificarse en un futuro como “no sostenible, altamente problemático”, en este momento (2018) se tiene 1,9 veces la cantidad requerida en el 2038 (484,6 km).

Al interpretar los resultados desde el punto de vista técnico se observa que que el modelo de ocupación de rionegro no es sostenible porque se requieren muchas vías para atender a la población, y eso se puede ver en el mapa de puntos de viviendas digitalizado. De manera que si se sigue creciendo igual el indicador nunca indicará sostenibilidad.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Kilómetros de vías dedicadas en forma exclusiva al transporte público

El Plan Vial plantea la construcción de un transporte público masivo tipo APM (Automated People Mover), con un recorrido de 19,35 km, además cuenta con 15 paradas y una conexión entre la estación de Belén y el Aeropuerto Internacional José María Córdova. A continuación se presenta la malla vial (figura 59), la línea contenida en el polígono punteado negro es la correspondiente al recorrido del APM, en la figura 60 se presenta la vía con las estaciones.

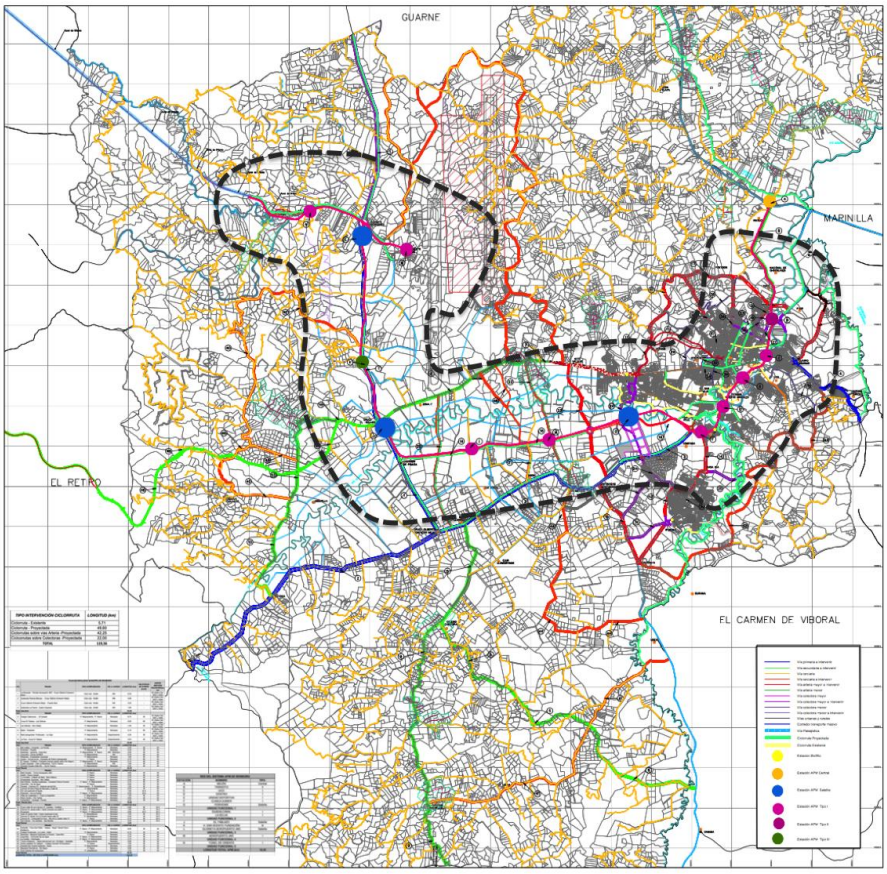

Figura 59. Recorrido planteado del transporte público APM en el Plan Vial

Fuente: (Universidad Católica de Oriente, Alcaldía de Rionegro & Cámara Colombiana Construcción Regional Antioquia, 2016)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

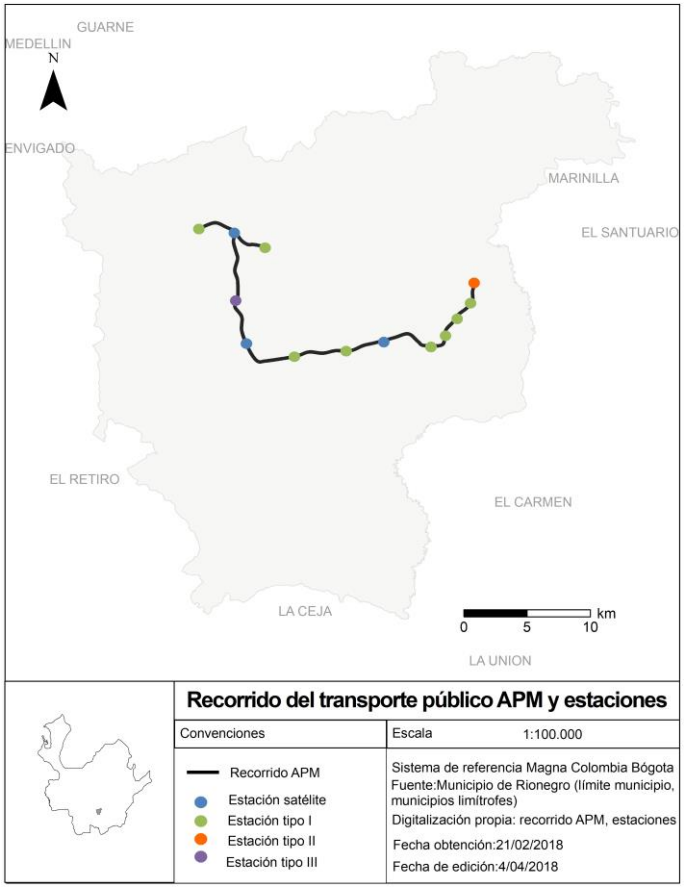

Figura 60. Recorrido del transporte público APM y estaciones

Con la capa correspondiente al recorrido del transporte público se pudieron obtener las longitudes para la zona rural y urbana. A continuación se presentan los valores del indicador de kilómetros de vías dedicadas a trasporte público para cada zona y su clasificación (tabla 20 y figura 61). Aunque estos valores se encuentran en una malla propuesta a 70 años corresponden a un futuro cercano (2038) puesto que se desea desarollar en las próximas Alcaldias, es decir dentro de los 20 años del análisis (Mejía, 2018).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 20. Indicador de kilómetros de vías dedicadas al transporte público al año 2038

Zona	Cantidad (km)	Valor	Clasificación
Municipio	19,35	7,073	No sostenible, altamente problemático
Rural	11,92	12,592	Potencialmente problemático
Urbano	7,43	4,153	No sostenible, altamente problemático

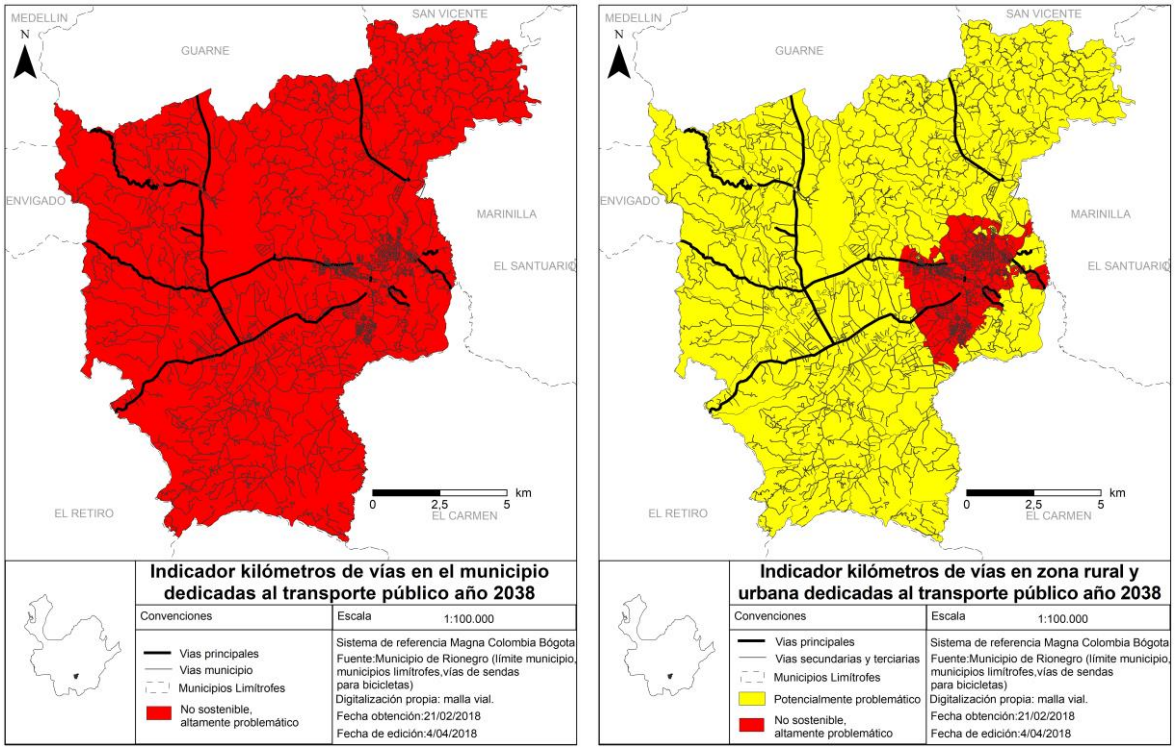

Figura 61. Mapa clasificación del indicador de kilómetros de vías dedicadas al transporte público al año 2038, medición municipal (izquierda) y por zona rural y urbana (derecha)

Se pudo observar que los valores determinados del indicador en el escenario de 2038 no conducen a un desarrollo sostenible, cuando se toma el polígono correspondiente a la zona rural se cataloga como “potencialmente problemático” y en las otras dos (análisis de zona urbana y el municipio completo) se obtiene una clasificación “no sostenible, altamente problemática”. Aunque hay una mejoría, debido a que se pasa de 0 km a 19,35 km, este valor no alcanza a suplir la cantidad requerida para que se clasifique como

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

“sostenible”, se necesitaría al menos 3,3 veces la cantidad planteada para llegar a este rango en todo el municipio y en la zona rural y urbana se demandaría 3,5 y 3 veces respectivamente la infraestructura. Sin embargo no se debe considerar el indicador para el diseño del transporte público que limita el recorrido sino que se debe considerar la capacidad del sistema.

Kilómetros de sendas para bicicleta

Como se ha reiterado en este trabajo el indicador para los kilómetros de sendas para bicicletas en general ha mostrado un desarrollo “sostenible, buen desempeño” , al comparar estos resultados con el planteamiento de los kilómetros destinados a este fin en el futuro se tiene que el municipio cuenta con más kilómetros de los que se plantearon, esto ocurre debido a que para el cálculo del indicador las sendas incluyen los carriles señalizados en la vía pública y los caminos fuera de ruta para peatones o bicicletas, es decir no solo se consideran los kilómetros exclusivos para bicicletas; mientras que el Plan Vial proyectado a 70 años considera las vías exclusivas.

Actualmente se destina casi 3 veces la cantidad solicitada en 20 años para que el indicador sea sostenible (de 107,3 km se deberían tener a largo plazo 40,4 km); esta cifra irá en aumento según las secciones viales contempladas en el Plan Vial que incluyen en ambos lados o mínimo en uno espacio para este medio (Universidad Católica de Oriente, Alcaldía de Rionegro & Cámara Colombiana Construcción Regional Antioquia, 2016), por lo que el indicador a largo plazo tendrá un valor mayor y será más sustentable.

Kilómetros de pavimentos y vía peatonal

Hoy en día las vías de Rionegro en la zona rural no cuentan con espacios exclusivos al desplazamiento peatonal y en la cabecera son de 1,67 veces la longitud de la red de carreteras. Para que este indicador sea sostenible se debe usar al menos 4 veces la longitud de las vías en vía peatonal según el BID, sin embargo, en el nuevo Plan Vial se especifica que el corredor peatonal estará a ambos lados en las vías planteadas, es decir, que será 2 veces la longitud de la malla vial (según secciones viales del plan) (Universidad Católica de Oriente, Alcaldía de Rionegro & Cámara Colombiana Construcción Regional Antioquia, 2016). Para que este indicador sería sostenible en 20 años se requieren vías de uso exclusivo para peatones que equivalgan a cuatro veces la longitud de la malla vial.

Por lo que la clasificación del indicador de kilómetros de pavimentos y vía peatonal al año 2038 se muestra a continuación (tabla 21) y se puede observar en la figura 62.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 21. Indicador de pavimentos y vía peatonal al año 2038

Zona	Valor	Clasificación
Municipio	Dos veces la longitud de la red de carreteras	Potencialmente problemático

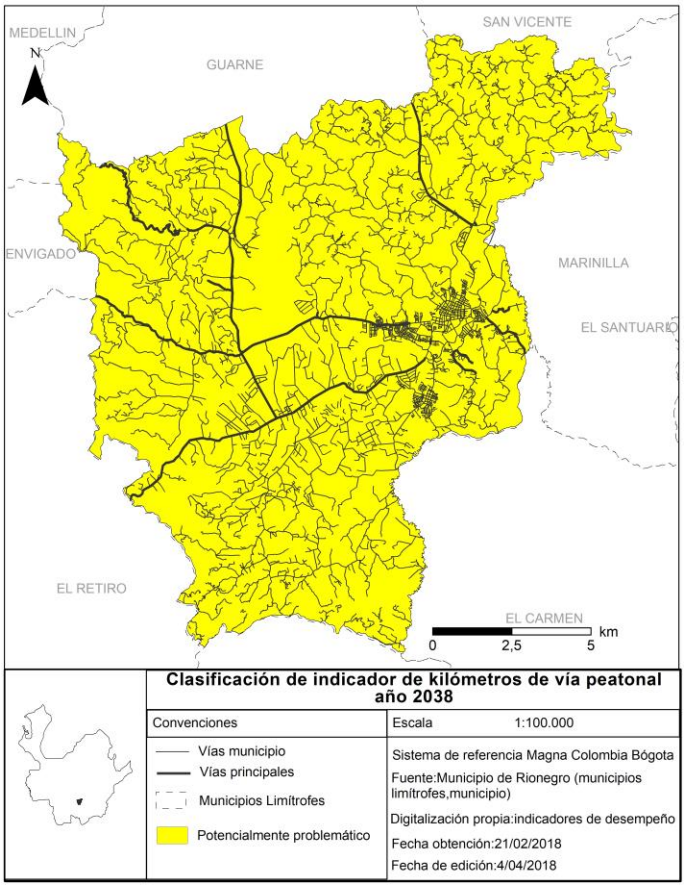

Figura 62. Mapa clasificación del Indicador futuro de kilómetros de vía peatonal en el municipio de Rionegro al año 2038

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.3 DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y TRANSPORTE PÚBLICO

Para la determinación de requerimientos viales se plantearon tres escenarios de estudio. Uno de condiciones actuales 2018 donde se considera los indicadores BID y la capacidad y el nivel de servicio, un futuro cercano (2038) en el que se consideraron los indicadores BID y un futuro lejano (2088) en que se realizó la proyección de la capacidad vial.

3.3.1 Escenario actual 2018

3.3.1.1 Capacidad y nivel de servicio

3.3.1.1.1 Procedimiento de la capacidad y nivel de servicio

La capacidad y nivel de servicio se analizaron en el límite municipal y en el límite del casco urbano. Se utilizaron los aforos de la firma de consultoría de transporte Steer Davies Gleave realizados en octubre y noviembre de 2016 en día hábil y no hábil (sábado). Los aforos se realizaron de 6:00 a.m. a 6:00 p.m., midiendo cada 15 min. En algunos puntos las mediciones se llevaron a cabo hasta las 10:00 a.m. y en otros hasta las 12:00 p.m. En la figura 63 se pueden observar los puntos de toma de información.

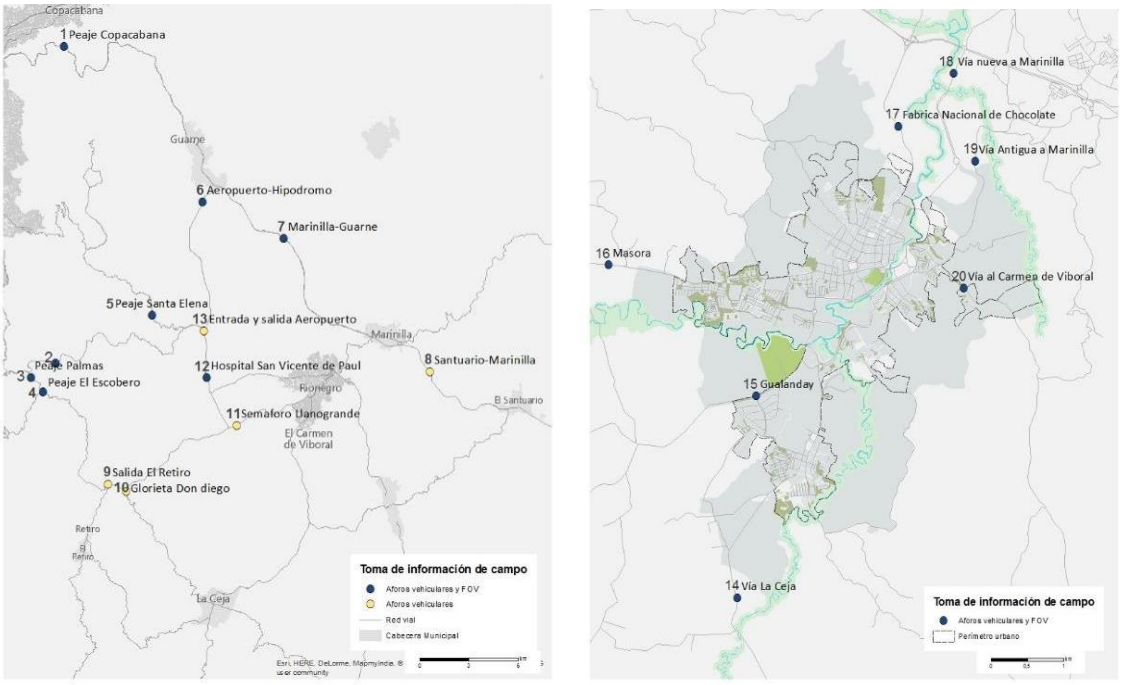

Figura 63. Localización de aforos regionales (izquierda) y de aforos en cordón externo (derecha)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Fuente: (Steer Davies Gleave, 2016)

Los puntos de aforo se geo localizaron usando Google Maps, en la tabla 22 se pueden observar los puntos considerados para el cálculo de la capacidad y nivel de servicio.

Tabla 22. Aforos considerados para el cálculo de la capacidad y nivel de servicio

Aforos límite municipal		Aforos límite casco urbano	
2	Peaje Variante Las Palmas	14	Vía La Ceja
5	Peaje Santa Elena	15	Vía Llanogrande Mall Guandalay
6	Aeropuerto - Hipódromo	16	Vía Aeropuerto Comando de Policía Calle 47
7	Marinilla - Guarne	17	Salida Autop Medellín Bogotá (Belén)
8	Santuario - Marinilla	18	Salida Autop Medellín Bogotá Los sauces
10	Glorieta Don Diego	19	Salida Autop Medellín Bogotá (Marinilla)
11	Semáforo Llanogrande	20	Vía El Carmen de Viboral (La Carmina)

La capacidad y el nivel de servicio se estimó por sentido (norte - sur y sur - norte ó este – oeste y oeste - este) y día (día hábil o sábado).

Características básicas

El primer paso fue determinar los datos de entrada que suponen características básicas, las cuales son:

- Ancho de carril: Los anchos de los carriles son de 3,5 m (Quintero, 2018).

- Distancia libre lateral: La distancia libre lateral total depende del tipo de vía, para vías doble calzada es de 1,5 m a cada lado y para vías doble sentido de 1,2 m a cada lado (Quintero, 2018).

- Tipos de vehículos: Las categorías de vehículos que transitan en las vías son: motos, autos, taxis blancos vacíos, taxis blancos ocupados, taxis amarillos vacíos, taxis amarillos ocupados, bus, bus corto, buseta, colectivo, escalera, camión pequeño y camiones grandes.

- Accesos: la vías tienen accesos directos a lo largo del tramo de análisis, en el anexo 9 se presenta la cantidad de accesos y su longitud con el fin de determinar los accesos por cada kilómetro.

- Separadores: las vías doble calzada cuentan con separador central, como es el caso de la salida Autopista Medellín Bogotá Belén (aforo 17) y la vía entre Marinilla y Guarne (aforo 7), los sentidos y los carriles de las vías se encuentran en el anexo 10 que se obtuvieron por medio de las imágenes satelitales de Google Maps.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Velocidad a flujo libre: la velocidad límite fijada por la alcaldía de Rionegro para el caso de las vías que forman parte de del casco urbano son (Secretaría de Planeación Alcaldía de Rionegro, 2008):

  - Vías de travesía: permiten velocidades hasta de $100\,km/h$, la Autopista Medellín Bogotá Belén es una de estas vías.
  - Vía arteria: presentan velocidades moderadas entre $60\,km/h$ y $80\,km/h$, entre ellas se encuentra la vía La Ceja, la vía Llanogrande, la vía Aeropuerto, la salida Autopista Medellín Bogotá a Los Sauces y Marinilla y la vía el Carmen de Viboral.

  Por otro lado, en las carreteras nacionales y departamentales la velocidad máxima permitida es de $100\,km/h$ según el Código Nacional de Tránsito (Corte Constitucional de la República de Colombia, 2011).

Volumen de vehículos equivalentes

Se calculó el volumen de vehículos equivalentes usando los valores de equivalencia de la Secretaria de Movilidad de Medellín (anexo 11), donde se consideraron cuatro clasificaciones (Tabla 23):

Tabla 23. Valores de equivalencia por tipo de vehículo

Clasificación Secretaría de Movilidad	***Clasificación aforo***	***Valor de equivalencia***
Motos	Motos	0,3
Carros	Auto, taxi blanco vacío, taxi blanco ocupado, taxi amarillo vacío, taxi amarillo ocupado	1
Buses y busetas	Bus, bus corto, buseta, colectivo y escalera	2,2
Camiones rígidos	Camión pequeño	2,5
Camiones articulados	Camión grande	3

Todos los resultados de la capacidad y nivel de servicio que se presentan a continuación se encuentran en el anexo 13. Además, se muestra un ejemplo correspondiente al aforo del punto ***2*** de la vía ***peaje Variante Las Palmas***.

El volumen de vehículos equivalentes (Q_{uvp}) está dado por siguiente formula 7 cuando se tienen varias categorías (Transportation Research Board, 2000):

$$Q_{uvp}\ (veh/15\ min) = Q\ \left[1 + \sum (e_i - 1)p_i\right] \qquad (7)$$

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Donde (Transportation Research Board, 2000):

Q: vehículos de todas las categorías en veh/h
e_i: factor de equivalencia de todas las categorías
p_i: proporción de todas las categorías

Sin embargo como el estudio realizado por la empresa Steer Davies Gleave presenta el conteo vehicular cada 15 minutos y no la proporción, la formula queda de la siguiente forma (ecuación 8) (Transportation Research Board, 2000):

$$Q_{uvp}\ (uvp/15\ min) = (e_{motos} \cdot Q_{motos}) + (e_{carros} \cdot Q_{carros}) + \left(e_{buses\ y\ busetas} \cdot Q_{buses\ y\ busetas}\right) + (e_{camiones\ rígidos} \cdot Q_{camiones\ rígidos}) + (e_{camiones\ articulados} \cdot Q_{camiones\ articulados}) \quad \textbf{(8)}$$

Donde (Transportation Research Board, 2000):

Q_i: vehículos de cada categoría en veh/h
e_i: factor de equivalencia de cada categoría

Volumen horario de máxima demanda

Con el fin de determinar el valor de vehículos equivalente durante una hora se calculó el volumen horario (Q). La fórmula usada utilizada se muestra a continuación (Transportation Research Board, 2000).

$$Q\ (uvp/h) = \sum Q_{uvp}\ (veh/15\ min) \quad \textbf{(9)}$$

Ejemplo: *Q para peaje variante Las Palmas (tabla 24)*

Tabla 24. Volumen horario de máxima demanda ejemplo peaje Variante Las Palmas

Hora	Q (veh/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	WE	EW	WE	EW
6:00 - 7:00	665	497	516	355
7:00 - 8:00	685	684	660	389
8:00 - 9:00	501	622	616	404
9:00 - 10:00	431	540	603	509
10:00 - 11:00	385	529	628	409
11:00 - 12:00	393	503	603	579
12:00 - 13:00	262	545	592	522
13:00 - 14:00	417	485	734	616
14:00 - 15:00	500	502	817	619
15:00 - 16:00	510	479	964	550
16:00 - 17:00	518	885	888	591
17:00 - 18:00	630	687	702	603

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

El volumen horario de máxima demanda ($VHMD$), es decir, es el máximo volumen (Q) que se alcanza durante 60 minutos consecutivos, que puede presentarse durante un día (Transportation Research Board, 2000).

Ejemplo: *VHMD para peaje variante Las Palmas*

$$VHMD_{día\ hábil-WE} = 685\ veh/h \qquad VHMD_{día\ hábil-EW} = 885\ veh/h$$

$$VHMD_{día\ sábado-WE} = 964\ veh/h \qquad VHMD_{día\ sábado-EW} = 619\ veh/h$$

Posteriormente, se determinó la tasa de flujo máxima (q_{max}); este valor corresponde al máximo valor de vehículos equivalentes (Q_{uvp}) del volumen horario de máxima demanda y se calcula como se muestra a continuación (Transportation Research Board, 2000).

Ejemplo: q_{max} *para peaje variante Las Palmas*

$$q_{max\ día\ hábil-WE} = 225\ veh/h \qquad q_{max\ día\ hábil-EW} = 255\ veh/h$$

$$q_{max\ día\ sábado-WE} = 255\ veh/h \qquad q_{max\ día\ sábado-EW} = 214\ veh/h$$

Por otra parte, el factor de hora pico o factor de hora de máxima demanda ($FHMD$) es la relación entre el volumen horario de máxima demanda y la tasa de flujo máxima dentro de esa hora. La ecuación 10 aclara la forma de calcular este factor (Transportation Research Board, 2000).

$$FHMD = \frac{VHMD}{n\ (q_{max})} \quad \rightarrow \quad FHMD = \frac{VHMD}{4\ (q_{15\ max})} \qquad \textbf{(10)}$$

Donde (Transportation Research Board, 2000):

$VHMD$: volumen horario de máxima demanda
n: número de periodos, que según las mediciones serían cuatro en una hora
q_{max}: tasa de flujo máxima dentro del periodo analizado

Ejemplo: *FHMD para peaje variante Las Palmas*

$$FHMD_{día\ hábil-WE} = 0{,}761 \qquad FHMD_{día\ hábil-EW} = 0{,}868$$

$$FHMD_{día\ sábado-WE} = 0{,}945 \qquad FHMD_{día\ sábado-EW} = 0{,}723$$

Velocidad a flujo libre

Posteriormente, se determinó la velocidad a flujo libre (FFS). Como esta no se midió en campo se usó la velocidad base de flujo libre y se ajustó con los factores de ajuste por ancho de carril, ajuste por distancia libre lateral, ajuste por tipo de separador y ajuste por puntos de acceso (Transportation Research Board, 2000). Los valores indicados en la literatura sobre los factores de ajuste según las características básicas de las vías se

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

encuentran en el anexo 12. Es importante mencionar que el ajuste por distancia libre lateral y por tipo de separador se determinaron para vías de cuatro o seis carriles (como es el caso de las vías de los aforos 7 y 17).

La velocidad a flujo libre está dada por medio de la ecuación 11 (Transportation Research Board, 2000):

$$FFS\ (km/h) = BFFS - f_{lw} - f_{lc} - f_m - f_a \quad \textbf{(11)}$$

Donde (Transportation Research Board, 2000):

$BFFS$: velocidad base de flujo libre
f_{lw}: factor de ajuste por ancho de carril
f_{lc}: factor de ajuste por distancia libre lateral
f_m: factor de ajuste por tipo de separador
f_a: factor de ajuste por puntos de acceso

Por otro lado, si no se conoce la velocidad base a flujo libre se puede usar la velocidad límite permitida de la siguiente forma (Transportation Research Board, 2000):

- Si $V_{limite} > 80\ km/h$ entonces se suman $11\ km/h$ a la velocidad límite y esa será la velocidad a flujo libre base
- Si $V_{limite} \leq 80\ km/h$ entonces se suman $8\ km/h$ a la velocidad límite y esa será la velocidad a flujo libre base

Con los datos de la velocidad límite se calculó la velocidad base a flujo libre, luego se determinaron los factores para cada vía y se obtuvieron los resultados de la velocidad a flujo libre. Para el ajuste por puntos de acceso se realizó una interpolación con el fin de determinar el factor para cada acceso/km determinado para cada vía.

Ejemplo: *FFS para peaje variante Las Palmas*

$$V_{limite} = 100\ km/h \quad \rightarrow \quad BFFS = 108\ km/h$$

$$Características\ básicas:\ ancho\ de\ carril\ de\ 3{,}5\ m\ y\ 3\ accesos/km$$

$$f_{lw} = 1 \qquad f_a = 3$$

$$FFS = 104\ km/h$$

Tasa de flujo

El volumen horario debe convertirse a una tasa de flujo equivalente de vehículos livianos (q_e), para ello se usan tres factores de ajuste el factor de hora de máxima demanda ($FHMD$), factor de ajuste de presencia de vehículos pesados (f_p), factor de ajuste por

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

conductores (f_t), además el número de carriles (N) (Transportation Research Board, 2000). Por medio de la ecuación 12 se encuentra la tasa de flujo.

$$q_e\ (uvp/h/carril) = \frac{Q}{FHMD \cdot N \cdot f_t \cdot f_p} \qquad \textbf{(12)}$$

No se considera el factor de ajuste por vehículos pesados debido a que el volumen horario se obtuvo en unidad de vehículo equivalente y no vehículos mixtos. Por otra parte el factor de ajuste por conductores refleja el efecto de los conductos de los fines de semana recreativos, los valores del factor van de 0,85 a 1,00; se debe seleccionar 1 que refleja el tráfico diario es decir usuarios familiarizados, a menos que haya suficiente evidencia de que debe aplicarse un valor menor (Transportation Research Board, 2000). Por lo que el valor usado para los cálculos es:

$$f_t = 1{,}00$$

Ejemplo: *q_e para peaje variante Las Palmas*

$q_{e\ día\ hábil-WE} = 900\ veh/h - carril$ $\qquad$ $q_{e\,día\ hábil-EW} = 1020\ veh/h - carril$

$q_{e\,día\ sábado-WE} = 1020\ veh/h - carril$ $\qquad$ $q_{e\,día\ sábado-EW} = 856\ veh/h - carril$

Densidad

Con el fin de determinar el valor de la densidad (k), se utilizó la siguiente formula donde se utiliza el flujo (q_e) y la velocidad a flujo libre (FFS) (Transportation Research Board, 2000):

$$k = \frac{q}{v} \quad \rightarrow \quad k\ (uvp/km/carril) = \frac{q_e}{FFS} \qquad \textbf{(13)}$$

Ejemplo: *k para peaje variante Las Palmas*

$k_{\ día\ hábil-WE} = 8{,}65\ veh/km - carril$ $\qquad$ $k_{día\ hábil-EW} = 9{,}81\ veh/km - carril$

$k_{día\ sábado-WE} = 9{,}81\ veh/km - carril$ $\qquad$ $k_{día\ sábado-EW} = 8{,}23\ veh/km - carril$

Nivel de servicio

Con los valores obtenidos de la densidad se buscó el rango del nivel de servicio de acuerdo al anexo 14. Los resultados fueron los siguientes (tablas 25 y 26).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 25. Nivel de servicio para aforos en el límite municipal

Punto	Nivel de servicio			
	Día hábil		Día sábado	
	NS - WE	SN - EW	NS - WE	SN - EW
2	B	B	B	B
5	A	A	A	A
6	A	B	A	A
7	B	A	A	A
8	A	B	A	A
10	A	A	A	A
11	B	B	B	A

Tabla 26. Nivel de servicio para aforos en el límite del casco urbano

Punto	Nivel de servicio			
	Día hábil		Día sábado	
	NS - WE	SN - EW	NS - WE	SN - EW
14	B	B	B	B
15	C	C	B	B
16	B	C	B	B
17	B	B	A	A
18	C	B	C	B
19	A	A	A	A
20	B	B	B	B

3.3.1.1.2 Discusión de resultados de la capacidad y nivel de servicio

Volumen horario de máxima demanda

Al estimar los valores horarios de máxima demanda de las vías estudiadas se puede determinar que los máximos volúmenes horarios están dados en días hábiles; para las vías del límite urbano el valor del día hábil excede en un 26,8% el valor del día sábado, mientras que en las vías del límite municipal el día hábil excede en un 10,9% el día sábado. Sin embargo, al analizar de manera detallada, las horas de estos valores pico varían según la vía.

- *Límite municipal*

Para las vías del límite municipal se observó que de los siete puntos analizados (cada uno con dos sentidos), para día hábil, 11 de los datos de horas pico de las 14 mediciones se dan en la mañana (de 6:00 a.m. a 12:00 p.m.) (figura 64), es decir el 78,6%; mientras que el porcentaje restante se da en las horas de la tarde. El punto ***7***, es decir la vía ***Guarne-*** **Marinilla** en sentido norte - sur que excede en un 132% el valor promedio de los demás volúmenes máximos horarios (584,2 veh/h, es la línea punteada en color gris) convirtiéndose en el máximo de estos valores.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

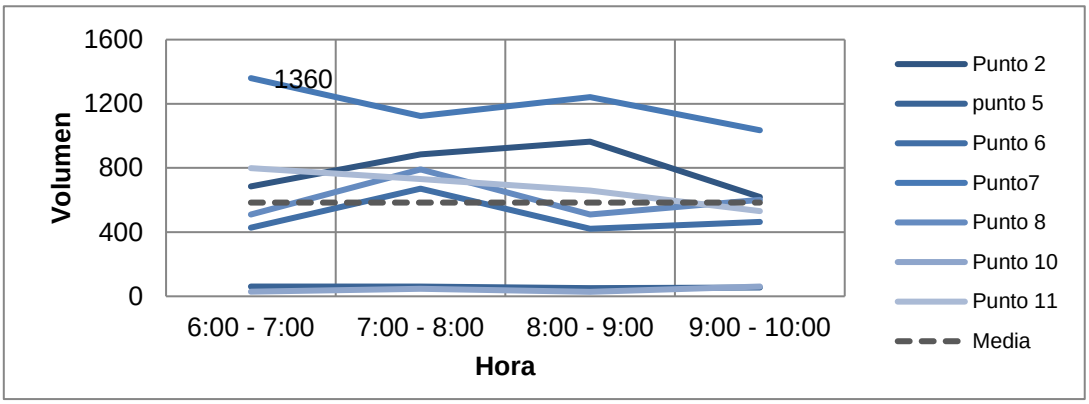

Figura 64. VHMD para las vías del límite municipal

- *Límite urbano*

En el caso de las vías urbanas en las horas de la tarde (a partir de las 12 del medio día) se tiene que de los siete puntos analizados (cada uno con dos sentidos) para día hábil el 71,4% de las horas pico se presentan en dicho horario, mientras que el porcentaje restante está conformado por las horas de la mañana. De ese 71,4%, el 70 % se dan entre las 5:00 y las 7:00 de la tarde y el otro 30% se distribuye entre la 1:00 pm y las 4:00 pm. Sin embargo, es importante mencionar que el valor máximo del volumen se da de 8:00 a 9:00 de la mañana en el punto ***17***, que corresponde a la vía ***Salida Aeropuerto Medellín-Belén*** sentido este - oeste que excede en un 84,7 % el promedio de los valores máximos de volúmenes de vehículos por hora (784,92 uvp/h, línea punteada color gris) (figura 65), es decir casi el doble.

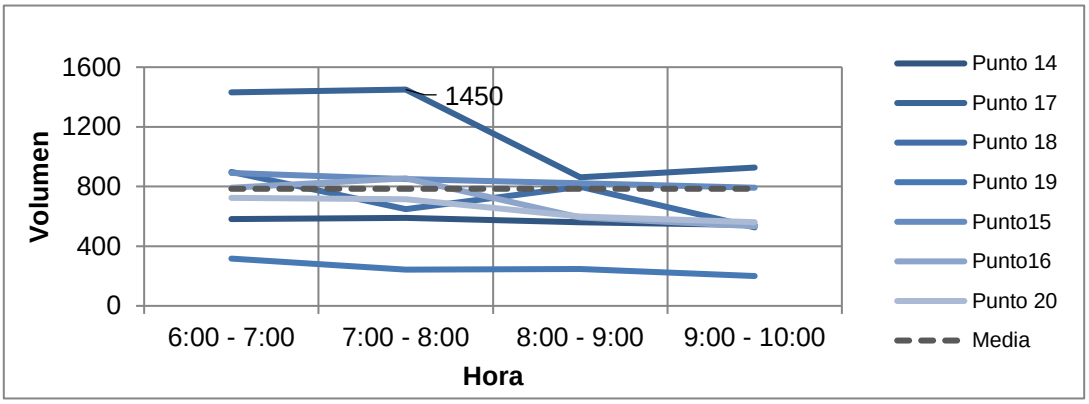

Figura 65. VHMD para las vías del límite urbano

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tasa de flujo máxima

Para la tasa de flujo ocurre lo mismo que en el volumen horario de máxima demanda, ya que los valores de la tasa de flujo para el día hábil son representativamente mayores que los del día sábado. Para las vías que pertenecen a los aforos regionales se tiene que la tasa de flujo para el día hábil excede en un 20,3% el valor promedio del día sábado, mientras que la tasa de flujo para las vías del cordón regional del municipio de Rionegro es un 32,9 % mayor con respecto al valor promedio de la del día sábado.

- *Límite municipal*

Para las vías contenidas en los aforos regionales, el valor máximo absoluto se encuentra en el punto ***7*** que corresponde a la vía ***Guarne-Marinilla*** a las 7:00 AM, este valor excede en un 74 % a las tasas de flujo máximo correspondientes al 64% de los datos que pertenecen a los puntos 2, 6, 7, 8,11; mientras que los valores de las tasas de flujo máximo de los puntos 5 y 10 son hasta 20 veces menos al máximo absoluto.

- *Límite urbano*

Así mismo, se tiene que para las vías urbanas el valor máximo absoluto de la tasa de flujo máxima se dio en la ***Salida Autopista Medellín Bogotá (Belén)***, que corresponde al punto ***17*** del aforo del límite municipal en el sentido oeste - este y que representa el 186% con respecto al de las otras vías incluidas en este mismo aforo vehicular, lo que implica que esta tasa es mayor en un 86% en comparación con las demás tasas de flujo.

Por otra parte, la tasa de flujo más baja se dio en el punto ***19*** en la vía ***Salida Autopista Medellín Bogotá (Marinilla)*** en sentido sur – norte, que es seis veces menor que la tasa de flujo máxima; esta notable diferencia se da principalmente por la infraestructura de cada vía, la vía ***Salida Autopista Medellín Bogotá (Belén)*** cuenta con 4 carriles (dos por sentido) mientas que la vía ***Autopista Medellín Bogotá (Marinilla)*** tiene un carril por cada sentido, lo que implica que en un análisis general el comportamiento se da conforme a los diseños, es decir que las vías que tienen más flujo vehicular requieren infraestructuras más complejas (doble calzada), mientras que en una vía que tiene un diseño más sencillo (una calzada) se espera que la tasa de flujo sea menor.

Factor de hora pico

Para los factores de hora pico es necesario considerar que el Highway Capacity Manual del 2000 (HCM 2000) establece que para las áreas urbanas debería oscilar entre 0,8 y 0,98, donde los valores menores a 0,8 corresponden a zonas rurales (Transportation Research Board, 2000).

- *Límite municipal*

Por otra parte al analizar las vías del aforo regional (figura 66) se tiene que el 50% de los factores de hora de máxima demanda están por encima del 0,8 y de ese porcentaje el

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

64% se encuentra por encima del valor promedio de este rango, estos resultados implican que no hay gran variación en el flujo, pero durante la hora pico los volúmenes de flujo son altos y por eso son potencialmente problemáticos.

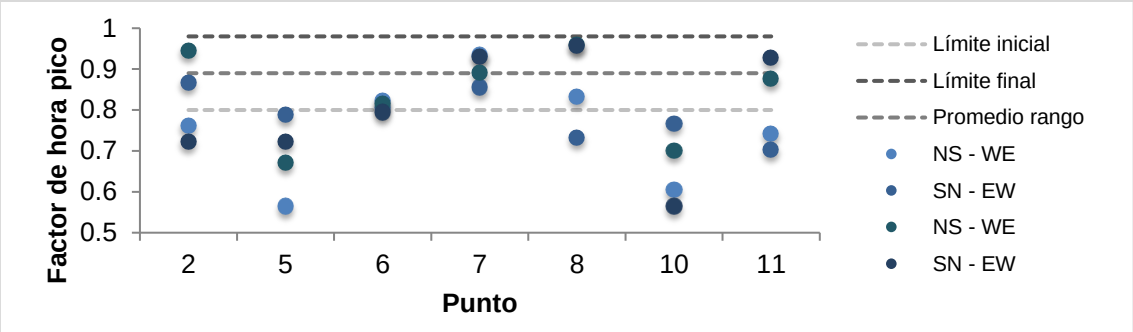

Figura 66. Factor de hora pico para aforos regionales

- *Límite urbano*

Al analizar los valores de los factores de hora pico obtenidos y compararlos con los establecidos por el HCM 2000, se tiene que para las vías del límite municipal, el 89% de los puntos considerando tanto el día hábil como el sábado se encuentran entre 0,8 y 0,98 lo que implica un comportamiento normal en las vías estudiadas, mientras que el porcentaje restante se encuentra por debajo de estos valores lo que implica una mayor variabilidad en el flujo (figura 67).

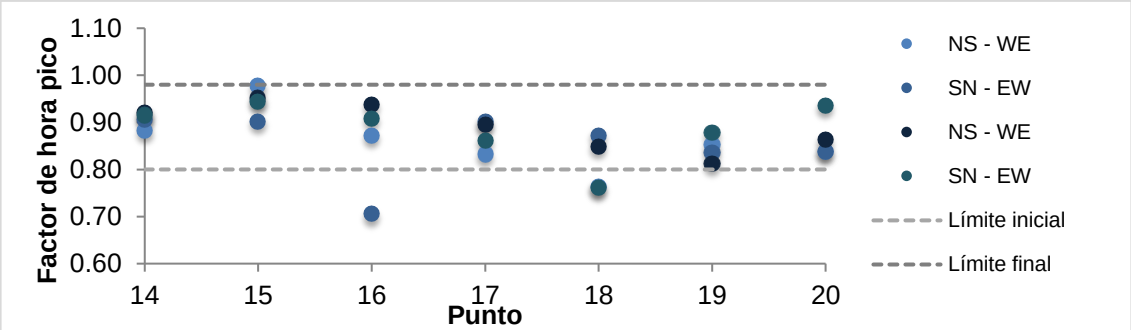

Figura 67. Factor de hora pico para aforos del cordón externo

Es importante resaltar que en Plan Vial el municipio se seleccionó el punto de las vías urbanas que presentaba mayor volumen vehicular, el cual se ubicaba en la calle 47 con carrera 46, asumiendo un FHMD de **0.8** y consideraron que el flujo era homogéneo durante la hora de máxima demanda (Universidad Católica de Oriente, Alcaldía de Rionegro & Cámara Colombiana Construcción Regional Antioquia, 2016); sin embargo al compararlo con el punto ***17*** (sentido este - oeste) que es el equivalente en los datos del límite urbano, se tiene que el valor de FHMD es de **0,91**; lo que implica que la condición

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

real de esta vía excede en un 12,5% la condición teórica que está asumiendo el municipio.

Velocidad de flujo libre

- *Límite municipal*

En cuanto a las vías que hacen parte del límite municipal se tiene una velocidad de flujo libre base de 108 km/h para todos los puntos; por lo que la velocidad de flujo libre se encuentra entre el 94% y 96% de la velocidad ideal y se puede decir que la velocidad de flujo libre presenta condiciones de operación estables.

- *Límite urbano*

Para la velocidad de flujo libre de las vías incluidas en el límite municipal se estableció una velocidad de flujo libre base de 88 km/h para todos los puntos excepto para el punto ***17*** que es de 108 (km/h), sin embargo la velocidad de flujo libre varía entre un 90% y 95% de la velocidad ideal. Por otra parte para la misma vía mencionada en la sección del factor de hora pico (calle 47 con carrera 46) el municipio estableció dentro del Plan Vial una velocidad de flujo libre (FFS) de **40 km/h** (Universidad Católica de Oriente, Alcaldía de Rionegro & Cámara Colombiana Construcción Regional Antioquia, 2016), esta velocidad esta reducida en un 40% con respecto a la estimada para el punto ***17 Salida Autopista Medellín Bogotá (Belén).***

Tasa de flujo equivalente de vehículos livianos

- *Límite municipal*

Las vías incluidas dentro del límite municipal es de 1200 uvp/hora-carril, de las cuales el 50% de las vías tiene una capacidad entre 600 y 1200 uvp/hora-carril, y el otro 50% presenta capacidades menores de 600 uvp/hora-carril; lo que quiere decir que estas vías cumplen con lo esperado en el diseño vial, puesto que la demanda vehicular no excede la capacidad en ninguno de los datos estimados.

- *Límite urbano*

Para el análisis del límite urbano la capacidad oscila entre los 400 y 600 uvp/h-carril, por lo que todos los valores que superaran este rango se consideraron problemáticos, ya que la demanda vehicular supera la capacidad de la vía; el 68% de los valores de la capacidad medida superan la capacidad de diseño.

Nivel de servicio

El Plan Vial y el POT establecen que se desea tener para las vías niveles de servicio que no superen el nivel C; al analizar los resultados del límite municipal y el urbano se cumple esta objetivo.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En el límite urbano considerando todas las mediciones, se tiene que el 21% de los datos pertenecen al nivel de servicio A, el 61% al B y el restante al nivel de servicio C, sin embargo en las vías ***Llanogrande Mall Guandalay*** y ***Salida Autopista Medellín Bogotá Los sauces,*** se debe considerar que en caso de que se dé un aumento en la capacidad de demanda, el nivel de servicio aumentaría y la operación de las vías se vería notablemente disminuida. Para las vías que conforman el límite municipal se tiene que de todos los datos, el 64% tienen un nivel de servicio A y el 36% al nivel de servicio B, lo que implica un buen funcionamiento operacional de la vía y sin riesgo de convertirse en una vía con malos niveles de operación.

3.3.1.2 Análisis de escenario actual

Se comparó la capacidad con la tasa de flujo para determinar el nivel de utilización de las vías del municipio. La capacidad de diseño de las vías es:

$$Capacidad_{\ vía\ urbana} = 400 - 600\ uvp/h - carril$$

$$Capacidad_{\ vía\ interurbana} = 1200\ uvp/h - carril$$

Se fijaron los intervalos de análisis mostrados en las tablas 27 y 28 con los mismos colores establecidos por el BID. Para el análisis municipal se establecieron 3 intervalos y para el urbano 4, ya que en este ámbito territorial se presentaron valores críticos que superan los problemáticos. Aunque el color amarillo se encuentra dentro de la capacidad de diseño se estableció "potencialmente problemático" debido a que no se tiene la certeza de que el día del aforo vehicular fuese el de mayor flujo.

Tabla 27. Calificación de capacidad para vías del límite municipal

Rango	Clasificación
< 600	Sostenible, buen desempeño
600 - 1200	Potencialmente problemático
> 1200	No sostenible, altamente problemático

Tabla 28. Clasificación de capacidad para vías del límite urbano

Rango	Clasificación
< 400	Sostenible, buen desempeño
400 - 600	Potencialmente problemático
600 - 900	No sostenible, problemático
> 900	No sostenible, altamente problemático

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Ejemplo: *Clasificación de capacidad para peaje variante Las Palmas*

$$Vía\ interurbana \quad \rightarrow \quad Capacidad\ de\ diseño = 1200\ uvp/h - carril$$

$$Día\ hábil\ sentido\ \ WE\ (q_e = 900\ veh/h - carril) \quad \rightarrow \quad Potencialmente\ problemático$$

$$Día\ hábil\ sentido\ \ EW\ (q_e = 1020\ veh/h - carril) \quad \rightarrow \quad Potencialmente\ problemático$$

$$Día\ sábado\ sentido\ \ WE\ (q_e = 1020\ veh/h - carril) \quad \rightarrow \quad Potencialmente\ problemático$$

$$Día\ sábado\ sentido\ \ EW\ (q_e = 856\ veh/h - carril) \quad \rightarrow \quad Potencialmente\ problemático$$

A continuación se presenta la clasificación de las tasas de flujo para los dos análisis.

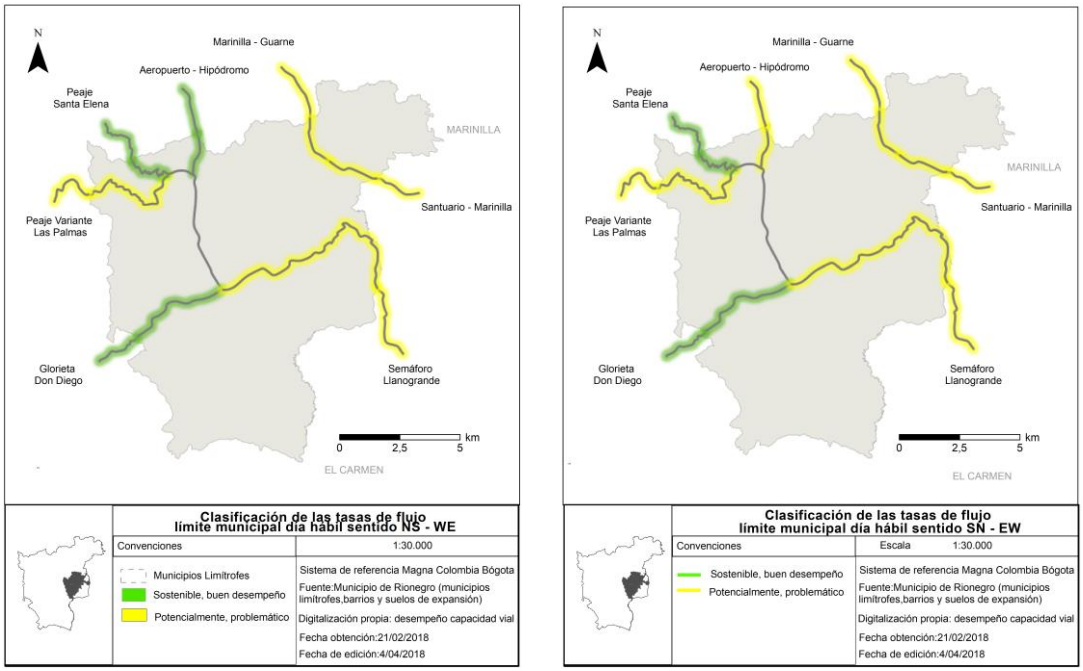

Figura 68. Clasificación de las tasas de flujo aforos límite municipal día hábil sentido NS – WE (izquierda) y SN – EW (derecha)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

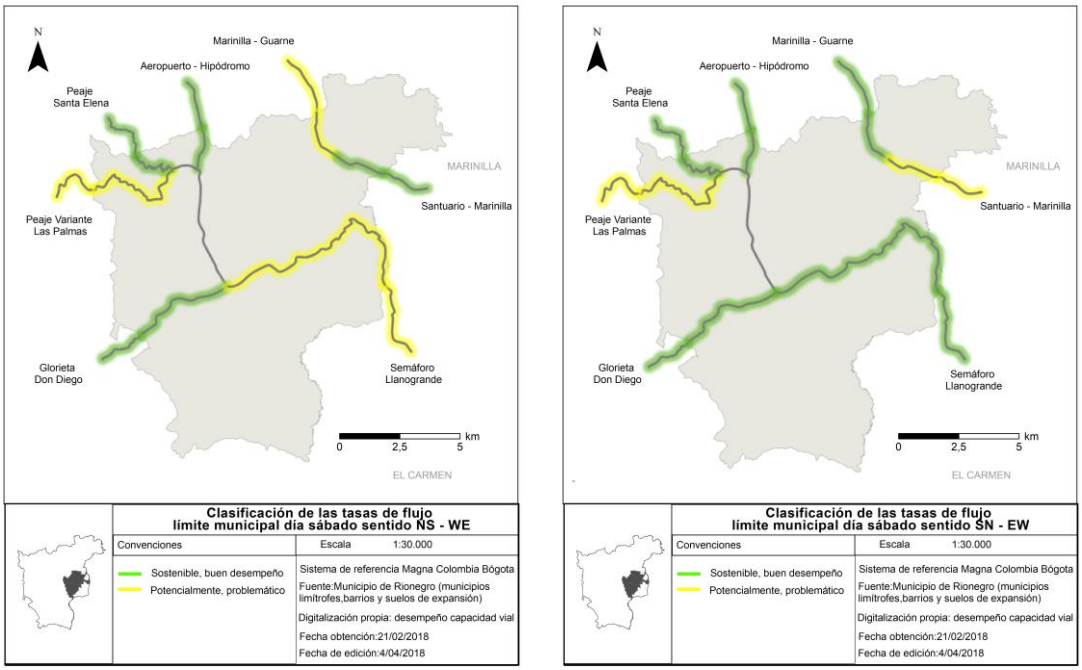

Figura 69. Clasificación de las tasas de flujo aforos límite municipal día sábado sentido NS – WE (izquierda) y SN – EW (derecha)

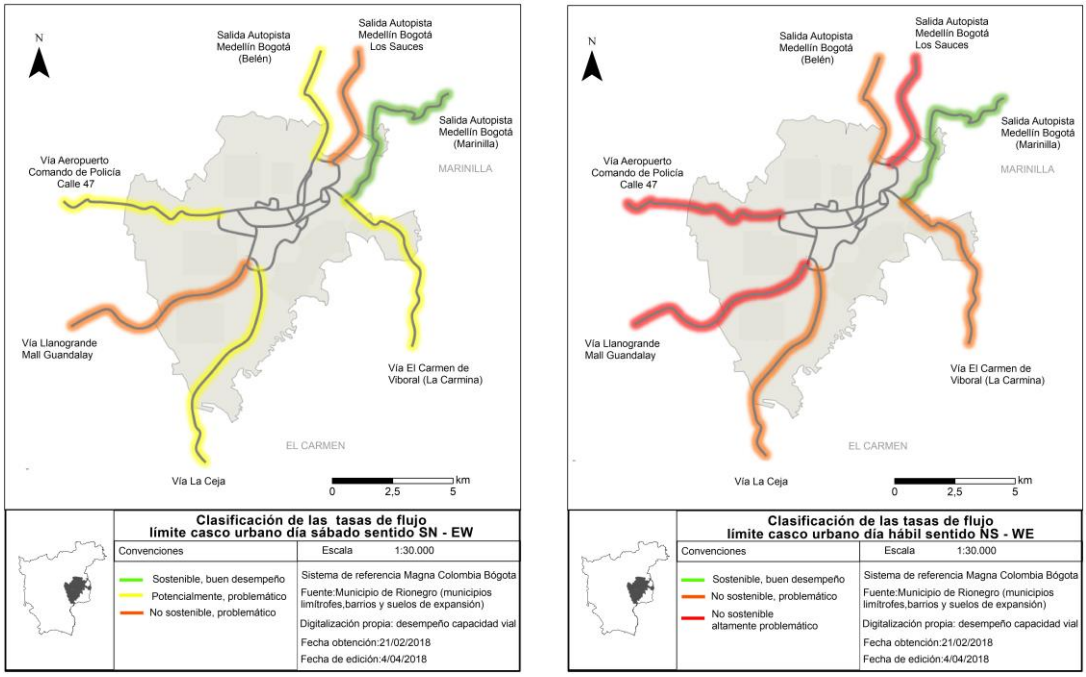

Figura 70. Clasificación de las tasas de flujo aforos límite urbano día hábil sentido NS – WE (izquierda) y SN – EW (derecha)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

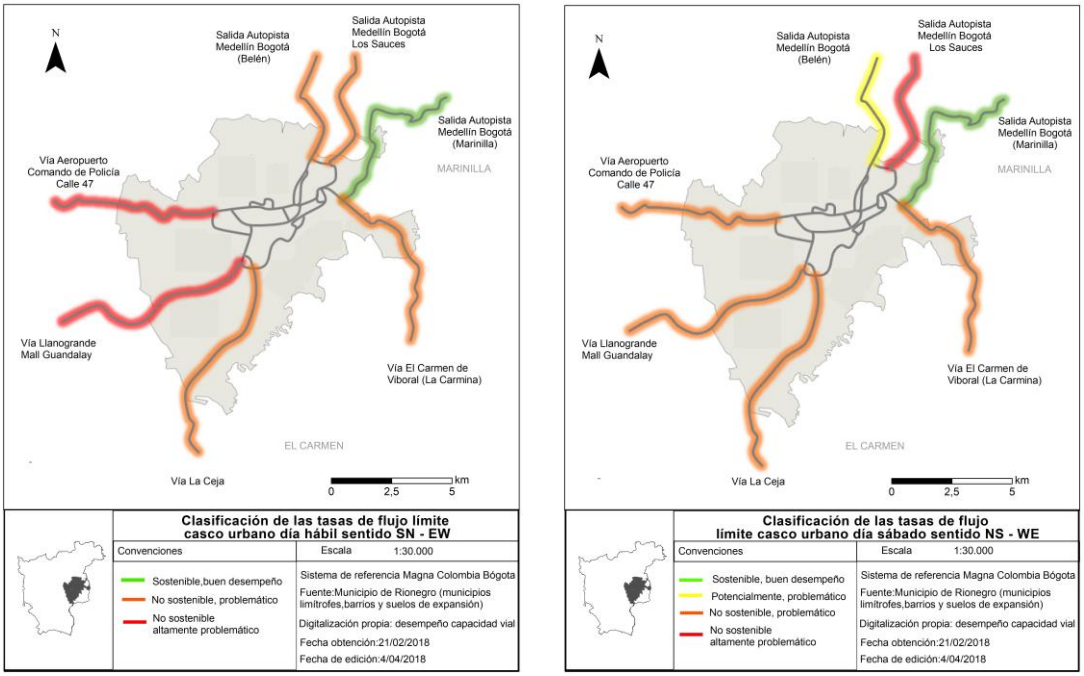

Figura 71. Clasificación de las tasas de flujo aforos límite urbano día sábado sentido NS – WE (izquierda) y SN – EW (derecha)

Como se observa en las figuras anteriores, se obtuvieron cuatro resultados para cada caso de análisis. Se presenta a continuación la condición crítica (mayor valor de tasa de flujo) para cada límite de estudio, figura 72.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

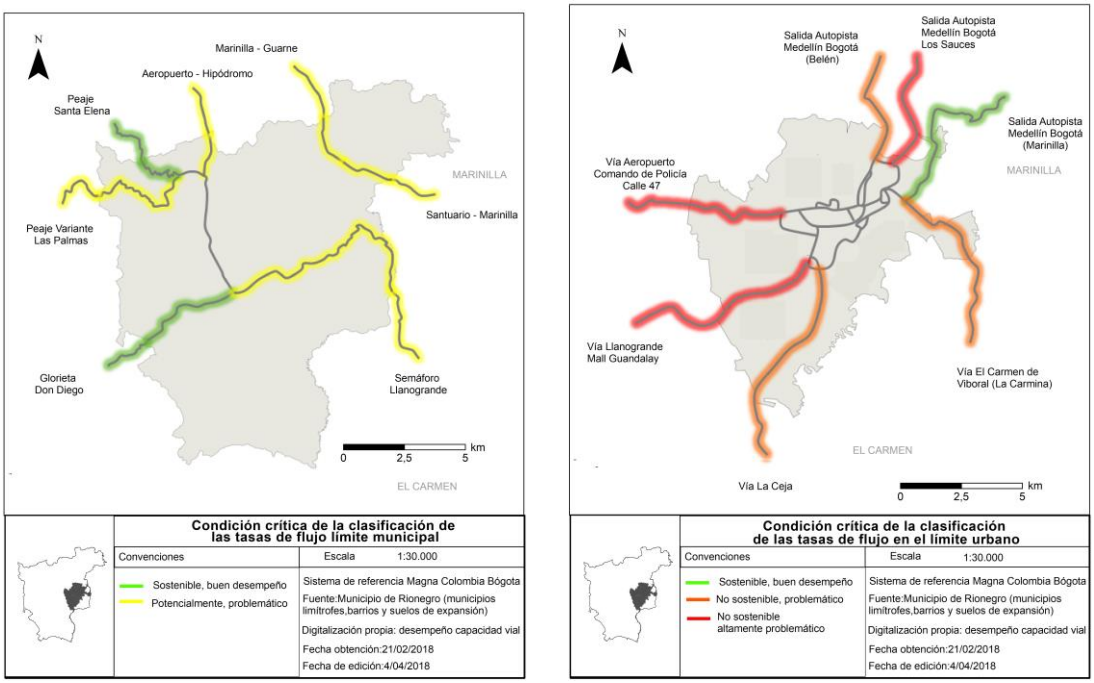

Figura 72. Condición crítica de la clasificación de las tasas de flujo límite municipal (izquierda) y límite urbano (derecha)

Se puede observar que en el análisis en el límite municipal la condición crítica pertenece al día hábil en el sentido sur – norte y oeste – este y para el límite urbano pertenece al día hábil en sentido norte – sur y este – oeste, donde los tramos críticos son la ***Salida Autopista Medellín Bogotá (Los Sauces)***, ***vía Llanogrande Mall Guandalay*** y ***vía Aeropuerto Comando de Policía calle 47***.

Por otro lado, para el caso del análisis de las vías de orden municipal, se puede evidenciar que las vías ***peaje Santa Elena*** y la ***Glorieta Don Diego*** presentan tasas de flujo menores a su capacidad (1200 uvp/h-carril), la primera alcanza el 9% de su capacidad en el día de mayor flujo y la segunda también obtiene el mismo valor, pero en el día de menor flujo la última solo alcanza un 3%; al observar un sistema a punto de colapso y vías con un porcentaje de uso mínimo se puede especular sobre las mediciones realizadas por los aforadores.

La vía perteneciente al ***peaje variante Las Palmas*** obtuvo un desempeño "potencialmente problemático", llegando al 85% de la capacidad de diseño en dos mediciones. Además, el comportamiento en día hábil es similar para los dos sentidos en casi todas las vías, menos en la vía ***Aeropuerto – Hipódromo***. Las mediciones de día sábado presentan un comportamiento diferente en los dos sentidos en las vías ***Marinilla – Guarne***, ***Santuario – Marinilla*** y la del ***semáforo de Llanogrande***. Es importante resaltar que hay vías que se encuentran muy cercanas al límite como la vía Santuario – Marinilla, que solo está un 10% por debajo de la capacidad de diseño para este tipo de vías (1200 uvp/hora-carril).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En el análisis del límite urbano se puede visualizar que la vía de la ***Salida Autopista Medellín Bogotá (Marinilla)*** es la única que se clasifica como “sostenible, buen desempeño”, esta oscila entre 25% y 42% de la capacidad diseño en las mediciones de menor (día sábado medición sur - norte) y mayor (día sábado medición sur - norte) tasa de flujo, respectivamente. Es importante anotar que el límite del casco urbano presenta menores valores en la tasa de flujo el día sábado en sentido sur - norte y este – oeste.

Se pudo evidenciar que las vías urbanos tienen condiciones más críticas que municipales (independiente del valor se rebasa la capacidad de diseño), en el primer límite se clasifican tres vías como “no sostenibles, altamente problemáticas” y en el segundo ninguna alcanza tal clasificación; además en el límite municipal la vía que mayor tasa de flujo tiene llega al 85% de su capacidad (***vía peaje variante Las Palmas***) y en el caso del límite urbano la capacidad se superó en varias vías, como la vía ***Aeropuerto Comando de Policía Calle 47*** (312 uvp/h-carril de excedencia equivalente a la mitad de la capacidad de la vía).

Para el escenario actual se determinaron resultados del indicador para cada densidad (estimada, oficina de Planeación y POT), se tomó la condición más desfavorable entre los tres para cada zona de estudio, es decir, el valor del indicador más alto para cada polígono de estudio. Para el límite municipal se consideraron los resultados de las veredas (de indicadores BID) debido a que es la zona que abarca los tramos de estudio, para el límite urbano se incluyeron las zonas de expansión y los barrios. En la figura 73 se pueden apreciar los resultados de ambos análisis.

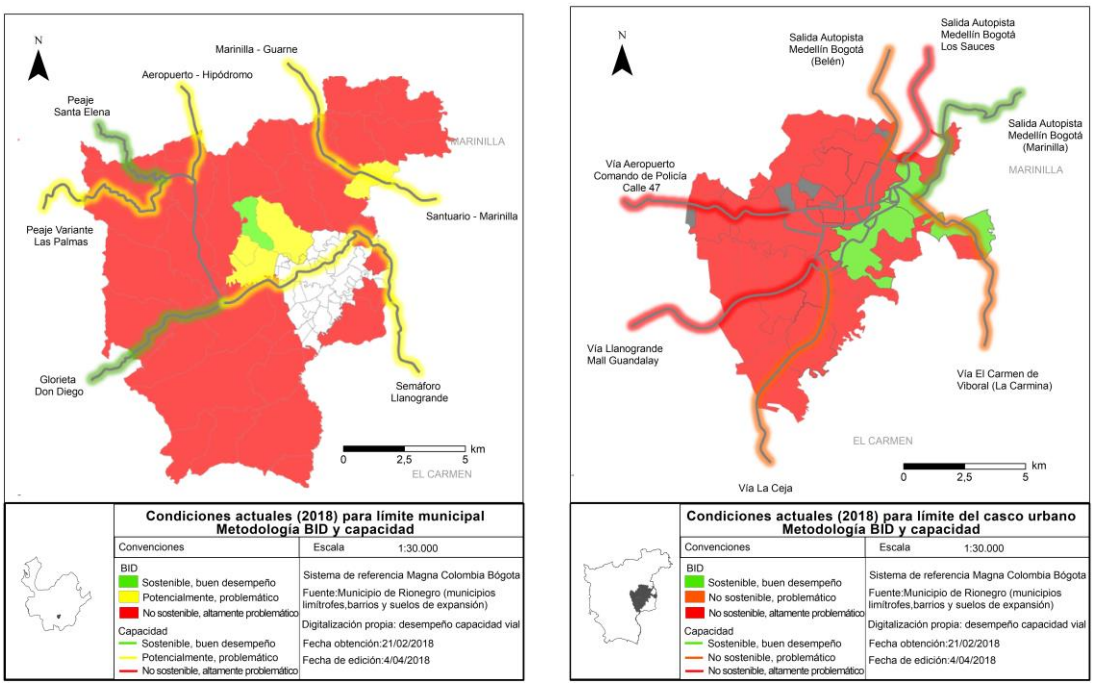

Figura 73. Escenario actual para límite municipal (izquierda) y límite urbano (derecha)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Se puede observar en la figura anterior que el casco urbano tiene condiciones más críticas de movilidad que el municipio completo, debido a que más vías superan la capacidad de diseño. En el límite urbano la dirección menos crítica es el lado este del polígono, donde el indicador da resultados sostenibles y la capacidad de las vías no supera en una de ellas la de diseño (***Salida Autopista Medellín Bogotá Marinilla***) y en la otra (***Vía El Carmen de Viboral La Carmina***) se supera un poco y obtiene una clasificación "no sostenible, problemática". Sin embargo en el lado oeste, al norte y al sur las condiciones son desfavorable y se clasifican en cuanto al indicador como "no sostenible, altamente problemático" y en cuanto a la capacidad como "no sostenible, problemático" y "no sostenible, altamente problemático".

Se puede observar la diferencia de los datos obtenidos con cada metodología, la primera corresponde al cálculo de los indicadores con la metodología del BID y busca realizar un diagnóstico de varios puntos respecto a la movilidad con el fin de priorizar los problemas que no son sostenibles y la segunda basada en la capacidad y nivel de servicio con la metodología del HCM es un análisis operacional de las vías.

Es importante analizar que al diseñar el Plan Vial con base en la metodología del BID, se está limitando la movilidad al aspecto sostenible, dejando de lado la operación y el uso de las vías, como se puede observar en los mapas los resultados obtenidos con el BID dan "potencialmente problemáticos" en varios polígonos, es decir que se destina una gran cantidad de vías para la población existente y por ende es un modelo "no sostenible". Sin embargo, la condición de la capacidad y el nivel de servicio sugieren lo contrario, puesto que en algunas zonas la demanda vehicular es muy alta para la cantidad de vías que se tienen actualmente en Rionegro, lo que permite concluir que no es posible limitar el estado de la movilidad a la sostenibilidad, sino que se debe considerar la demanda vial que tienen las vías del municipio y que afectan de manera indispensable las condiciones de operación de las mismas.

Las densidades inciden directamente en los valores de los indicadores, en el límite urbano las densidades del POT no se han alcanzado (según diagnóstico de la oficina de Planeación) y aun así se generaron nuevos suelos de expansión, por lo que se esta generando una expansión urbana dispersa en la cabecera a pesar de que se busca que sea compacta. No obstante, este modelo de crecimiento de densificación demanda servicios públicos e infraestrura que resultan insuficientes e ineficientes; el hecho de no buscar una redensificación en la zona urbana existente (sin zonas de expansión) genera que los indicadores no sean sostenibles.

3.3.2 Escenarios futuros 2038 y 2088

Para el análisis futuro se toman los escenarios del año 2038 y 2088, el primero corresponde a los resultados obtenidos de los indicadores proyectados a 20 años (ítem 3.2.2.) y el segundo a la capacidad de las vías planteadas para los próximos 70 años.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.3.2.1 Proyección de la capacidad de las vías año 2088

Corresponde a la proyección de la capacidad de las vías planteadas en el Plan Vial proyectado a 70 años donde se plantean alrededor de 90 km de vías nuevas y mejora de algunas vías existentes que se podrán realizar durante cada periodo de administración, otorgando importancia al transporte no motorizado y peatonal, por lo que se incluyen andenes y ciclo rutas que se conectan en anillos; en el administración actual se planean ejecutar entre 20 km y 30 km (Mejía, 2018).

En la siguiente figura (74) se pueden apreciar las vías planteadas para los próximos 70 años.

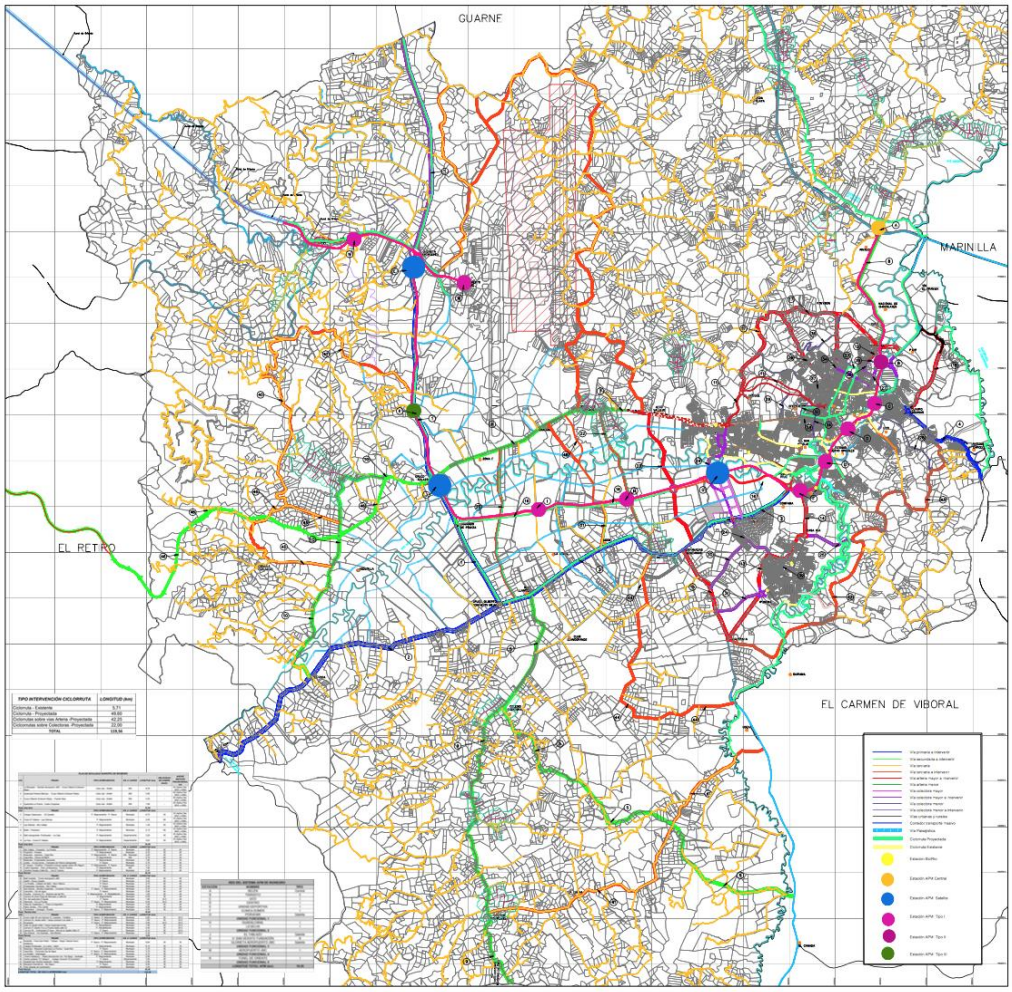

Figura 74. Vías planteadas en el Plan Vial

Fuente: (Universidad Católica de Oriente, Alcaldía de Rionegro & Cámara Colombiana Construcción Regional Antioquia, 2016)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Para realizar el análisis de este escenario se consideraron las vías proyectadas que podrían afectar de alguna manera el flujo vehicular de las vías analizadas en el escenario actual (2018). Por lo que en las siguientes ilustraciones se pueden apreciar el análisis del límite municipal y del casco urbano (figura 75).

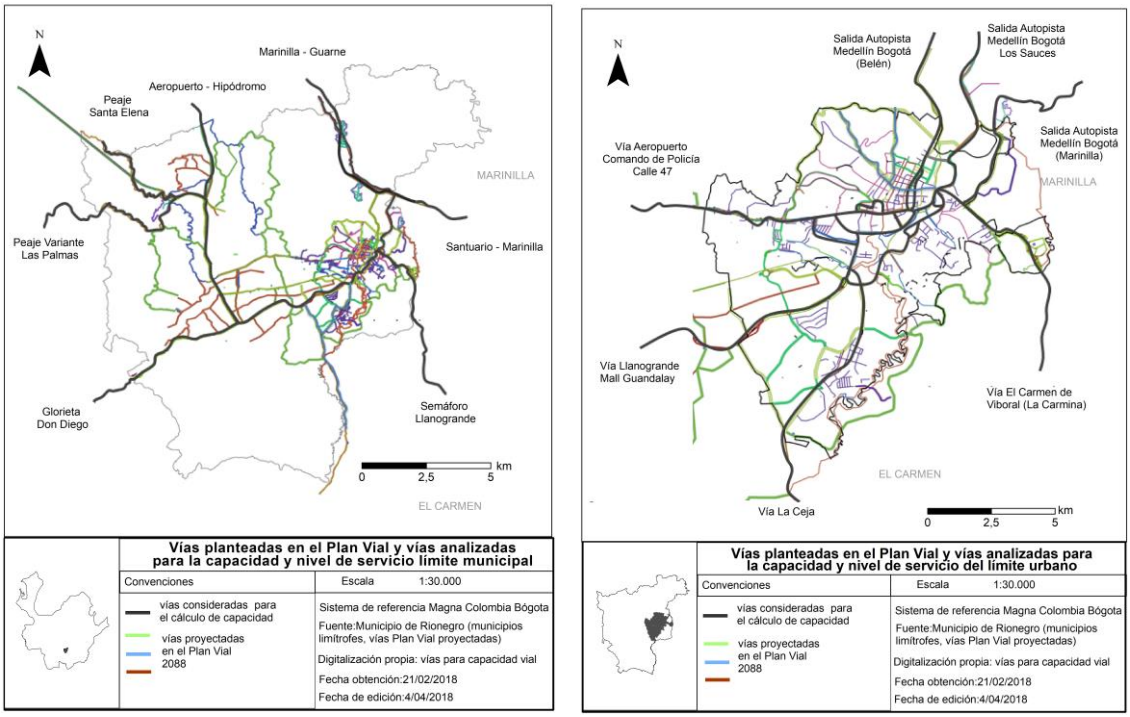

Figura 75. Vías planteadas en el Plan Vial y vías analizadas para la capacidad y nivel de servicio para el límite municipal (izquierda) y límite urbano (derecha)

Para el límite municipal se consideraron las vías existentes y las vías planteadas en el Plan Vial que afectarían el flujo analizado. Las dos vías nuevas corresponden al ***Túnel de Oriente*** y a la nueva variante de la vía que conecta a ***San Antonio de Pereira con Rionegro.*** Igualmente para el casco urbano se tomaron las vías existentes que se planean mejorar y las vías que se planean construir como se muestra a continuación (figura 76).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

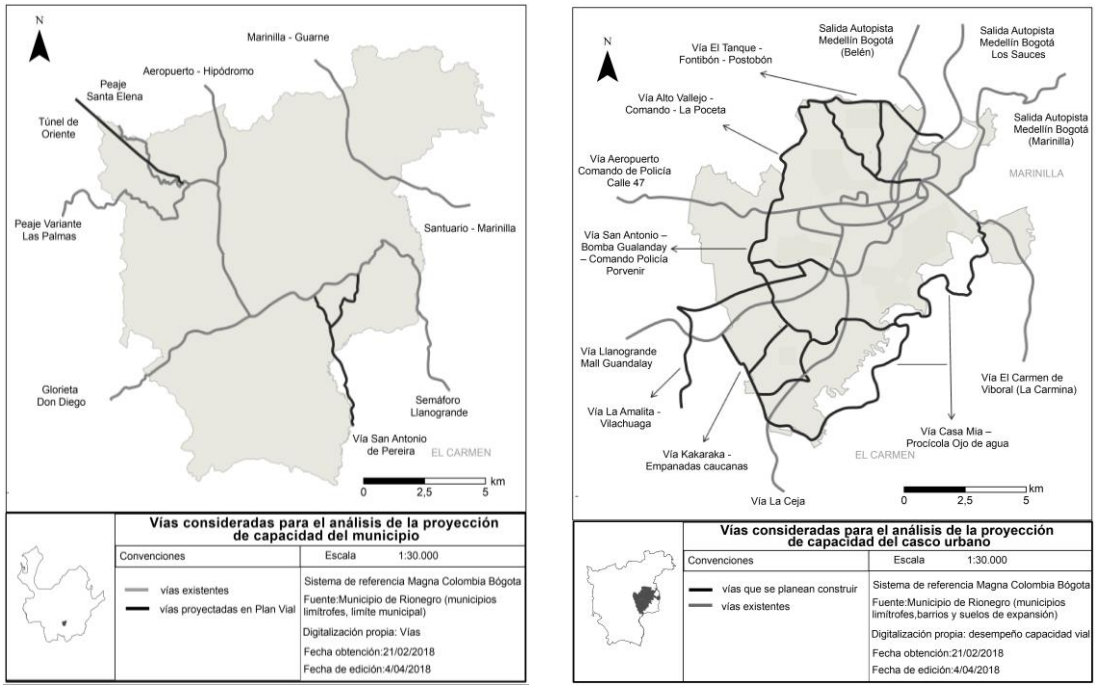

Figura 76. Vías consideradas para el análisis de la proyección de capacidad del municipio para el límite municipal (izquierda) y límite urbano (derecha)

Sin embargo, para estimar la capacidad de las vías futuras fue necesario segmentar el municipio en anillos. Estos anillos se dividieron conforme se analizaron las vías, los anillos demarcados con color azul se analizaran en conjunto, que además de contener la vía que se construirá contienen la vía existente con la que se relaciona; mientras que los anillos color naranja corresponden a las vías que se examinaron de manera individual. A continuación se muestran los anillos mencionados para las vías que salen del municipio y del casco urbano (figura 77).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

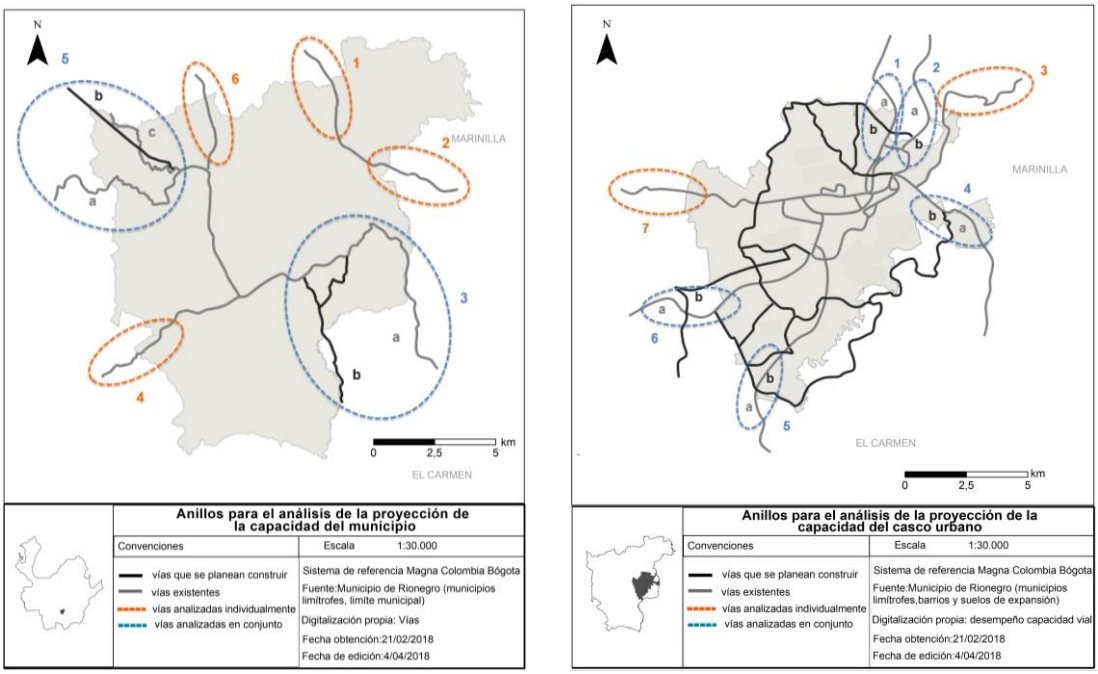

Figura 77. Anillos para el análisis de la proyección de la capacidad del límite municipal (izquierda) y del límite urbano (derecha)

Como se puede apreciar las vías del límite municipal se repartieron en 6 anillos en los que los números ***1, 2, 4, y 6*** (color naranja) corresponde a las vías: ***Marinilla – Guarne, Vía Santuario – Marinilla, Glorieta Don Diego*** y ***Vía Aeropuerto – Hipódromo***. Por otra parte en los anillos 3 y 5 se tienen las vías nuevas (denotas con la letra **b**) y a las vías existentes (denotadas con la letra **a** y **c**). Para el anillo 3 la vía nueva es la ***vía San Antonio de Pereira*** (b) y la existente es la ***vía Llanogrande semáforo*** (a) y para el anillo 5 la vía que se construirá es la del ***Túnel de Oriente*** (b) y las vías relacionadas con esta son la del ***peaje Variante Las Palmas*** (a) y la del ***peaje Santa Elena*** (c).

En cuanto a las vías del límite urbano se tienen 7 anillos, en los que solo el 3 y el 7 corresponden a vias existentes que se analizaron individualmente, la primera es la ***Salida Autopista Medellín Bogotá (Marinilla)*** y la segunda es la ***Vía Aeropuerto Comando de Policia Calle 47***, mientras que los anillos ***1, 2, 4, 5 y 6*** corresponden a las vias que se analizaran en conjunto, las vías diseñas (**b**) y las vias actuales (**a**).

Además para establecer las características de las vías nuevas del límite municipal (ancho de carril y el sentido), se utilizaron las especificaciones del POT en el Capítulo XI Sistema de Movilidad y de Transporte, para cada tipo de vía se tiene un acho de carril y el tipo de vía se definió según en Articulo 77, donde se establece la jerarquía vial considerando que todas las vías que salen del municipio y conectan con otros municipios son vías de primer orden o arterias mayores y para las cuales se debe tener un ancho de sección transversal (anexo 15) de 40 m con tres carriles por sentido de 3,5 m cada uno (Concejo de Rionegro, 2018).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Para las características básicas del límite urbano se empleó un informe del Plan Vial en el que se especifica la sección transversal de cada vía analizada (anexo 16), la descripción se muestra a continuación (tabla 29).

Tabla 29. Ancho sección trasversal y carriles para el análisis de la proyección de la capacidad del casco urbano

Anillo		*Via*	*Ancho sección*	*Sentido*	*Carriles/*
1	a	Salida Autopista Medellín Bogotá (Belén)	30	2	3
	b	Vía El Tanque - Fontibón - Postobón	40	2	2
2	a	Salida Autopista Medellín Bogotá Los Sauces	30	2	1
	b	Vía El Tanque - Fontibón - Postobón	40	2	2
3		Salida Autopista Medellín Bogotá (Marinilla)	30	2	1
4	a	Vía El Carmen de Viboral (La Carmina)	40	2	1
	b	Vía Casa Mia - Procícola Ojo de Agua	30	2	2
5	a	Vía La Ceja	40	2	1
	b	Vía Casa Mia - Procícola Ojo de Agua	30	2	2
		Vía Kakaraka -Empanadas Caucanas	40	2	2
6	a	Vía Llanogrande Mall Guandalay	40	2	1
	b	Vía la Amalita - Vilachuaga	40	2	1
7		Vía Aeropuerto Comando de Policia Calle 47	30	2	1

Fuente: (Municipios Asociados Altiplano Oriente Antioqueño & Alcaldía de Rionegro, 2016)

Se procede a determinar el flujo proyectado de las vías; el municipio de Rionegro ha tenido un incremento anual del flujo vehicular del 9,15% de 2013 a 2015 según las cifras del anuario estadístico de Rionegro 2016 (Secretaría de Planeación Municipal de Rionegro, 2016). Fue necesario determinar el flujo de las vías actuales (analizadas anteriormente para la capacidad y nivel de servicio) buscando encontrar el máximo flujo según día hábil o sábado, se multiplicó este resultado por los carriles de cada vía y los valores se encuentran en el anexo 17.

Dados los anillos predeterminados para cada análisis, se muestra la relación de cada vía nueva con las actuales en el anexo 18 . Usando las relaciones y la tasa de flujo de las vías actuales, se encuentra el flujo por carril de cada vía proyectada 19.

Usando la cifra de incremento del tráfico (9,15%) se determina el flujo proyectado en las vías a 70 años, es importante recordar que las vías tienen una capacidad de diseño, por lo que se determina cuales superan el máximo establecido que es de ***1200 uvp/h-carri***l en vías interurbanas y ***600 uvp/h-carril*** en vías urbanas, los resultados de dicho cálculo se encuentran en el anexo 20. La clasificación de los flujos al año 2088 se pueden observan en la siguiente figura (78) según los rangos definidos en las tablas 27 y 28.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

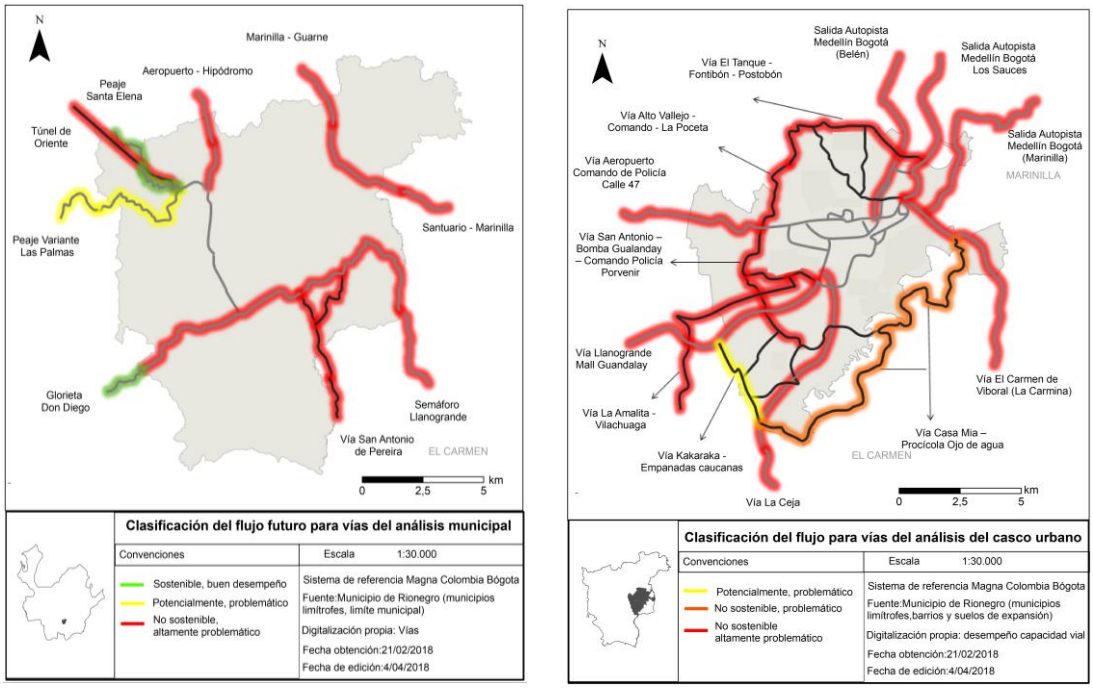

Figura 78. Clasificación de las tasas de flujo proyectadas con un crecimiento de 9,15% anual para el límite municipal (izquierda) y límite urbano (derecha)

Como se pudo observar, la mayoría de las tasas de flujo futuras superan la capacidad de diseño de las vías, por lo que a continuación se plantea cual debe ser el porcentaje de crecimiento de la tasa de flujo para que en 70 años llegue a la capacidad de diseño. En las tablas 30 y 31 se encuentran los valores del incremento anual, el cual deberá ser constante año a año y con ello la cantidad de vehículos equivalentes para llegar a la capacidad de diseño con el flujo actual.

Tabla 30. Tasa de crecimiento anual del flujo proyectado para análisis municipal

Anillo		***Via***	***Faltante de flujo (uvp/h-carril)***	***Incremento anual (uvp/h-carril)***	***Tasa de crecimiento anual del flujo (%)***
1		Vía Marinilla – Guarne	739	11	2,3
2		Vía Santuario – Marinilla	918	13	4,7
3	a	Vía Llanogrande semáforo	1024	15	8,3
	b	Vía San Antonio de Pereira	1024	15	8,3
4		Glorieta Don Diego	1175	17	68,1
5	a	Peaje Variante Las Palmas	1040	15	9,3
	b	Peaje Santa Elena	1185	17	110,4
	c	Túnel de Oriente	1025	15	8,3
6		Vía Aeropuerto – Hipódromo	739	11	2,3

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 31. Tasa de crecimiento anual del flujo proyectada para análisis del casco

Anillo		*Via*	*Faltante de flujo (uvp/h-carril)*	*Incremento anual (uvp/h-carril)*	*Tasa de crecimiento anual del flujo (%)*
1	a	Salida Autopista Medellín Bogotá (Belén)	323	4,6	1,7
	b	Vía El Tanque - Fontibón - Postobón	184	2,6	0,6
2	a	Salida Autopista Medellín Bogotá Los Sauces	120	1,7	0,4
	b	Vía El Tanque - Fontibón - Postobón	360	5,1	2,1
3		Salida Autopista Medellín Bogotá (Marinilla)	268	3,8	1,2
4	a	Vía El Carmen de Viboral (La Carmina)	171	2,4	0,6
	b	Vía Casa Mia - Procícola Ojo de Agua	386	5,5	2,6
5	a	Vía La Ceja	381	5,4	2,5
	b	Vía Casa Mia - Procícola Ojo de Agua	491	7	6,4
		Vía Kakaraka -Empanadas Caucanas	527	7,5	10,3
6	a	Vía Llanogrande Mall Guandalay	136	1,9	0,4
	b	Vía la Amalita - Vilachuaga	136	1,9	0,4
7		Vía Aeropuerto Comando de Policia Calle 47	-460	-6,6	-0,6

Como en 70 años las vías no reflejan el mismo comportamiento (diferente clasificación), se consideran las siguientes vías de análisis señaladas con línea punteada (figura 79).

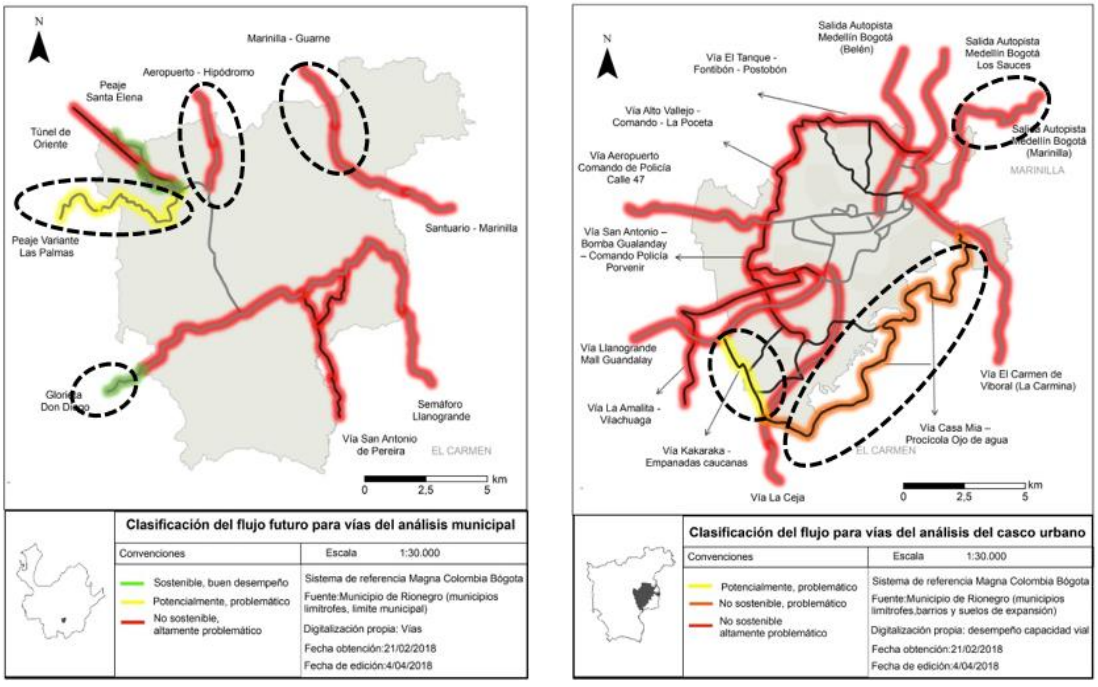

Figura 79. Vías de análisis de para el límite municipal (izquierda) y límite urbano (derecha)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En las siguientes figuras (80 y 81) se puede observar la variación de las tasas, con línea continua la proyección de los flujo con un crecimiento de 9,15% y las líneas punteadas con el crecimiento requerido para llegar en el periodo de análisis a la capacidad de diseño.

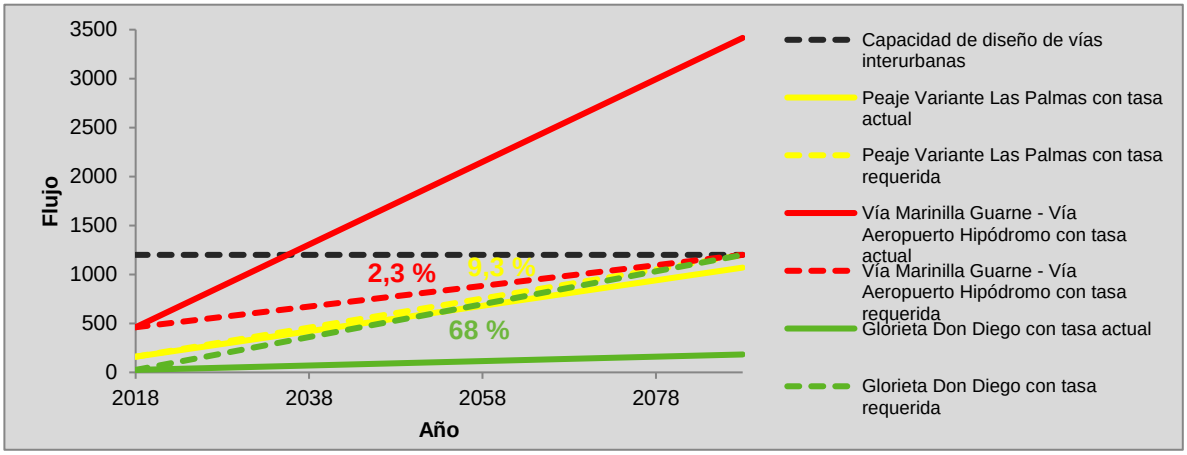

Figura 80. Variación de la tasa de crecimiento de flujo para vías analizadas en el límite municipal

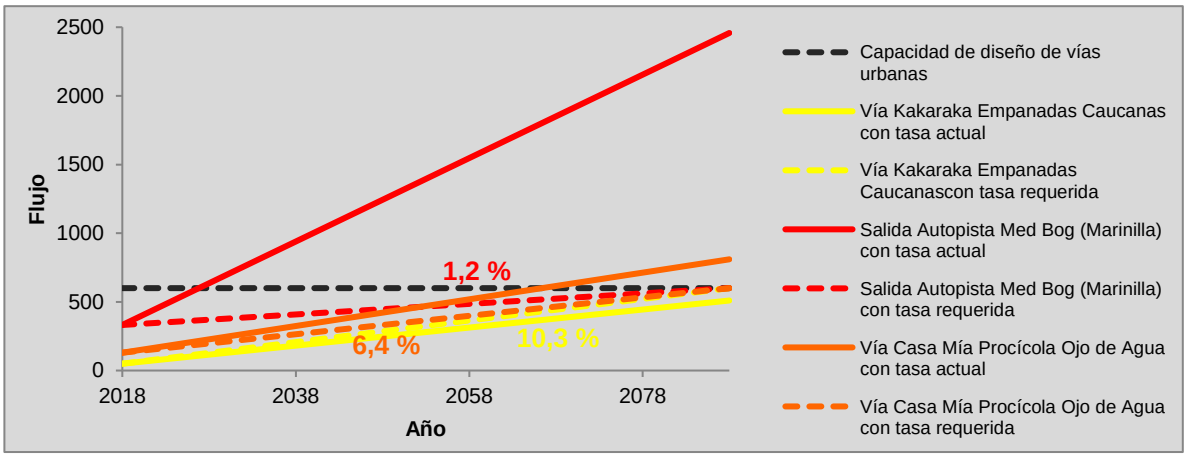

Figura 81. Variación de la tasa de crecimiento de flujo para vías analizadas en el límite urbano

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.3.2.1.1 Análisis de la capacidad vial futura

Los valores obtenidos de las tasas son razonables, ya que no es lógico suponer un incremento acelerado como el actual durante un período prolongado; debido a que en un momento el aumento es mínimo y sin fuertes fluctuaciones por lo que tiende a estabilizarse reflejando un patrón de crecimiento asintótico, donde el nivel máximo del flujo será la capacidad de diseño; a pesar de que aumente la población la tasa de crecimiento se reduce a medida que llega al nivel máximo que es limitado en caso de que no se realicen más vías a las planteadas en el Plan Vial.

La ***vía Aeropuerto Comando de Policia Calle 47*** reflaja una tasa negativa debido a que actualmente el flujo supera la capacidad de diseño con 460 uvp/h-carril, las demás vías tienen una tasa de flujo positiva, la cual refleja que hasta ahora no se ha superado el flujo de diseño. Sin embargo, cuando se proyectó el flujo a 70 años, algunas vías no llegaron al nivel máximo y se pudo evidenciar que si se continúa con la tasa de crecimiento de 9,15% la mayoría de las vías superan la demanda proyectada, como la vía ***Kakaraka - Empanadas Caucanas*** en el análisis del casco urbano y en el municipal las vías de la ***Glorieta Don Diego***, ***peaje Variante Las Palmas*** y ***peaje Santa Elena***; las dos últimas debido a la construcción del túnel de Oriente. Aunque en el análisis del casco urbano las condiciones son desfavorables, si se continúa con la tasa actual en los próximos 70 años ninguna de las vías podrá suplir el flujo.

Al determinar la tasa de crecimiento del flujo para que en el periodo de estudio no exceda la capacidad de diseño de las vías, el aumento más significativo se observó en el análisis municipal, debido a que los valores actuales del flujo son menores en comparación a los del casco urbano, hecho que incide en los resultados de la tasa. Por su parte, en el análisis del casco urbano los datos no suelen superar el 3%, solo ocurre en las ***vías Casa Mía - Procícola Ojo de Agua*** y la ***Kakaraka - Empanadas Caucanas*** en las cuales la tasa pudo llegar al 10,3%.

3.3.2.2 Análisis de escenarios futuros

Con los dos escenarios futuros planteados se pudieron obtener los problemas viales que se tendrán en 70 años si se continua con los proyectos planteados por entes gubernamentales, principalmente el Plan Vial.

Aunque se encontraron los indicadores en 20 años, los críticos fueron: kilómetros de vías cada 100.000 habitantes donde actualmente se tiene más cantidad a la requerida para que se clasifique como sostenible, Kilómetros de vías dedicadas en forma exclusiva al transporte público cada 100.000 habitantes los cuales son menores a la mitad de la suma demandada. Como los indicadores de víctimas mortales por accidentes y de cantidad de automóviles y motos per cápita no se puede proyectar, se pueden sacar conclusiones de como será en un futuro con base en los datos registrados hoy en día; para ellos se encontró actualmente un aumento representativo y en caso de no tomar decisiones

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

pueden incrementar las cifras y clasificarse como “no sostenible, altamente problemático”, principalmente el indicador de motos que ahora se clasifica en dicho rango.

En cuanto a los resultados obtenidos de la proyección de la capacidad futura, se puede evidenciar que las condiciones más desfavorables hacen alusión al casco urbano, por lo que se plantea la unión de los dos análisis usando la menor tasa de incremento de flujo del análisis municipal para analizar el comportamiento del casco urbano, debido a que este no puede tener cifras menores al municipio completo para que sea viable un plan de implementación. La menor tasa de crecimiento del municipio fue de *2,3%* anual, valor obtenido en la ***vía Marinilla – Guarne*** y ***vía Aeropuerto – Hipódromo***. Al tomar dicho valor como límite en el análisis del casco urbano se encuentra que varias vías superan tal cifra, menos las vías ***vía Casa Mía – Procícola Ojo de Agua***, ***vía La Ceja*** y la ***vía Kakaraka - Empanadas Caucanas***.

Como al análisis del casco urbano pertenecen 13 vías, de las cuales 9 se encuentran por debajo del valor de referencia (*2,3% anual*) se plantea otro rango de análisis correspondiente a la mitad de la tasa y se definen los siguientes rangos de clasificación (tabla 32):

Tabla 32. Clasificación de la tasa de crecimiento del flujo para vías del análisis del límite urbano

Rango	Clasificación
> 2,3%	Sostenible, buen desempeño
= 2,3 %	Potencialmente problemático
2,3% – 1,15%	No sostenible, problemático
< 1,15%	No sostenible, altamente problemático

A continuación se presenta una figura (82) con la clasificación de cada vía del análisis del casco urbano:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

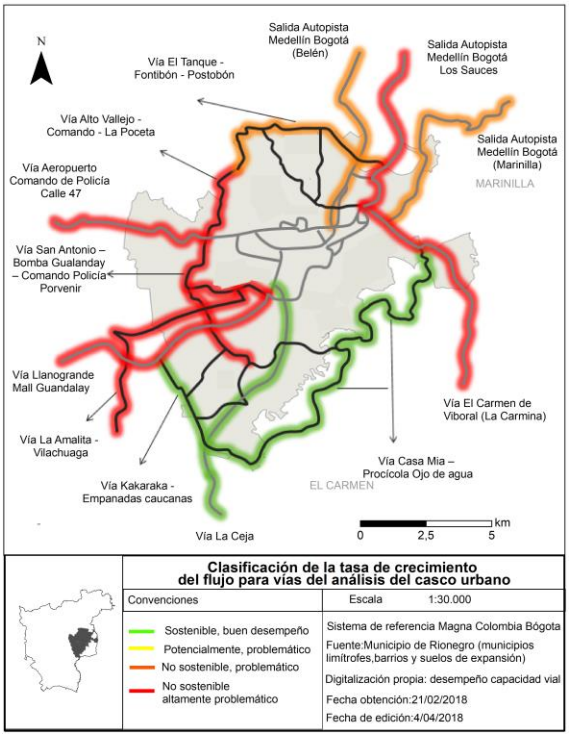

Figura 82. Clasificación de la tasa de crecimiento del flujo para vías del límite urbano

Posteriormente para el caso del análisis municipal, se van a plantear cuales vías requieren alguna intervención con base a las tasas de flujo. Los valores no son críticos, pero al ser vías interurbanas son corredores con altos flujos; para ellos se supondrá una tasa de crecimiento de referencia igual a la mitad del incremento actual, es decir del *5%* y las vías que no superan este dato en el análisis municipal son la ***vía Marinilla – Guarne***, ***vía Santuario – Marinilla*** y la ***vía Aeropuerto – Hipódromo***. La clasificación de las vías del análisis municipal será la siguiente (tabla 33).

Tabla 33. Clasificación de la tasa de crecimiento del flujo para vías del análisis del límite municipal

Rango	Clasificación
> 5%	Sostenible, buen desempeño
< 5 %	Potencialmente problemático

No se considero la clasificación “no sostenible, altamente problemática” porque no son condiciones críticas; en la siguiente ilustración se presenta la clasificación de las vías del análisis municipal. La clasificación de las vías se presenta en la figura 83.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

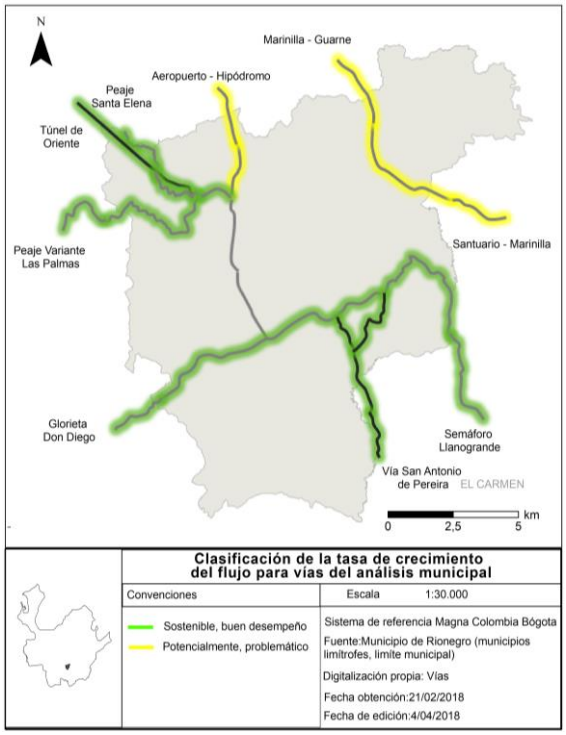

Figura 83. Clasificación de la tasa de crecimiento del flujo para vías del límite municipal

3.3.3 Requerimientos de infraestructura vial y transporte público

Se plantearan acciones para mejorar las condiciones en términos de movilidad, donde se tratan tres tipos de intervenciones:

- **Acciones elementales:** estas engloban las acciones que evidentemente se requieren, se encuentra la concientización de los ciudadanos y labores rutinarias realizadas por entes gubernamentales.

- **Estratégicas:** son mecanismos de gestión necesarios para el municipio; allí se encuentran las estrategias para generar centralidades, es decir que tienen que ver con legislación que en este caso se centra en el POT . Se busca generar un modelo de crecimiento que aporte al uso eficiente de la infraestructura.

- **Infraestructura:** se determinan de acuerdo a las necesidades fijadas por los resultados del indicador BID y la capacidad proyectada, las cuales corresponden a cantidades cuantificables que son kilómetros de vías, kilómetros de vía peatonal, kilómetros de ciclo ruta y kilómetros de vías de uso exclusivo de trasporte público.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

A continuación se presenta el desglose de cada actividad requerida para cada indicador determinado en el desarrollo del trabajo. Sin embargo, se presentan tres soluciones generales:

A pesar de que Rionegro se ha convertido en el eje central del Oriente Antioqueño, el principal impedimento para que esta región tenga un desarrollo sostenible, es la falta de planeación y de organización. Por lo que el principal objetivo para convertirse en una región sostenible es tener una planificación estratégica del ordenamiento territorial, en la cual se tengan datos reales de la densidad poblacional; y con base en esta establecer la configuración del territorio, así mismo es indispensable cumplir a cabalidad los diferentes lineamientos presentados en el POT, sin dejar a la libre interpretación normativas que afecten de alguna manera el estado del municipio, estas políticas de planeación deben ser efectuadas de manera inmediata por la Secretaria de Planeación.

Adicionalmente para ser un municipio sostenible, Rionegro debe implementar políticas en las que se desincentive el uso de vehículos motorizados; estableciendo como línea base la pirámide de movilidad, la cual jerarquiza los diferentes modos de transporte y establece como principales agentes a los peatones y vehículos no motorizados; así mismo busca promover el uso del transporte público masivo con el fin de disminuir el parque automotor. Además la implementación de la movilidad no motorizada requiere de mínima infraestructura, es más económica y benéfica que una autopista urbana; la cual debe realizarse a través de un subsistema, estructurado y articulado física y funcionalmente con el subsistema vial (Instituto Desarrollo Urbano Alcaldía Mayor Santa Fe de Bogotá, 2017). Sin embargo un modelo de infraestructura sostenible requiere de un análisis prospectivo de proyectos a corto, mediano y largo plazo; con el fin de establecer una configuración vial articulada donde se integren los diferentes modos de transporte economizando recursos y tiempos de viaje, lo que implica el establecimiento de estaciones adaptadas a este intercambio modal situadas en las estaciones del APM (Instituto Desarrollo Urbano Alcaldía Mayor Santa Fe de Bogotá, 2017)

3.3.3.1 Vías interurbanas y urbanas requeridas

Con base en los resultados mencionados en el análisis futuro del crecimiento de la tasa de flujo, se propondrán soluciones para ambos análisis (municipal y urbano) en las vías catalogadas como “no sostenible, altamente problemática” y “no sostenible, problemática”.

Las soluciones viales serán la ampliación de la vía existente o construir una vía nueva paralela a la que presentará problemas (en un periodo de 70 años). Para ello se consideró, primero la solución de ampliación en el casco urbano, mientras que en el análisis municipal la construcción (no se podrán ampliar ya que las vías tendrán 3 carriles/sentido); por lo que se realizó el procedimiento descrito en el literal 3.3.2.1. de la proyección de la capacidad de las vías. En esa sección se iteró la cantidad de carriles con el fin de obtener un crecimiento de la tasa de flujo mayor o igual al valor de referencia (para análisis municipal del *5%* y para el casco urbano del *2,3%)*, los cálculos se muestran en el anexo 21.

Las soluciones tendrán la misma longitud de las vías planteadas en el Plan Vial y las vías

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

actuales. Como no se está realizando el diseño de las vías sino un planteamiento general, el trazado corresponderá a las vías originales. En resumen los requerimientos son:

- *Construcción de nuevos desarrollos viales interurbanos:* a continuación se presentan las tres vías que requerirán una vía paralela a ellas.

  - Vía paralela a la vía Marinilla - Guarne : 2 sentidos y 3 carriles/sentido
  - Vía paralela a la vía Santuario - Marinilla: 2 sentidos y 1 carriles/sentido
  - Vía paralela a la vía Aeropuerto - Hipódromo: 2 sentidos y 3 carriles/sentido

- *Construcción de nuevos desarrollos viales urbanos:* las vías que necesitarán una disminución del flujo y para ello la construcción de una vía paralela son las siguientes.

  - Vía paralela a la salida Autopista Medellín Bogotá (Belén): 2 sentidos y 1 carriles/sentido
  - Vía paralela a la vía El Tanque - Fontibón - Postobón: 2 sentidos y 2 carriles/sentido
  - Vía paralela a la vía Aeropuerto Comando de Policía Calle 47: 2 sentidos y 2 carriles/sentido

- *Ampliación de corredores viales urbanos:* las vías que necesitan una intervención de ampliación se muestran a continuación.

  - Salida Autopista Medellín Bogotá Los Sauces: aumentar 2 carriles/sentido
  - Salida Autopista Medellín Bogotá (Marinilla): aumentar 1 carriles/sentido
  - Vía El Carmen de Viboral (La Carmina): aumentar 1 carriles/sentido
  - Vía Llanogrande Mall Guandalay: aumentar 1 carriles/sentido
  - Vía la Amalita - Vilachuaga: aumentar 1 carriles/sentido
  - Vía Aeropuerto Comando de Policía Calle 47: aumentar 2 carriles/sentido

Además de los requerimientos anteriores, será necesario continuar con el mantenimiento periódico y la conservación de la malla vial de Rionegro para garantizar a los usuarios condiciones óptimas de transitabilidad.

En cuanto a los costos generales para un kilómetro de vía de un carril, se estima que si es en asfalto (pavimento flexible), no cuesta menos de 1.297 millones de pesos (Gómez, 2016). Esos precios no incluyen los bordes de los andenes (el sardinel) ni el espacio público y están sujetos a la topografía del terreno y al tipo de vía que se vaya a construir. A continuación (figura 84) se presenta de manera general cuanto porcentaje del costo total del proyecto se podría destinar a las diferentes actividades.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 84. Porcentaje de las actividades de infraestructura vial sobre el costo total de un proyecto (J.M.Mendez, 2000).

Por otra parte al hablar de mantenimiento de la vía, el precio equivale a 561 millones de pesos por kilómetro-carril si es en asfalto (Gómez, 2016). En cuanto a la duración de un proyecto se estima que para construir una vía nueva de 34 kilómetros-carril se puede tardar hasta cuatro años, aunque sin importar el tamaño todo proyecto pasa por seis etapas: estudios de prefactibilidad, análisis preliminar, estudios de factibilidad, diseño, construcción y operación (Gómez, 2016).

Dados los precios determinados anteriormente, por km de mantenimiento y km de vía en asfalto, se determinaron los de construcción y ampliación.

Para la primera solución (mantenimiento) se deben considerar todo los km de la malla vial actual es decir 899,4 km y se deberán realizar periódicamente mantenimientos rutinarios o preventivos, periódicos o correctivos y extraordinarios o de rehabilitación debido a que es un periodo de análisis amplio y se requerirá cada uno de ellos una o varias veces; los cuales se deberán realizar cada 2 a 5 años (Unión de Concreteras S.A., 2017), para efectos generales se va a tomar un mantenimiento cada 4 años; sin embargo no se puede obtener la inversión total porque no se conoce el año de construcción de cada vía que interviene en el mantenimiento.

En cuanto a la ampliación y la construcción, a continuación se presentan los precios obtenidos de cada vía considerando que serán en asfalto (tabla 34). Además el ente encargado de orientar y definir los lineamientos de la infraestructura y priorización de los proyectos será en un principio la Alcaldía, la planeación de las obras estará a cargo de la Secretaría de Desarrollo Terrritorial y la Secretaría de Planeación y Supervisión que garantizará la calidad en el proceso de construcción en aspecto administrativo, técnico, económico y ambiental, los cuales supervisan la construcción de las vías subcontratadas con un tercero mediante licitaciones realizadas con la Secretaría de Servisios Administrativos; además la Subsecretaría de Movilidad deberá ejecutar y controlar los proyectos de acuerdo a los lineamientos de las normativas vigentes (Equipo Asesor Secretaría Servicios Administrativos de Rionegro, 2017). Las vías del casco urbano que se van a ampliar se deberán realizar a corto plazo y las que se construir a mediado plazo debido a que en la cabecera están las condiciones críticas; y en cuanto a las vías interurbanas se podrán realizar a largo plazo.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 34. Costos para cada intervención de construcción y ampliación de vías

Vía	Tipo intervención	Carriles	Longitud	Presupuesto (pesos)
Vía Marinilla - Guarne	Nueva	2	11,33	$ 12.712.260.000
Vía Santuario - Marinilla	Nueva	2	11,33	$ 12.712.260.000
Vía Aeropuerto - Hipódromo	Nueva	2	11,33	$ 12.712.260.000
Salida Autopista Medellín Bogotá (Belén)	Nueva	2	3,27	$ 3.668.940.000
Vía El Tanque - Fontibón - Postobón	Nueva	4	9,62	$ 21.587.280.000
Salida Autopista Medellín Bogotá Los Sauces	Ampliación	4	3,08	$ 6.911.520.000
Salida Autopista Medellín Bogotá (Marinilla)	Ampliación	2	4,03	$ 4.521.660.000
Vía El Carmen de Viboral (La Carmina)	Ampliación	2	3,97	$ 4.454.340.000
Vía Llanogrande Mall Guandalay	Ampliación	2	5,87	$ 6.586.140.000
Vía la Amalita - Vilachuaga	Ampliación	2	4,77	$ 5.351.940.000
Vía Aeropuerto Comando de Policia Calle 47	Nueva	4	7,84	$ 17.592.960.000
	Ampliación	4	7,84	$ 17.592.960.000

La entidad encargada es la Secretaría de Servicios Administrativos, la cual celebra anualmente un contrato con empresas subcontratadas para tal labor. El encargado de responder por el cumplimiento de la reglamentación vigente para la aprobación de los proyectos viales es la Secretaría de Planeación y Supervisión, que además deben garantizar la calidad en el proceso de sostenimiento de la infraestructura vial y por último la Subsecretaría de Movilidad encargada de planear y ejecutar los proyectos relacionados con la movilidad (Equipo Asesor Secretaría Servicios Administrativos de Rionegro, 2017).

3.3.3.2 Transporte público

Al analizar los diferentes escenarios contemplados para el transporte público fue posible establecer que a pesar de las mediadas futuras que se pretenden implementar en el municipio para la mejoría de este medio de movilidad continúan faltando 64,6 kilómetros de vías para convertir el indicador en “sostenible, buen desempeño”, por lo que se tiene como principal requerimiento aumentar la cobertura del sistema masivo (APM) en la rural del municipio en las zonas con mayor densidad poblacional, como las veredas Galicia, La Mosca, Abreo y la vereda Playa Rica-Ranchería como se muestra en la figura 85.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

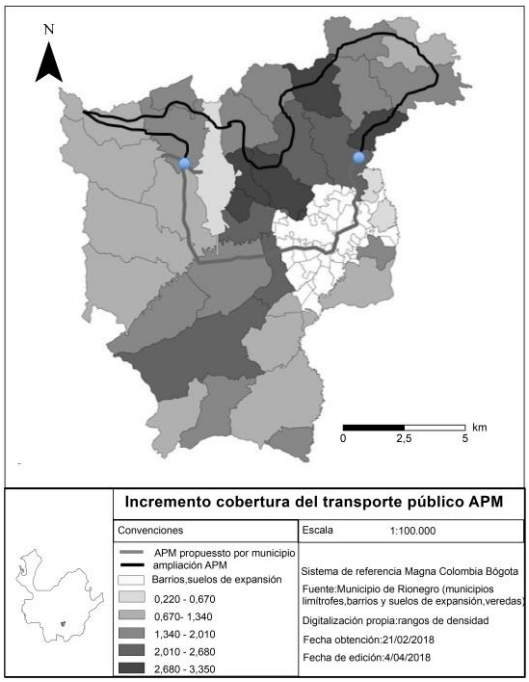

Figura 85. Incrementar cobertura del transporte público APM

Esta extensión de kilómetros requiere el máximo uso por parte de los Rionegreros para ajustar los kilómetros sostenibles y que se tenga un desempeño "sostenible", por lo que se debe incentivar el uso de este mediante campañas de socialización y brindando el mejor servicio, lo que implica la construcción de estaciones para el uso del sistema masivo y estaciones de intercambio modal, esta intervención debe estar a cargo de la Secretaría de Planeación y Supervisión, la Secretaría de Servicios Administrativos, Subsecretaría de Movilidad y empresa subcontratada que actualmente está encargada de la ejecución del diseño original (Equipo Asesor Secretaría Servicios Administrativos de Rionegro, 2017), con respecto al tiempo de ejecución debería de ser a corto plazo para cumplir con el indicador; sin embargo, al tratarse de un proyecto de tan alta envergadura se sabe que la ejecución será en un mediano plazo, para la cual se tienen destinados alrededor de 300 millones de dólares según el Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo *FONADE* (Villa, 2017).

Se deben incrementar 42,3 km al recorrido del APM, el cual contará con 19,35 km; para la estimación del presupuesto se encontró el precio por kilómetro y se obtuvo un total de $ 46.936.000.000 por kilómetro es decir que para el total de kilómetros requeridos se requiere una inversión de $ 1.985.392.800.000 de pesos (asumiendo una tasa de cambio de $ 1 USD a $ 2863,12 COP).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.3.3.3 Ciclo ruta

Según el estado en el que se encuentra el indicador para la ciclo ruta no se presentan requerimientos en cuanto a infraestructura, sin embargo es de suma importancia incentivar el uso de los kilómetros existentes dentro de todo el municipio, con el fin de optimizar las zonas de la malla vial destinadas a ello, garantizando el aprovechamiento de la infraestructura vial presente; sin embargo el municipio debe velar por el mantenimiento y la mejoría constante de los corredores viales donde se preste un buen servicio a los usuarios y se garantice la seguridad de los mismos, estas acciones podrán realizarse en el corto plazo y no requieren gran inversión debido a que la mayoría de la infraestructura ya se encuentra construida y los kilómetros a futuro ya están diseñados y listos para la ejecución, por lo que los recursos están ligados básicamente al personal que realice los procesos de mantenimiento para el cual los recursos de un kilómetro de ciclo ruta bidireccional son $ 4.066.000,00 anual (Planeación, 2017; Secretaría de Planeación Municipal de Rionegro, 2016), por lo que para el total de kilómetros de ciclo ruta de Rionegro el valor destinado para esto es alrededor de ***$ 7.849.753.324 pesos*** considerando que el mantenimiento se debe realizar cada cuatro años y que se está considerando un periodo de proyección de 70 años. Además también se deben de considerar los profesionales en el tema que realicen campañas para promover el uso de este tipo de movilidad supervisados durante el proceso por entes gubernamentales como Secretaría de Servicios Administrativos, Secretaría de Planeación y Supervisión, Subsecretaría de Movilidad y el Tránsito y transporte de Rionegro (Equipo Asesor Secretaría Servicios Administrativos de Rionegro, 2017), con el fin de tener como resultado la utilización total de los corredores continuos que faciliten el desplazamiento.

3.3.3.4 Vía peatonal

Por otra parte el indicador para las vías peatonales si requiere la construcción de nueva infraestructura, debido a que el resultado para todas las zonas analizadas fue “no sostenible, altamente problemático” con un factor menor a dos veces la longitud de las vías; un escenario futuro que no es más prometedor que el actual dado que las vías planteadas aunque destinan más área a los peatones sigue siendo limitada, por lo que se deben tomar acciones en un corto plazo para que el indicador se considere sostenible.

En conclusión se debe realizar un adecuado mantenimiento de las vías peatonales actuales y construir nuevos corredores que equivalgan a cuatro veces la longitud de las carreteras; este requerimiento debe ir enfocado principalmente al casco urbano, en zonas cercanas a parques, centros deportivos, instituciones educativas y demás lugares enfocados al esparcimiento y la recreación, teniendo porciones de espacio público en las que el peatón tenga privilegios por encima de otros medios de transporte motorizado, donde se contemple la posibilidad de ser utilizado por el mayor número de peatones como sea posible a un costo mínimo, beneficiando a todas las personas de diferentes edades y capacidades (Instituto Desarrollo Urbano Alcaldía Mayor Santa Fe de Bogotá, 2017). El presupuesto a destinar para tal labor no es cuantificable, debido a que depende del año de construcción de cada kilómetro.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La construcción de estas vías peatonales debe tener una planificación estratégica por lo que debe estar a cargo de entes gubernamentales como la Secretaría de Servicios Administrativos, Secretaría de Planeación y Supervisión, Subsecretaría de Movilidad y una empresa subcontratada (Equipo Asesor Secretaría Servicios Administrativos de Rionegro, 2017) que además de plantear los diseños supervisen la ejecución de los mismos, destinando alrededor de $193.493.061,3 por kilómetro es decir $323.365.604.150,9 para la construcción de los 1671,2 kilómetros faltantes de infraestructura peatonal como andenes, antejardines y plazoletas destinadas exclusivamente para los peatones (Alcaldía de Rionegro, 2016).

3.3.3.5 Víctimas mortales por accidentes de tránsito

Aunque las cifras actuales del indicador no evidencian condiciones críticas, se deben proponer proyectos encaminados a regular la accidentalidad y seguridad vial; como no se tiene focalizado algún problema se generan soluciones amplias del tema con el fin de que no aumenten los índices de mortalidad a causa de accidentes de tránsito.

Los soluciones engloban programas educativos e intervenciones en la infraestructura vial las cuales son:

- *Implementar programas de educación vial ciudadanas:* crear campañas de prevención para sensibilizar a la ciudadanía implementando espacios de participación como capacitaciones, encuentros, entre otros. Además instalar publicidad comunicativa sobre el tema en las vías principales. El Gobierno se encarga de generar políticas en materia de seguridad vial y los entes encargados son la Secretaría de Educación para dirigir el proceso educativo y dinamizar la integración social y la Subsecretaría de Movilidad que adelantará las campañas de educación vial y ejecutará los proyectos tendientes a permitir un desplazamiento seguro y cómodo; por otro lado la Secretaría de Desarrollo Territorial será la encargada de asesorar y coordinar los proyectos para controlar el tránsito porque deben asegurar que los ciudadanos cuenten con un sistema de movilidad y de seguridad vial adecuado (Equipo Asesor Secretaría Servicios Administrativos de Rionegro, 2017). Además los programas se deberán realizar periódicamente.

- *Cumplimiento y efectividad de las leyes de tránsito:* se busca garantizar el cumplimiento de las normativas de tránsito por parte de los usuarios. La Secretaría de Gobierno y Tránsito a través de los Agentes de Tránsito, funcionarios de espacio público y la Policía Nacional será la encargada de hacer cumplir las sanciones según las leyes de tránsito. Igualmente la Subsecretaría de Movilidad deberá coordinar estrategias para dar cumplimiento a las leyes, normas y decretos expedidos por el Gobierno Nacional o Departamental con el fin de garantizar el ordenamiento y control del tránsito (Equipo Asesor Secretaría Servicios Administrativos de Rionegro, 2017). Este requerimiento se debe realizar durante todo el plan de implementación y no tiene costo puesto que esta incluido dentro de las funciones de los entes mencionados.

- *Actualizar señalización vial:* con el fin de regular y canalizar el tránsito de los

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

diferentes actores viales se debe renovar la señalización horizontal y vertical de las vías, la primera estancia para definir que los ciudadanos tengan un sistema de movilidad y seguridad adecuado es la Secretaría de Desarrollo Territorial, luego la Subsecretaría de Movilidad propondrá y ejecutará los planes de señalización vial para beneficio de los usuarios y por último la Subsecretaria de Equipamiento Público será la encargada de la conservación y recuperación de la infraestructura vial (Equipo Asesor Secretaría Servicios Administrativos de Rionegro, 2017). La actualización de la señalización vial se debe realizar periódicamente en todo el municipio de Rionegro.

- *Instalar sistemas tecnológicos:* para la vigilancia y control de la operación del tráfico se hará uso intensivo de sistemas informáticos en la gestión del tráfico con el fin de permitir: la regulación de los accesos, captura de datos y detección de variables determinantes para el control de la vía y de la demanda (Seguí Pons & Martinez Reynés, 2004). Los entes encargados de esta actividad serán primero la Subsecretaría de Movilidad que presentará y ejecutará el proyecto, la Subsecretaría de Planeación y Supervisión encargada del sostenimiento y calidad del plan y la Subsecretaría de Movilidad que velará por el control.

3.3.3.6 Automóviles y motos per cápita

Como los indicadores de automóviles y motos de uso personal per cápita no se obtuvieron a mediano plazo (20 años); se deben brindar soluciones basados en las cifras de los indicadores actuales donde se determinó que para el primer modo se calificaba como "sostenible" y para el segundo "no sostenible, altamente problemático". Basado en la cifra de las motos, la cual es mucho mayor al rango sostenible y como las dos cantidades irán en aumento se proponen iniciativas con el fin mitigar el uso de transporte privado.

Las soluciones son:

- *Promover el uso racional de combustibles alternativos:* se busca generar conciencia en la ciudadanía con el fin de mitigar los impactos negativos en el medio ambiente, es decir que a pesar de que incremente el parque automotor estos serán más sostenibles por el uso de combustibles derivados de otra fuentes diferentes al petróleo. La iniciativa incluye la instalación de puntos de recarga y políticas de promoción dadas las ventajas principales de su uso consumo y ahorro; los entes encargados son el Gobierno que se encarga de generar políticas sostenibles, la Secretaría de Educación para dirigir el proceso educativo y dinamizar la integración social y la Subsecretaría de Movilidad que adelantará las campañas de educación sostenible y ejecutará los proyectos tendientes a permitir la iniciativa (Equipo Asesor Secretaría Servicios Administrativos de Rionegro, 2017).

- *Privilegiar a los usuarios de medios alternativos mediante normativa vial:* se busca promocionar alternativas de transporte privilegiando medios sostenibles en el precio. Dado que la cantidad de motos es determinante se puede disminuir el aumento si en los peajes de la zona (peaje Santa Elena y peaje variante las

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Palmas) implementan un costo a los motociclistas, es decir a todos los actores del parque automotor. Además el costo de transporte público tendrá un menor costo y las personas preferirán estos medios de transporte sobre el transporte privado. El personal encargado será el Gobierno y Subsecretaría de Movilidad que fija las tarifas de transporte urbano y rural y la Subsecretaría de Servicios Públicos que vigila las estructuras tarifarias (Equipo Asesor Secretaría Servicios Administrativos de Rionegro, 2017). Además los programas se deberán realizar de manera continua.

3.4 DESARROLLO DEL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

En las siguientes tablas se presenta el plan de implementación para los requerimientos de Rionegro definidos en el ítem anterior (3.3.).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 35. Plan de implementación de requerimientos generales

Indicador de referencia	Objetivos	Descripción	Meta	Tiempo	Lugar	Responsable	Presupuesto (millones de pesos)	Evaluación de resultados
General	Planificación estratégica del ordenamiento territorial	Cumplimiento del POT	100%	Continuo	Municipio	Alcaldía, Secretaría de Desarrollo Terrritorial, Secretaría de Planeación y Supervisión, Secretaría de hacienda	No cuantificable	Según POT
	Generar una movilidad sostenible	Fomentar la pirámide de la movilidad estableciendo al peatón como eje central	No cuantificable	Mediano plazo	Municipio	Alcaldía, Secretaría de Desarrollo Terrritorial, Secretaría de Planeación y Supervisión,Subsecretaría de Movilidad y Secretaría de Educación	No cuantificable	No cuantificable
	Construcción de estaciones de intercambio modal	Inmuebles destinados al intercambio de pasajeros entre distindos modos de transporte	13 un	Mediano plazo	Municipio	Secretaría de Planeación y Supervisión,Secretaría de Servicios Administrativos, Subsecretaría de Movilidad y empresa subcontratada	No cuantificable	Unidades construidas
	Incentivar el uso de transporte no motorizado	Disminuir el uso de vehiculos particulares, fomentando el uso de transportes no conevencionales.	No cuantificable	Corto plazo	Municipio	Gobiermo, Subsecretaría de Movilidad y Secretaría de Educación	No cuantificable	No cuantificable

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 36. Plan de implementación de requerimientos viales

Indicador de referencia	Objetivos	Descripción	Meta	Tiempo	Lugar	Responsable	Presupuesto (millones de pesos)	Evaluación de resultados
Vial	Construir nuevos desarrollos viales interurbanos	Vía paralela a la vía Marinilla - Guarne	Ejecutar 11,33 km de vía	Largo plazo	Zona rural	Alcaldía, Secretaría de Desarrollo Terrritorial, Secretaría de Planeación y Supervisión, Secretaría de Servicios Administrativos, Subsecretaría de Movilidad y empresas subcontratadas	$ 12.712.260.000	Kilómetros de vía construidos en zona rural
		Vía paralela a la vía Santuario - Marinilla	Ejecutar 11,33 km de vía				$ 12.712.260.000	
		Vía paralela a la vía Aeropuerto - Hipódromo	Ejecutar 11,33 km de vía				$ 12.712.260.000	
	Construir nuevos desarrollos viales urbanos	Vía paralela a la sálida Autopista Medellín Bogotá (Belén)	Ejecutar 3,27 km de vía	Mediano plazo	Zona urbana		$ 3.668.940.000	Kilómetros de vía construidos en zona urbana
		Vía paralela a la vía El Tanque - Fontibón - Postobón	Ejecutar 9,62 km de vía				$ 21.587.280.000	
		Vía paralela a la vía Aeropuerto Comando de Policia Calle 47	Ejecutar 7,84 km de vía				$ 17.592.960.000	
	Ampliación de corredores viales urbanos	Salida Autopista Medellín Bogotá Los Sauces	Ejecutar 3,08 km de vía	Corto plazo	Zona urbana		$ 6.911.520.000	Kilómetros de vía construidos en vías existentes en zona urbana
		Salida Autopista Medellín Bogotá (Marinilla)	Ejecutar 4,03 km de vía				$ 4.521.660.000	
		Vía El Carmen de Viboral (La Carmina)	Ejecutar 3,97 km de vía				$ 4.454.340.000	
		Vía Llanogrande Mall Guandalay	Ejecutar 5,87 km de vía				$ 6.586.140.000	
		Vía la Amalita - Vilachuaga	Ejecutar 4,77 km de vía				$ 5.351.940.000	
		Vía Aeropuerto Comando de Policia Calle 47	Ejecutar 7,84 km de vía				$ 17.592.960.000	
	Mantenimiento y conservación de la malla vial	Proporcionar corredores viales que garanticen la movilidad	100%	Cada 4 años	Municipio	Secretaría de Servicios Administrativos, Secretaría de Planeación y Supervisión, Subsecretaría de Movilidad y empresa subcontratada	No cuantificable	Porcentaje de vías mantenidas por el estado

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 37. Plan de implementación de requerimientos de transporte público y ciclorruta

Indicador de referencia	Objetivos	Descripción	Meta	Tiempo	Lugar	Responsable	Presupuesto (millones de pesos)	Evaluación de resultados
Transporte público	Aumentar cobertura de transporte público	Exender la longitud de los kilometros de via del transporte masivo APM	42,3 km	Mediano plazo	Zona rural	Secretaría de Planeación y Supervisión,Secretaría de Servicios Administrativos, Subsecretaría de Movilidad y empresa subcontratada	$ 1.985.392.800.000	Kilómetros construidas
	Construcción de estaciones para el transporte público	Situar estaciones de interconeccion en estaciones del APM	13 und	Largo plazo	Municipio		No cuantificable	Unidades construidas
	Fomentar el uso del tranporte público	Garantizar condiciones seguras y de buena operación para aumentar la demanda del sistema	No cuantificable	Corto plazo	Municipio	Gobiermo, Subsecretaría de Movilidad y Secretaría de Educación	No cuantificable	No cuantificable
Ciclorruta	Mantenimiento y conservación de ciclorrutas	Conformar corredores continuos que faciliten el desplazamiento de ciclistas	100%	Cada 4 años	Municipio	Secretaría de Servicios Administrativos, Secretaría de Planeación y Supervisión, Subsecretaría de Movilidad y empresa subcontratada	$ 7.849.753.324	Porcentaje de kilómetros de ciclo ruta mantenidas por el estado
	Motivar el uso de ciclorrutas existentes	Garantizar la comodida y seguridad de los usuarios del transporte masivo para aumentar el uso del mismo.	No cuantificable	Corto plazo	Municipio	Gobiermo, Subsecretaría de Movilidad y Secretaría de Educación	No cuantificable	Porcentaje alcanzado (total de vias /total de usuarios)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 38. Plan de implementación de requerimientos peatonales y cantidad de parque automotor

Indicador de referencia	Objetivos	Descripción	Meta	Tiempo	Lugar	Responsable	Presupuesto (millones de pesos)	Evaluación de resultados
Peatonal	Mantenimiento y conservación de andenes y senderos peatonales	Conformar corredores continuos que faciliten el desplazamiento peatonal	No cuantificable	Cada 4 años	Municipio	Secretaría de Servicios Administrativos, Secretaría de Planeación y Supervisión, Subsecretaría de Movilidad y empresa subcontratada	No cuantificable	No cuantificable
	Construcción de andenes y senderos peatonales	Conformar corredores continuos que faciliten el desplazamiento peatonal	1671,2 km	Corto plazo	Municipio	Secretaría de Planeación y Supervisión,Secretaría de Servicios Administrativos, Subsecretaría de Movilidad y empresa subcontratada	$ 323.365.604.151	Kilómetros de vía peatonal construidos
Cantidad de vehículos y motos	Promover el uso racional de combustibles alternativos	Crear conciencia en el usos de fuentes alternasal petróleo	No cuantificable	Continuo	Municipio	Gobierno, Secretaría de Educación y Subsecretaría de Movilidad	No cuantificable	No cuantificable
	Privilegiar a los usuarios de medios alternativos mediante normativa vial	Promocionar alternativas de transporte privilegiando medios sostenibles	No cuantificable	Continuo	Municipio	Gobierno y Subsecretaría de Movilidad	No cuantificable	No cuantificable

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 39. Plan de implementación de requerimientos de accidentalidad

Indicador de referencia	Objetivos	Descripción	Meta	Tiempo	Lugar	Responsable	Presupuesto (millones de pesos)	Evaluación de resultados
Accidentalidad	Implementación de programas de educación vial ciudadana	Concientizar a los ciudadanos sobre la seguridad vial	No cuantificable	Periódicamente	Municipio	Gobierno, Secretaría de Educación, Subsecetaría de Movilidad y Secretará de Desarrollo Territorial	No cuantificado	No cuantificable
	Vigilar el cumplimiento y efectividad de las leyes de tránsito	Supervisar labores de entes encargados	100%	Continuo	Municipio	Secretaróa de Gobierno y Tránsito y la Subsecretaría de Movilidad	No cuantificable	Según leyes de tránsito
	Actualización de la señalización vial del municipio	Regular el tránsito de los actores viales	No cuantificable	Periódicamente	Municipio	Secretaría de Desarrollo territorial, Subsecretaría de Movilidad y Subsecretaría de Equipamiento Público	No cuantificable	No cuantificable
	Implementar sistemas tecnológicos de vigilancia y control de la operación del tráfico	Gestión del tráfico	No cuantificable	Continuo	Municipio	Subsecretaría de Movilidad, Subsecretaría de Planeación y Supervisión y la Subsecretaría de Movilidad	No cuantificable	No cuantificable

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

4 CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Con el fin de establecer los requerimientos de los indicadores se examinó la información existente sobre la movilidad y se digitalizó la información faltante; se concluye que la densidad poblacional con la cual se estimaron los indicadores tenía valores errados. Al determinar las densidades, se pudo encontrar que en el 90% del área del municipio, los valores estimados son mayores que los de la densidad de la oficina de Planeación. Al comparar las estimaciones con las indicadas en el POT se encontró que en el 50% del área los datos estimados son mayores. Además, en el 40% del área las densidades de Planeación exceden la densidad del POT. Lo que implica que el municipio está realizando el ordenamiento territorial con una población menor a la existente. Las cifras de densidad evidencian un modelo de crecimiento disperso. En la zona urbana la expansión, aunque es controlada, ocurre de manera horizontal (suelos de expansión) y no se aprovecha al 100% la cabecera, los espacios interurbanos son subutilizados y pueden redensificarse por desarrollo vertical, con el fin de obtener las densidades del POT y tener un modelo de crecimiento compacto.

Con la metodología BID para la estimación de los indicadores de desempeño se identificó que los valores estipulados dentro del Plan Vial asemejan un territorio homogéneo; sin embargo, al evaluar los indicadores de la dimensión de sostenibilidad urbana, dependientes de la densidad para cada división político-administrativa se pudo evidenciar la divergencia de los valores obtenidos, los cuales connotan un comportamiento heterogéneo. Sumado a ello, los indicadores fueron diseñados para la zona urbana que tiene un crecimiento compacto, por lo que al analizar el territorio en conjunto con la zona rural no se obtienen cifras representativas del municipio. En el caso del indicador de kilómetros de vías, el Plan Vial lo clasificó como “sostenible” y en el presente trabajo se encontró que apenas el 33% del área se clasificó en dicho rango con la densidad del POT, el 3,4% del área con la densidad estimada y el 4,6% del área con la de Planeación. Por otro lado, los indicadores de transporte público y de vía peatonal obtuvieron la misma clasificación en los dos análisis; mientras que el indicador de ciclo ruta difiere debido a que para los valores del Plan Vial se consideraron los carriles exclusivos y los estimados tuvieron en cuenta kilómetros en vía pública (según el BID). Finalmente, los indicadores asociados al transporte seguro en ambos análisis se encontraron en la misma clasificación.

Se utilizaron dos metodologías para la determinación de requerimientos de infraestructura vial y transporte público. Se requirió el empleo de una metodología alterna a la del BID debido a que la primera se basa en la sostenibilidad y emplea la densidad, es decir la población que habita en el territorio y no la que se desplaza por las vías en cuestión. Por lo que la metodología de la capacidad y nivel de servicio considera la cantidad de viajes, como afectan ellos al desempeño de las vías y lo que perciben los usuarios; así mismo, fue posible establecer que actualmente las vías del límite urbano presentan condiciones más críticas que las municipales, en el primer análisis el 85,7% de las vías se encuentran en saturación (han superado la capacidad de diseño) y en el segundo ninguna lo hace;

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

panorama que no mejora en el futuro porque el flujo aumentará en 70 años y se demandará infraestructura, por lo que se requieren intervenciones de ampliación y construcción de vías nuevas; es necesario controlar la tasa de crecimiento anual del tráfico limitándolo a los valores obtenidos en el presente trabajo, debido a que si se continua con la cifra actual en menos de 20 años las vías municipales superarán la oferta (capacidad de diseño) y 10 años para las vías del casco urbano. Lo anterior fue aplicado al caso de kilómetros viales, en cuanto a los otros indicadores se pudo determinar que las condiciones de transporte público son desfavorables y se debe aumentar 3,3 veces la cantidad de kilómetros diseñados, las unidades de kilómetros de ciclo ruta se encuentran por encima de la demanda en 20 años para su sostenibilidad que es 3 veces menor a las cantidades actuales. Para los kilómetros peatonales se requiere pasar de 1,67 veces la longitud de la malla vial a 4 veces para su sostenibilidad, donde se requiere destinar espacios exclusivos para tal fin y las cifras del parque automotor y de accidentalidad aunque no se pueden proyectar se pueden controlar.

Con los requerimientos y las condiciones críticas, se procedió a proponer un plan de implementación de los elementos que requiere la movilidad de Rionegro para los próximos 70 años, donde se busca que la movilidad en el periodo de análisis sea sostenible y que las vías puedan cumplir con la demanda proyectada. Se propusieron programas para cada uno de los resultados obtenidos de los indicadores, considerando los objetivos con su descripción, una meta, el tiempo, el lugar, los responsables, el presupuesto y la evaluación de resultados. Para el indicador vial se requiere la ampliación de 29,56 km de vías y la construcción de 54,72 km de vías nuevas. Por su parte, en el indicador de ciclo ruta se encontró que es necesario fomentar el uso de la malla vial existente; en cuanto al transporte público se estableció que la cantidad de kilómetros diseñados por el municipio no satisface los requerimientos del BID para considerarlo de buen desempeño y se debe aumentar su recorrido 42,3 km, así mismo ocurre con los kilómetros de vía peatonal, lo que implica que para ambos indicadores es necesario la construcción de infraestructura para estos fines. Los requerimientos en cuanto al parque automotor y a la accidentalidad van ligados a una conciencia ciudadana en la que la comunidad debe ser consiente del uso de las vías y los vehículos que en ella transitan, el primero enfocado a un uso racional donde se emplean modos de transporte no motorizados y el segundo al buen uso de las vías. Finalmente, al considerar tres tipos de requerimientos acciones elementales, estratégicas y de infraestructura, el presupuesto solo se pudo establecer para las del último tipo y se debe destinar un total de *$ 2.443.012.677.475 COP*.

Por último se concluye, que para la estimación de las necesidades de equipamientos para la movilidad de Rionegro no se puede emplear una sola metodología de análisis (BID) sino que se debe complementar con una alterna como lo fue la metodología de la capacidad. Es primordial que el municipio encamine sus proyectos con base en cifras verídicas y confiables, ya que se evidenció la notable diferencia en la densidad estimada y las oficiales del municipio (oficina de Planeación y POT), por lo que no se tiene una planeación estratégica. Con el fin de buscar la sostenibilidad, se debe orientar la densificación en un modelo compacto del tejido urbano que permita la integración socio espacial y a su vez optimas condiciones de habitabilidad que se traducen en mejoras de la movilidad. El transporte público brindaría mayor cobertura, los medios no motorizados

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

tendrían un gran apogeo desincentivando el uso del vehículo particular, así mismo se tendría una densidad vial menor con una mejor calidad.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

5 REFERENCIAS

Aburrá, Á. M. (2009). *Plan Maestro de Movilidad.* Obtenido de http://www.metropol.gov.co/Movilidad/Documents/Plan%20Maestro%20de%20Movilidad.pdf

Alcaldía de Rionegro. (2011). *Documento Resumen Revisión POT del municipio de Rionegro (Acuerdo 056 de 2011) Modificación Excepcional de Normas Urbanísticas.* Recuperado el 07 de 11 de 2017, de http://www.rionegro.gov.co/SiteAssets/Paginas/plan-de-ordenamiento-territorial/Documento%20Resumen%20Revisi%C3%B3n%20POT%20del%20municipio%20de%20Rionegro.pdf

Alcaldía de Rionegro. (2016). *Alcaldía de Rionegro.* Recuperado el 02 de Diciembre de 2017, de http://www.rionegro.gov.co/Transparencia/ControlyRendiciondeCuentas/Informe%20Secretar%C3%ADa%20de%20Planeaci%C3%B3n.pdf

Alcaldía de Rionegro. (2016). *Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019.* Recuperado el 01 de Diciembre de 2017, de http://www.rionegro.gov.co/Documents/Plan%20de%20Desarrollo%202016-2019.pdf

Alcaldía de Rionegro. (2017). *Bici-Río*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2017, de http://bicirio.gov.co/site/tag/bici-rio/

Alcaldía Rionegro. (2017). *Memoria Justificativa Revisión POT del Municipio de Rionegro.* Recuperado el 03 de Diciembre de 2017, de http://www.rionegro.gov.co/SiteAssets/Paginas/plan-de-ordenamiento-territorial/Presentaci%C3%B3n%20Resumen_RAPOT.pdf

ArcGIS. (2016). *ESRI*. Recuperado el 05 de Diciembre de 2017, de http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/map/working-with-layers/a-quick-tour-of-map-layers.htm

ArcGIS. (2016). *ESRI*. Recuperado el 05 de Diciembre de 2017, de http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/main/analyze/what-is-geoprocessing.htm

ArcGIS. (2017). *ArcGis Resources*. Recuperado el 04 de Diciembre de 2017, de http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000004000000.htm

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2017). *BID*. Recuperado el 09 de Diciembre de 2017, de http://www.iadb.org/es/acerca-de-nosotros/acerca-del-banco-interamericano-de-desarrollo,5995.html

Banco Interamericano de Desarrollo, B. (2013). *BID.* Obtenido de Anexo 2 Indicadores de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles-Guía metodológica: https://www.dropbox.com/s/nf1l5w3dhehmic9/Anexo%202%20-%20Indicadores%20ICES.pdf

Cat Med. (2017). *Cat Med Platform for Sustainable Urban Models*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2017, de http://www.catmed.eu/dic/es/47/densidad-de-poblacion

CEPAL . (15 de Mayo de 2017). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe.* Recuperado el 04 de Diciembre de 2017, de https://www.cepal.org/es/noticias/inversion-infraestructura-paises-america-latina-caribe-se-mantiene-debajo-necesidades-la

CEPAL División de Recursos Naturales e Infraestructura. (2004). *CEPAL.* Recuperado el 04 de Diciembre de 2017, de https://www.cepal.org/es/publicaciones/6441-desarrollo-infraestructura-crecimiento-economico-revision-conceptual

Concejo de Rionegro. (2008). *Alcaldía de Rionegro.* Recuperado el 04 de Diciembre de 2017, de http://www.rionegro.gov.co/Transparencia/Normatividad/Acuerdo%20N%C2%B0%20056%20de%202011.pdf

Concejo de Rionegro. (25 de Enero de 2018). Recuperado el 15 de Abril de 2018, de http://www.rionegro.gov.co/SiteAssets/Paginas/plan-de-ordenamiento-territorial/POT%202018.pdf

Congreso de Colombia - Ministerio de Transporte. (22 de Noviembre de 2013). *Ley 1682 de 2013.* Recuperado el 05 de Diciembre de 2017, de https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=13089

Consultores, A. (2016). *Alteco consultores*. Obtenido de https://www.aiteco.com/matriz-de-priorizacion/

Corte Constitucional de la República de Colombia. (06 de Enero de 2011). Recuperado el 22 de Abril de 2018, de http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=41203

DANE. (1985). *Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas.* Recuperado el 02 de Diciembre de 2011, de https://formularios.dane.gov.co/Anda_4_1/index.php/catalog/115/.../1492

DANE. (1993). *Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas.* Recuperado el 03 de Diciembre de 2017, de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/.../poblacion_colombia.XLS

DANE. (2005). *Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas.* Recuperado el 04 de Diciembre de 2017, de https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/05615T7T000.PDF

DANE. (2017). *DANE*. Recuperado el 02 de Diciembre de 2017, de Conceptos Básicos: https://www.dane.gov.co/files/inf_geo/4Ge_ConceptosBasicos.pdf

DANE. (2017). *Population City*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2017, de http://poblacion.population.city/colombia/rionegro/

Desarrollo, F. F. (Noviembre de 2017). *FONADE*. Obtenido de http://www.fonade.gov.co/portal/page/portal/WebSite/Fonade/ConsultasContratacion

Díaz, J. P. (2007). *Apuntes de Demografía*. Recuperado el 02 de Diciembre de 2017, de https://apuntesdedemografia.com/curso-de-demografia/que-es-poblacion-en-demografia/

Dip, P. (09 de Agosto de 2009). *Tecnología e informática*. Recuperado el 05 de Diciembre de 2017, de http://latecnologiavirtual.blogspot.com.co/2009/08/digitalizacion.html

Equipo Asesor Secretaría Servicios Administrativos de Rionegro. (17 de Mayo de 2017). Recuperado el 12 de Mayo de 2018, de http://www.rionegro.gov.co/NuestraAlcaldia/Documents/MANUAL%20DE%20FUNCIONES%202017-05-V7%20pdf.pdf

Findeter. (2017). *Findeter.* Obtenido de https://www.findeter.gov.co/loader.php?lServicio=FAQ&lFuncion=viewPreguntas&id=19

Gobierno Nacional de Colombia. (1 de Noviembre de 2017). Recuperado el 27 de Febrero de 2018, de https://www.datos.gov.co/Transporte/Accidentes-Transito-Rionegro/9u6p-pfdu

Gómez Gil, D., & Valencia Montoya, D. (2017). *Análisis estratégico para el ordenamiento territorial del muncipio de Rionegro, Antioquia.* Trabajo de grado, Universidad Escuela de Ingenieria de Antioquia, Antioquia, Envigado.

Gómez, J. M. (2017). *Capacidad vial y niveles de servicio.* Curso de tránsito y transporte, Universidad Escuela de Ingeniería de Antioquia, Ingeniería Civil, Medellín.

Gomez, J. M. (2017). Planeación del transporte urbano de pasajeros. Envigado, Colombia.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Gómez, Y. (2016). *Periodico EL TIEMPO*. Obtenido de http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12631375

Instituto Desarrollo Urbano Alcaldía Mayor Santa Fe de Bogotá. (2017). Recuperado el 05 de Mayo de 2018, de http://www.pactodeproductividad.com/pdf/guiageneralsobreaccesibilidad.pdf

J.M.Mendez. (2000). Obtenido de Direccion general de Tráfico : http://www.dgt.es/revista/archivo/pdf/num145-2000Carreteras.pdf

Mejía, A. M. (25 de Marzo de 2018). Rionegro lanza nuevo plan vial. *Actualidad Política.* (O. Morales, Entrevistador) Telemedellín. Telemedellín Radio, Rionegro.

Mi Oriente Noticias. (27 de Enero de 2017). *Mi Oriente*. Recuperado el 02 de Diciembre de 2017, de http://mioriente.com/altiplano/rionegro/rionegro-socializo-plan-vial.html

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2017). *Resolución 0330 de 2017.* Bogotá, D. C.

Ministerio de Cultura República de Colombia. (2018). *Ministerio de Cultura.* Recuperado el 10 de Abril de 2018, de http://www.sedbolivar.gov.co/archivos/Normatividad/Avisos/2010/Guia%20plan%20de%20accion.pdf

Ministerio de Transporte - Instituto Nacional de Vías. (2008). Recuperado el 1 de Mayo de 2018, de https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file

Municipios Asociados Altiplano Oriente Antioqueño, & Alcaldía de Rionegro. (2016). *Rionegro proyecto Plan Vial.* Proyecto, Rionegro.

Ospina Botero, D. (1981). Recuperado el 04 de Diciembre de 2017, de http://www.bdigital.unal.edu.co/15205/1/9803-17385-1-PB.pdf

Planeación, D. N. (Febrero de 2017). *Construcción de cicloinfraestructura y servicios complementarios.* Recuperado el 6 de Mayo de 2018, de https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/cicloinfraestructura/PTCIcloinfraestructura.pdf

Posada Posada, M. I. (Enero de 2015). Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. Medellín, Colombia.

Possú, M. A. (2014). *Biblioteca digital univalle.* Obtenido de Análisis de capacidd y nivel de servicio del corredor vial Cali- Jamundí: http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/8006/1/CB-0495135.pdf

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Quintero, E. (23 de Febrero de 2018). Información general de proyectos viales de Rionegro. (L. F. Porras, & D. Ramírez, Entrevistadores) Rionegro, Colombia.

Sanchez Sabogal, F. (2018). Recuperado el 01 de Mayo de 2018, de http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%204.pdf

Secretaría de Infraestructura de Rionegro. (2016). *Rionegro*. Recuperado el 12 de Abril de 2018, de http://www.rionegro.gov.co/Conectividad/RendiciondeCuentas/7_%20Secretar%C3%ADa%20de%20Infraestructura.pdf

Secretaría de Infraestructura Gobernación de Antioquia. (04 de Diciembre de 2014). Recuperado el 01 de Diciembre de 2017, de http://secretariainfraestructura.antioquia.gov.co/descargas/PlanesRedInfraestructuraTransporteAntioquia/Escenarios2030%201.PlanInfraestructuraTransporteAntioquia/1.2%20Informes_capitulo_Oriente/1.%20Plan_Antioquia_Oriente_Informe.pdf

Secretaría de Planeación Alcaldía de Rionegro. (30 de Julio de 2008). *Alcaldía de Rionegro.* Recuperado el 21 de Abril de 2018, de http://www.rionegro.gov.co/Transparencia/Normatividad/Decreto%20N%C2%B0%20110%20de%202008.pdf

Secretaría de Planeación Municipal de Rionegro. (Noviembre de 2016). Recuperado el 05 de Mayo de 2018, de http://www.rionegro.gov.co/Documents/Anuario-estadistico-2016.pdf

Seguí Pons, J. M., & Martinez Reynés, M. R. (01 de Agosto de 2004). Recuperado el 10 de Mayo de 2018, de http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-170-60.htm

Segura, R. (Abril de 2017). Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/pdf/recs/n21/2011-0324-recs-21-00015.pdf

Sepúlveda, H. O. (2012). Recuperado el 02 de Diciembre de 2017, de http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/rionegroantioquiapd2012-2015.pdf

SIELOCAL. (2012). *SIELOCAL Transparencia Económica*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2017, de http://www.sielocal.com/informe/565/Densidad-de-poblaci%C3%B3n

Steer Davies Gleave. (2016). *Estudios de movilidad para el Oriente Antioqueño.* Anexo, Rionegro.

Subsecretaria de Movilidad de Rionegro. (2017). *Anuario Estadístico Rionegro 2017.* Rionegro.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Subsecretaria de Movilidad de Rionegro. (s.f.). *Accidentes 2016 y 2017.* Registro de accidentes, Rionegro.

Transportation Research Board, T. (2000). *Highway Capacity Manual.* Estados Unidos de Norte America.

Unión de Concreteras S.A. (2017). Recuperado el 11 de Mayo de 2018, de http://www.unicon.com.pe/repositorioaps/0/0/jer/pavitipopv/TIPOS%20DE%20PAVIMENTO.pdf

Universidad Católica de Oriente, Alcaldía de Rionegro & Cámara Colombiana Construcción Regional Antioquia. (2016). *Plan Vial.* Plan Municipal, Centro de estudios territoriales UCO, Rionegro.

Universidad Católica de Oriente, Cámara Colombiana de la Construcción, & Alcaldía de Rionegro. (2016). *Alcaldía de Rionegro.* Recuperado el 01 de Diciembre de 2017, de http://www.rionegro.gov.co/Transparencia/BancoDocumentos/Presentaci%C3%B3n%20Plan%20Vial%202017.pdf

Universidad Cátolica de Santiago de Guayaquil. (2015). *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2017, de http://www.outucsg.com/observatorio/indicadores/densidad-de-viviendas-por-hect%C3%A1rea

Vías, I. N. (2012). *Especificaciones generales de Construcción de Carreteras.* Bogota : Invias.

Villa, C. T. (Noviembre de 2017). *El Colombiano*. Obtenido de http://www.elcolombiano.com/antioquia/movilidad/en-rionegro-tendrian-tren-ligero-elevado-antes-de-finalizar-el-2019-BD6467003

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

6 ANEXOS

ANEXO 1: densidad habitacional planteada en el POT

Tabla 40. Densidad habitacional en zona rural

Uso	Articulo	Densidad (Viv/Ha)
Aprovechamientos urbanísticos en el suelo rural de desarrollo restringido	338	4
		NA
		30
		20
		20
		10
		3
Aprovechamientos urbanísticos y área mínima de predio en las categorías de protección en suelo rural	339	NA
		1
Corredores viales suburbanos	336	12
Condominios campesinos	337	4

Fuente: (Concejo de Rionegro, 2018)

Tabla 41. Densidad habitacional en zona urbana y suelos de expansión

Uso	Clase	Articulo	Densidad (Viv/Ha)
Aprovechamientos en polígonos con tratamiento de consolidación	Consolidación 1 (CN1)	136	Los aprovechamientos son los aprobados en la licencia de urbanización
	Consolidación 3 (CN3)	136	70 - 120
Aprovechamientos en zonas con tratamiento de desarrollo	Tratamiento suelo urbano	137	60 - 120
	Tratamiento suelo de expansión	137	60 - 120
Aprovechamientos en los polígonos con tratamiento de renovación en la modalidad de redesarrollo		138	60 - 120
Aprovechamientos en poligonos con tratamiento de mejoramiento integral		141	90 - 150
Porcentaje de cesiones urbanísticas obligatorias	Cesión tipo B	143	60 - 120

Fuente: (Concejo de Rionegro, 2018)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 2: Coordenadas X,Y de puntos de análisis para asignación de valores para vía peatonal

Tabla 42. Coordenadas X,Y para el municipio

Aleatorio	X	Y	Valor	Aleatorio	X	Y	Valor
0	851099	1164569	0	14	847463	1175088	0
1	848147	1165629	0	15	857902	1176609	0
2	848749	1165905	0	16	846550	1176618	0
3	852061	1168817	2	17	852172	1176645	0
4	848863	1170439	0	18	847237	1176827	0
5	855498	1170469	2	19	845233	1176838	0
6	857800	1171269	0	20	851602	1176956	0
7	846757	1172272	0	21	856920	1177601	0
8	852948	1172292	0,5	22	849180	1177655	0
9	858322	1172334	1	23	849582	1177667	0
10	847289	1172780	0	24	849041	1177869	0
11	847772	1173201	0	25	851536	1177898	0
12	850683	1173279	0,5	26	860410	1178647	0
13	848072	1173336	0	27	856021	1180342	0
Valor promedio en el Municipio					**0,214**		

Tabla 43. Asignación de valores para vía peatonal de veredas

Aleatorio	X	Y	Valor	Aleatorio	X	Y	Valor
0	851099	1164569	0	*17*	852172	1176645	0
1	848147	1165629	0	*18*	847237	1176827	0
2	848749	1165905	0	*19*	845233	1176838	0
4	848863	1170439	0	*20*	851602	1176956	0
6	857800	1171269	0	*21*	856920	1177601	0
7	846757	1172272	0	*22*	849180	1177655	0
10	847289	1172780	0	*23*	849582	1177667	0
11	847772	1173201	0	*24*	849041	1177869	0
13	848072	1173336	0	*25*	851536	1177898	0
14	847463	1175088	0	*26*	860410	1178647	0
15	857902	1176609	0	*27*	856021	1180342	0
16	846550	1176618	0	***Valor promedio en veredas***			**0**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 44. Coordenadas X,Y para la zona urbana

Aleatorio	X	Y	Aleatorio	X	Y	Aleatorio	X	Y
1	858809	1171890	22	859011	1170522	43	857802	1169677
2	857492	1169971	23	856568	1173201	44	856447	1169678
3	856880	1172168	24	857835	1169895	45	856761	1170424
4	856104	1171343	25	854441	1169096	46	858887	1170100
5	856971	1174159	26	859355	1172286	47	854604	1172685
6	854969	1173278	27	856534	1172650	48	857194	1175183
7	853193	1171108	28	857169	1174366	49	855408	1173291
8	854899	1169689	29	856428	1170414	50	854216	1172047
9	855988	1170172	30	855447	1172979	51	857354	1174156
10	857263	1174831	31	855007	1172280	52	854029	1172904
11	854365	1170604	32	855876	1168501	53	857509	1174723
12	854677	1171821	33	853964	1170343	54	856016	1172086
13	854855	1171961	34	855206	1169970	55	856629	1174718
14	856824	1172343	35	853169	1171740	56	855839	1167947
15	858731	1170703	36	858901	1172096	57	854650	1170621
16	857302	1172644	37	855082	1168636	58	859480	1171845
17	858404	1170085	38	854775	1169828	59	856841	1169663
18	854790	1172955	39	857606	1173305	60	855377	1171461
19	857303	1175089	40	856936	1168387	61	855749	1174223
20	855669	1170431	41	855276	1169591			
21	857102	1170652	42	858671	1170041			

Tabla 45. Asignación de valores para vía peatonal de zonas de expansión

Aleatorio	X	Y	Valor	Aleatorio	X	Y	Valor
1	855082	1168636	0	11	857102	1170652	0,5
2	854441	1169096	0	12	854029	1172904	2
3	855276	1169591	1,7	13	853964	1170343	0
4	856447	1169678	1,5	14	855447	1172979	2
5	854899	1169689	0	15	857263	1174831	0
6	854775	1169828	2	16	856629	1174718	0
7	855206	1169970	1	17	855408	1173291	1
8	856428	1170414	0	18	858671	1170041	1
9	854365	1170604	0	19	857303	1175089	1,5
10	854650	1170621	1	***Valor promedio suelos expansión***			**0,72**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 46. Asignación de valores para vía peatonal de barrios

Aleatorio	X	Y	Valor	Aleatorio	X	Y	Valor
1	858404	1170085	2	19	856880	1172168	2
2	855988	1170172	2	20	857169	1174366	1,7
3	853193	1171108	2	21	856936	1168387	2
4	855669	1170431	1	22	855007	1172280	2
5	858887	1170100	0	23	857492	1169971	2
6	856104	1171343	2	24	856824	1172343	2
7	853169	1171740	2	25	856971	1174159	2
8	855377	1171461	2	26	857302	1172644	2
9	857835	1169895	1,5	27	857509	1174723	1,7
10	856841	1169663	1	28	856534	1172650	1,7
11	854677	1171821	2	29	858731	1170703	2
12	858809	1171890	2	30	857354	1174156	0
13	857194	1175183	0	31	857263	1174831	2
14	854855	1171961	2	32	856568	1173201	2
15	854216	1172047	2	33	856629	1174718	2
16	856016	1172086	2	34	855839	1167947	1,5
17	858901	1172096	2	35	857303	1175089	1,5
18	855749	1174223	1	***Valor promedio en barrios***			**1,67**

ANEXO 3: división político – administrativa de Rionegro

Tabla 47. Denominación de veredas

ID	*Vereda*	*ID*	*Vereda*	*ID*	*Vereda*
0	El Higueron	12	Chachafruto	24	San Luis
1	Yarumal	13	Abreito	25	Playa Rica-Rancheria
2	Guayabito	14	Aeropuerto	26	Chipre
3	Santa Teresa	15	La Quiebra	27	Santa Ana
4	El Capiro	16	La Mosquita	28	Barro Blanco
5	Pontezuela	17	El Carmin	29	Abreo
6	Cabeceras De Llanogrande	18	Mampuesto	30	La Laja
7	Vilachuaga	19	La Mosca	31	Cuchillas De San Jose
8	Tres Puertas	20	Santa Barbara	32	Cimarronas
9	Tablacito	21	Galicia	33	El Rosal
10	El Tablazo	22	Los Pinos	34	San Antonio
11	La Convencion	23	Rio Abajo		

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

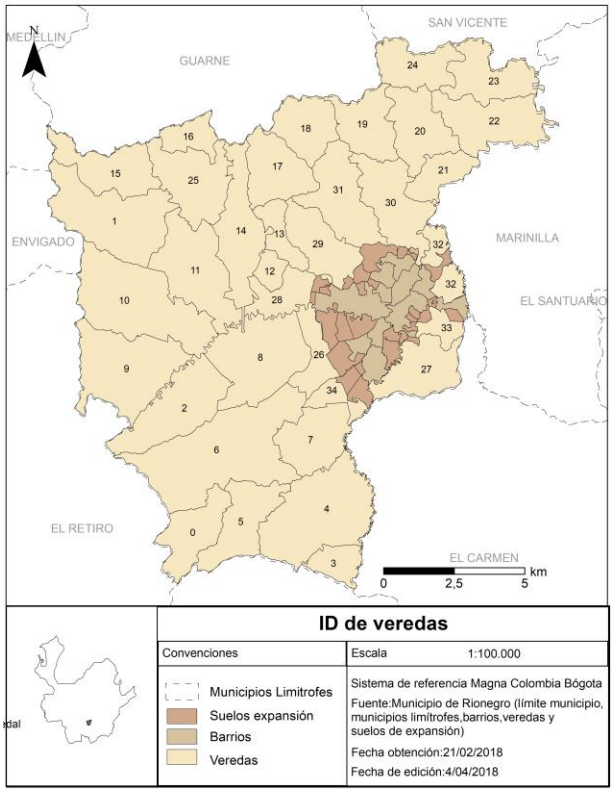

Figura 86. División político – administrativa de veredas de Rionegro

Tabla 48. Denominación de las zonas de expansión

ID	*Zona de expansión*	*ID*	*Zona de expansión*	*ID*	*Zona de expansión*
0	Belen	10	La Presentación II	20	PP 17 Quirama
1	PP 10 El Tranvía	11	La Presentación I	21	Casa Mia
2	San Joaquín IV	12	El Águila	22	Baden Baden
3	Barro Blanco I	13	Barro Blanco II	23	Santa Ana parte baja
4	La Puerta	14	Barro Blanco III	24	PP 12 La Pereira
5	La Henriada	15	PP 18 San Antonio	25	El Rosal - San Joaquín I
6	La María I	16	Chipre	26	El Rosal - San Joaquín II
7	El Rosal	17	Santa Teresa III	27	La María II - El Rosario
8	PP 04 Fontibón	18	Gualanday - Campiña		
9	El Pozo	19	San Antonio Pereira III		

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

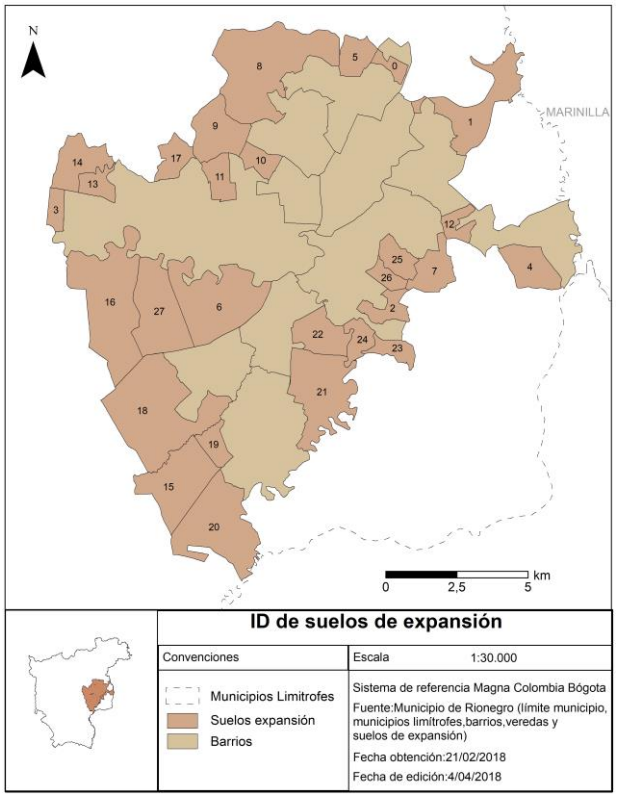

Figura 87. División político – administrativa de suelos de expansión de Rionegro

Tabla 49. Denominación de los barrios

ID	*Barrio*	*ID*	*Barrio*
0	Gualanday	5	El Porvenir
1	San Antonio	6	Belchite
2	El Faro	7	Alto Del Medio
3	Santa Ana	8	El Hospital
4	Cuatro Esquinas	9	El Centro

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

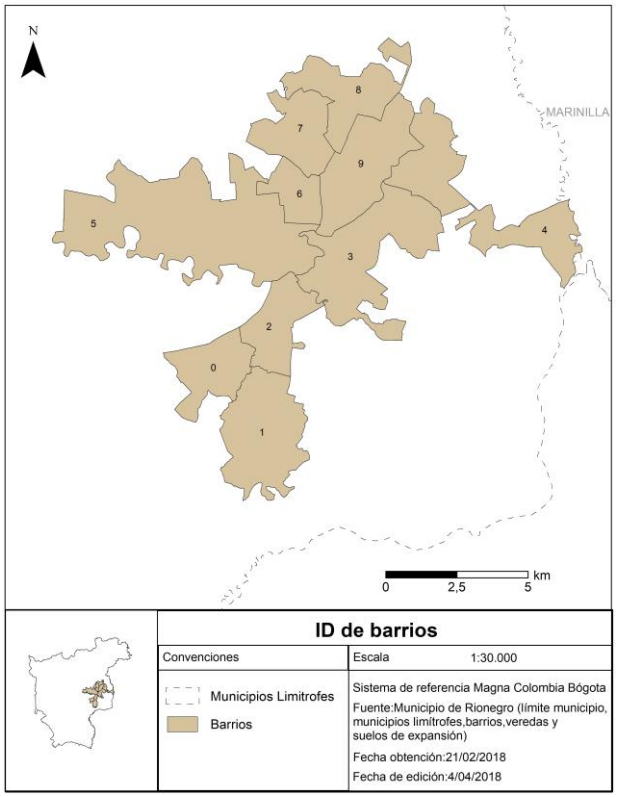

Figura 88. División político – administrativa de barrios de Rionegro

ANEXO 4: densidad poblacional

- Densidad poblacional en veredas

Tabla 50. Densidad estimada para veredas

Vereda	Área (Ha)	Estimada		
		Viviendas	Densidad (viv/Ha)	Habitantes
El Higueron	433,08	466	1,08	1942
Yarumal	894,07	771	0,86	3212
Guayabito	699,03	1058	1,51	4408
Santa Teresa	201,58	316	1,57	1317
El Capiro	1029,7	906	0,88	3775
Pontezuela	491,94	965	1,96	4021
Cabeceras de Llanogrande	1404,98	2853	2,03	11886
Vilachuaga	483,46	433	0,9	1804
Tres Puertas	839,44	1575	1,88	6562
Tablacito	875,21	858	0,98	3575

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

El Tablazo	1056,29	1171	1,11	4879
La Convención	728,94	568	0,78	2367
Chachafruto	115,54	363	3,14	1513
Abreito	207,67	696	3,35	2900
Aeropuerto	614,49	138	0,22	575
La Quiebra	498,84	441	0,88	1838
La Mosquita	209,18	418	2	1742
El Carmin	471,23	731	1,55	3046
Mampuesto	407,6	683	1,68	2846
La Mosca	430,78	1316	3,05	5483
Santa Barbara	487,53	978	2,01	4075
Galicia	258,22	776	3,01	3233
Los Pinos	609,01	878	1,44	3658
Rio Abajo	476,93	476	1	1984
San Luis	401,81	772	1,92	3217
Playa Rica - Rancheria	593,98	958	1,61	3992
Chipre	261,12	608	2,33	2533
Santa Ana	468,01	612	1,31	2550
Barro Blanco	283,89	702	2,47	2925
Abreo	440,97	1306	2,96	5441
La Laja	575,53	1274	2,21	5308
Cuchillas de San Jose	590,26	1485	2,52	6187
Cimarronas	215,93	104	0,48	434
El Rosal	133,43	230	1,72	959
San Antonio	139,04	183	1,32	763

Tabla 51. Densidad de Planeación para veredas

Vereda	Área (Ha)	Oficina de Planeación		
		Densidad (viv/Ha)	Viviendas	Habitantes
El Higueron	433,08	1	433	1805
Yarumal	894,07	0,8	715	2980
Guayabito	699,03	1,47	1028	4281
Santa Teresa	201,58	1,37	276	1151
El Capiro	1029,7	0,8	824	3432
Pontezuela	491,94	1,84	905	3771
Cabeceras de Llanogrande	1404,98	1,86	2613	10887
Vilachuaga	483,46	0,83	401	1672
Tres Puertas	839,44	1,74	1461	6085
Tablacito	875,21	0,93	814	3391
El Tablazo	1056,29	1,02	1077	4489
La Convención	728,94	0,68	496	2065

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Chachafruto	115,54	3,14	363	1512
Abreito	207,67	3,16	656	2734
Aeropuerto	614,49	0,23	141	589
La Quiebra	498,84	0,72	359	1497
La Mosquita	209,18	1,83	383	1595
El Carmin	471,23	1,41	664	2769
Mampuesto	407,6	1,39	567	2361
La Mosca	430,78	2,85	1228	5115
Santa Barbara	487,53	1,83	892	3717
Galicia	258,22	2,63	679	2830
Los Pinos	609,01	1,32	804	3350
Rio Abajo	476,93	0,88	420	1749
San Luis	401,81	1,63	655	2729
Playa Rica - Rancheria	593,98	1,46	867	3613
Chipre	261,12	2,15	561	2339
Santa Ana	468,01	1,19	557	2321
Barro Blanco	283,89	2,24	636	2650
Abreo	440,97	2,5	1102	4593
La Laja	575,53	2,07	1191	4964
Cuchillas de San Jose	590,26	2,17	1281	5337
Cimarronas	215,93	0,48	104	432
El Rosal	133,43	1,64	219	912
San Antonio	139,04	1,22	170	707

Tabla 52. Densidad de POT para veredas

Vereda	Área (Ha)	POT		
		Habitantes	Viviendas	Densidad (viv/Ha)
El Higueron	433,08	930	224	0,52
Yarumal	894,07	11142	2675	2,99
Guayabito	699,03	19822	4759	6,81
Santa Teresa	201,58	464	112	0,56
El Capiro	1029,7	2978	715	0,69
Pontezuela	491,94	4718	1133	2,3
Cabeceras de Llanogrande	1404,98	11121	2670	1,9
Vilachuaga	483,46	6644	1595	3,3
Tres Puertas	839,44	28944	6948	8,28
Tablacito	875,21	2791	670	0,77
El Tablazo	1056,29	10388	2494	2,36
La Convención	728,94	10955	2630	3,61
Chachafruto	115,54	328	79	0,68
Abreito	207,67	674	162	0,78

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Aeropuerto	614,49	49	12	0,02
La Quiebra	498,84	1100	265	0,53
La Mosquita	209,18	5004	1202	5,75
El Carmin	471,23	1582	380	0,81
Mampuesto	407,6	1248	300	0,74
La Mosca	430,78	6760	1623	3,77
Santa Barbara	487,53	3304	794	1,63
Galicia	258,22	5821	1398	5,41
Los Pinos	609,01	1646	396	0,65
Rio Abajo	476,93	1186	285	0,6
San Luis	401,81	1154	278	0,69
Playa Rica - Rancheria	593,98	9572	2298	3,87
Chipre	261,12	13766	3305	12,66
Santa Ana	468,01	6009	1443	3,08
Barro Blanco	283,89	9874	2371	8,35
Abreo	440,97	3869	929	2,11
La Laja	575,53	5241	1259	2,19
Cuchillas de San Jose	590,26	2018	485	0,82
Cimarronas	215,93	1350	325	1,51
El Rosal	133,43	977	235	1,76
San Antonio	139,04	6390	1534	11,03

- Densidad poblacional en zonas de expansión

Tabla 53. Densidad estimada para zonas de expansión

Zona de expansión	Vereda	Área (Ha)	Estimada		
			Viviendas	Densidad	Habitantes
Belen	La Laja	5,54	7	1,26	7
PP 10 El Tranvía	Cimarronas	39,43	61	1,55	61
San Joaquín IV	El Rosal	10,92	68	6,23	68
Barro Blanco I	-	7,1	3	0,42	3
La Puerta	El Rosal	20,62	105	5,09	105
La Henriada	La Laja	12,8	12	0,94	12
La María I	-	59,57	22	0,37	22
El Rosal	El Rosal	17,31	38	2,2	38
PP 04 Fontibón	Abreo - Cuchillas de San Jose	81,62	206	2,52	206
El Pozo	-	27,46	57	2,08	57
La Presentación II	-	9,42	0	0	0

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La Presentación I	-	12,12	25	2,06	25
El Águila	El Rosal	8,53	0	0	0
Barro Blanco II	Barro Blanco	9,6	1	0,1	1
Barro Blanco III	Barro Blanco	22,06	8	0,36	8
PP 18 San Antonio	San Antonio	42,34	20	0,47	20
Chipre	Chipre	74,37	79	1,06	79
Santa Teresa III	Abreo	12,08	0	0	0
Gualanday - La Campiña	Chipre	82,12	138	1,68	138
San Antonio de Pereira III	-	9,72	5	0,51	5
PP 17 Quirama	San Antonio	56,71	28	0,49	28
Casa Mia	-	49,39	20	0,4	20
Baden Baden	-	20,98	56	2,67	56
Santa Ana parte baja	Santa Ana	8,86	56	6,32	56
PP 12 La Pereira	-	10,13	13	1,28	13
El Rosal - San Joaquín I	-	11,72	8	0,68	8
El Rosal - San Joaquín II	-	6,87	1	0,15	1
La María II - El Rosario	-	44,21	10	0,23	10

Tabla 54. Densidad de Planeación para zonas de expansión

Zona de expansión	Vereda	Área (Ha)	Oficina de Planeación		
			Densidad	Viviendas	Habitantes
Belen	La Laja	5,54	2,07	11	48
PP 10 El Tranvía	Cimarronas	39,43	0,48	19	79
San Joaquín IV	El Rosal	10,92	1,64	18	75
Barro Blanco I	-	7,1	-	-	-
La Puerta	El Rosal	20,62	1,64	34	141
La Henriada	La Laja	12,8	2,07	27	111
La María I	-	59,57	-	-	-
El Rosal	El Rosal	17,31	1,64	28	119
PP 04 Fontibón	Abreo - Cuchillas de San Jose	81,62	2,5	204	851
El Pozo	-	27,46	-	-	-
La Presentación II	-	9,42	-	-	-
La Presentación I	-	12,12	-	-	-
El Águila	El Rosal	8,53	1,64	14	59
Barro Blanco II	Barro Blanco	9,6	2,24	21	90
Barro Blanco III	Barro Blanco	22,06	2,24	49	206
PP 18 San Antonio	San Antonio	42,34	1,22	52	216
Chipre	Chipre	74,37	2,15	160	667
Santa Teresa III	Abreo	12,08	2,5	30	126

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Gualanday - La Campiña	Chipre	82,12	2,15	177	736
San Antonio de Pereira III	-	9,72	-	-	-
PP 17 Quirama	San Antonio	56,71	1,22	69	289
Casa Mia	-	49,39	-	-	-
Baden Baden	-	20,98	-	-	-
Santa Ana parte baja	Santa Ana	8,86	1,19	11	44
PP 12 La Pereira	-	10,13	-	-	-
El Rosal - San Joaquín I	-	11,72	-	-	-
El Rosal - San Joaquín II	-	6,87	-	-	-
La María II - El Rosario	-	44,21	-	-	-

Tabla 55. Densidad de POT para zonas de expansión

Zona de expansión	Vereda	Área (Ha)	POT		
			Habitantes	Viviendas	Densidad
Belen	La Laja	5,54	2540	834	150,52
PP 10 El Tranvía	Cimarronas	39,43	14459	4747	120,4
San Joaquín IV	El Rosal	10,92	34056	11181	1023,69
Barro Blanco I	-	7,1	2604	855	120,45
La Puerta	El Rosal	20,62	5672	1863	90,35
La Henriada	La Laja	12,8	5870	1928	150,59
La María I	-	59,57	218464	71722	1203,95
El Rosal	El Rosal	17,31	20631	6774	391,35
PP 04 Fontibón	Abreo - Cuchillas de San Jose	81,62	172109	56504	692,28
El Pozo	-	27,46	27693	9092	331,1
La Presentación II	-	9,42	6910	2269	240,85
La Presentación I	-	12,12	8890	2919	240,83
El Águila	El Rosal	8,53	3130	1028	120,45
Barro Blanco II	Barro Blanco	9,6	5280	1734	180,71
Barro Blanco III	Barro Blanco	22,06	6067	1992	90,32
PP 18 San Antonio	San Antonio	42,34	38817	12744	301,01
Chipre	Chipre	74,37	224989	73864	993,26
Santa Teresa III	Abreo	12,08	3322	1091	90,34
Gualanday - La Campiña	Chipre	82,12	263515	86512	1053,46
San Antonio de Pereira III	-	9,72	8913	2927	301,16
PP 17 Quirama	San Antonio	56,71	31198	10243	180,61
Casa Mia	-	49,39	67017	22002	445,51
Baden Baden	-	20,98	19234	6315	301,03
Santa Ana parte baja	Santa Ana	8,86	4872	1600	180,69
PP 12 La Pereira	-	10,13	26931	8842	873,04

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

El Rosal - San Joaquín I	-	11,72	29019	9527	812,73
El Rosal - San Joaquín II	-	6,87	10088	3312	481,78
La María II - El Rosario	-	44,21	133756	43913	993,32

- Densidad poblacional en barrios

Tabla 56. Densidad de Planeación para barrios

Barrio	Área (Ha)	Oficina de Planeación		
		Habitantes	Viviendas	Densidad (viv/Ha)
Gualanday	48,18	397	131	2,72
San Antonio	90,93	1632	536	5,89
El Faro	47,85	250	83	1,73
Santa Ana	112,56	4506	1480	13,15
Cuatro Esquina	103,52	5332	1751	16,91
El Porvenir	216,13	4676	1536	7,11
Belchite	28,88	441	145	5,02
Alto del Medio	52,33	926	305	5,83
El Hospital	62,14	1209	397	6,39
El Centro	80,49	374	123	1,53

Tabla 57. Densidad de POT para barrios

Barrio	Área (Ha)	POT		
		Habitantes	Viviendas	Densidad (viv/Ha)
Gualanday	48,18	1507	495	10,27
San Antonio	90,93	5216	1713	18,84
El Faro	47,85	5903	1938	40,5
Santa Ana	112,56	13126	4310	38,29
Cuatro Esquina	103,52	22833	7497	72,42
El Porvenir	216,13	11167	3667	16,97
Belchite	28,88	3063	1006	34,83
Alto del Medio	52,33	10160	3336	63,74
El Hospital	62,14	8478	2784	44,8
El Centro	80,49	15997	5252	65,25

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 5: Estimación de indicador vial

- Estimación del indicador vial en veredas

Tabla 58. Indicador vial para veredas con densidad estimada

Vereda	Área (Ha)	Vías (km)	Estimada		
			Indicador	Clasificación BID	Clasificación particular
El Higueron	433,08	18,78	967,04	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Yarumal	894,07	30,098	937,04	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Guayabito	699,03	25,937	588,41	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
Santa Teresa	201,58	7,863	597,06	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
El Capiro	1029,7	29,718	787,23	No sostenible, altamente problemático	Nivel IV
Pontezuela	491,94	19,492	484,75	No sostenible, altamente problemático	Nivel I
Cabeceras Llanogrande	1404,98	57,923	487,32	No sostenible, altamente problemático	Nivel I
Vilachuaga	483,46	12,503	693,05	No sostenible, altamente problemático	Nivel III
Tres Puertas	839,44	38,671	589,32	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
Tablacito	875,21	21,738	608,04	No sostenible, altamente problemático	Nivel III
El Tablazo	1056,29	35,352	724,58	No sostenible, altamente problemático	Nivel IV
La Convención	728,94	24,201	1022,43	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Chachafruto	115,54	5,604	370,38	Potencialmente problemático	-
Abreito	207,67	6,401	220,72	Sostenible, buen desempeño	-
Aeropuerto	614,49	10,448	1816,99	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
La Quiebra	498,84	16,112	876,62	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
La Mosquita	209,18	7,887	452,73	No sostenible, altamente problemático	Nivel I
El Carmin	471,23	14,888	488,78	No sostenible, altamente problemático	Nivel I
Mampuesto	407,6	17,902	629,03	No sostenible, altamente problemático	Nivel III
La Mosca	430,78	20,99	382,82	Potencialmente problemático	-
Santa Barbara	487,53	19,268	472,83	No sostenible, altamente problemático	Nivel I
Galicia	258,22	8,786	271,74	Sostenible, buen desempeño	-
Los Pinos	609,01	19,713	538,91	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
Rio Abajo	476,93	19,05	960,13	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
San Luis	401,81	17,923	557,12	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
Playa Rica - Rancheria	593,98	25,9	648,79	No sostenible, altamente problemático	Nivel III
Chipre	261,12	19,593	773,49	No sostenible, altamente problemático	Nivel IV
Santa Ana	468,01	16,032	628,7	No sostenible, altamente problemático	Nivel III
Barro Blanco	283,89	10,404	355,7	Potencialmente problemático	-
Abreo	440,97	17,148	315,15	Potencialmente problemático	-
La Laja	575,53	30,483	574,29	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
Cuchillas de San Jose	590,26	23,505	379,91	Potencialmente problemático	-
Cimarronas	215,93	7,828	1803,71	No sostenible, altamente problemático	Nivel V

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

El Rosal	133,43	8,332	868,85	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
San Antonio	139,04	13,471	1765,56	No sostenible, altamente problemático	Nivel V

Tabla 59. Indicador vial para veredas con densidad de Planeación

Vereda	Área (Ha)	Vías (km)	Oficina de Planeación		
			Indicador	Clasificación BID	Clasificación particular
El Higueron	433,08	18,78	1040,44	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Yarumal	894,07	30,098	1010	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Guayabito	699,03	25,937	605,87	No sostenible, altamente problemático	Nivel III
Santa Teresa	201,58	7,863	683,17	No sostenible, altamente problemático	Nivel III
El Capiro	1029,7	29,718	865,9	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Pontezuela	491,94	19,492	516,88	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
Cabeceras Llanogrande	1404,98	57,923	532,04	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
Vilachuaga	483,46	12,503	747,76	No sostenible, altamente problemático	Nivel IV
Tres Puertas	839,44	38,671	635,51	No sostenible, altamente problemático	Nivel III
Tablacito	875,21	21,738	641,03	No sostenible, altamente problemático	Nivel III
El Tablazo	1056,29	35,352	787,53	No sostenible, altamente problemático	Nivel IV
La Convención	728,94	24,201	1171,96	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Chachafruto	115,54	5,604	370,63	Potencialmente problemático	-
Abreito	207,67	6,401	234,12	Sostenible, buen desempeño	-
Aeropuerto	614,49	10,448	1773,81	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
La Quiebra	498,84	16,112	1076,3	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
La Mosquita	209,18	7,887	494,46	No sostenible, altamente problemático	Nivel I
El Carmin	471,23	14,888	537,68	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
Mampuesto	407,6	17,902	758,24	No sostenible, altamente problemático	Nivel IV
La Mosca	430,78	20,99	410,36	No sostenible, altamente problemático	Nivel I
Santa Barbara	487,53	19,268	518,37	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
Galicia	258,22	8,786	310,44	Potencialmente problemático	-
Los Pinos	609,01	19,713	588,46	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
Rio Abajo	476,93	19,049	1089,14	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
San Luis	401,81	17,923	656,74	No sostenible, altamente problemático	Nivel III
Playa Rica - Rancheria	593,98	25,9	716,85	No sostenible, altamente problemático	Nivel IV
Chipre	261,12	19,593	837,64	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Santa Ana	468	16,032	690,73	No sostenible, altamente problemático	Nivel III
Barro Blanco	283,89	10,404	392,61	Potencialmente problemático	-
Abreo	440,97	17,148	373,34	Potencialmente problemático	-
La Laja	575,53	30,483	614,09	No sostenible, altamente problemático	Nivel III
Cuchillas de San Jose	590,26	23,505	440,42	No sostenible, altamente problemático	Nivel I
Cimarronas	215,93	7,828	1812,06	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
El Rosal	133,43	8,332	913,63	No sostenible, altamente problemático	Nivel V

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

San Antonio	139,04	13,471	1905,41	No sostenible, altamente problemático	Nivel V

Tabla 60. Indicador vial para veredas con densidad de POT

Vereda	Área (Ha)	Vías (km)	POT		
			Indicador	Clasificación BID	Clasificación particular
El Higueron	433,08	18,78	2019,34	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Yarumal	894,07	30,098	270,13	Sostenible, buen desempeño	-
Guayabito	699,03	25,937	130,85	Sostenible, buen desempeño	-
Santa Teresa	201,58	7,863	1694,67	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
El Capiro	1029,7	29,718	997,91	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Pontezuela	491,94	19,492	413,14	No sostenible, altamente problemático	Nivel I
Cabeceras Llanogrande	1404,98	57,923	520,84	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
Vilachuaga	483,46	12,503	188,18	Sostenible, buen desempeño	-
Tres Puertas	839,44	38,671	133,61	Sostenible, buen desempeño	-
Tablacito	875,21	21,738	778,84	No sostenible, altamente problemático	Nivel IV
El Tablazo	1056,29	35,352	340,32	Potencialmente problemático	-
La Convención	728,94	24,201	220,91	Sostenible, buen desempeño	-
Chachafruto	115,54	5,604	1708,51	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Abreito	207,67	6,401	949,69	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Aeropuerto	614,49	10,448	21321,87	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
La Quiebra	498,84	16,112	1464,75	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
La Mosquita	209,18	7,887	157,61	Sostenible, buen desempeño	-
El Carmin	471,23	14,888	941,11	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Mampuesto	407,6	17,902	1434,46	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
La Mosca	430,78	20,99	310,5	Potencialmente problemático	-
Santa Barbara	487,53	19,268	583,16	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
Galicia	258,22	8,786	150,93	Sostenible, buen desempeño	-
Los Pinos	609,01	19,713	1197,65	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Rio Abajo	476,93	19,049	1606,16	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
San Luis	401,81	17,923	1553,08	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Playa Rica - Rancheria	593,98	25,9	270,58	Sostenible, buen desempeño	-
Chipre	261,12	19,593	142,32	Sostenible, buen desempeño	-
Santa Ana	468,01	16,032	266,8	Sostenible, buen desempeño	-
Barro Blanco	283,89	10,404	105,37	Sostenible, buen desempeño	-
Abreo	440,97	17,148	443,2	No sostenible, altamente problemático	Nivel I
La Laja	575,53	30,483	581,63	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
Cuchillas de San Jose	590,26	23,505	1164,77	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Cimarronas	215,93	7,828	579,86	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
El Rosal	133,43	8,332	852,84	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
San Antonio	139,04	13,471	210,82	Sostenible, buen desempeño	-

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Estimación del indicador vial en zonas de expansión

Tabla 61. Indicador vial para zonas de expansión con densidad estimada

Zona de expansión	Área (Ha)	Vías (km)	Estimada		
			Indicador	Clasificación	Clasificación particular
Belen	5,54	-	-	-	-
PP 10 El Tranvía	39,43	6,174	88205,14	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
San Joaquín IV	10,92	2,465	4040,49	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Barro Blanco I	7,1	-	-	-	-
La Puerta	20,62	4,329	144295,23	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
La Henriada	12,8	5,429	5170,94	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
La María I	59,57	3,708	30902,1	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
El Rosal	17,31	2,661	12097,58	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
PP 04 Fontibón	81,62	12,28	32315,61	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
El Pozo	27,46	4,024	1953,52	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
La Presentación II	9,42	-	-	-	-
La Presentación I	12,12	7,345	-	-	-
El Águila	8,53	0,585	2339,76	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Barro Blanco II	9,6	5,79	-	-	-
Barro Blanco III	22,06	4,07	406969,2	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
PP 18 San Antonio	42,34	5,186	64826,73	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Chipre	74,37	10,362	51810,86	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Santa Teresa III	12,08	3,392	4294,18	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Gualanday - La Campiña	82,12	11,073	-	-	-
San Antonio de Pereira III	9,72	3,979	2883,47	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
PP 17 Quirama	56,71	4,045	80908,12	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Casa Mia	49,39	1,999	7139,22	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Baden Baden	20,98	1,687	8433,05	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Santa Ana parte baja	8,86	2,682	4790,01	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
PP 12 La Pereira	10,13	3,166	5653,87	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
El Rosal - San Joaquín I	11,72	0,797	6131,02	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
El Rosal - San Joaquín II	6,87	0,498	6221,39	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
La María II - El Rosario	44,21	6,472	647206,7	No sostenible, altamente problemático	Nivel V

Tabla 62. Indicador vial para zonas de expansión con densidad de Planeación

Zona de expansión	Área (Ha)	Vías (km)	Planeación		
			Indicador	Clasificación BID	Clasificación particular
Belen	5,54	-	-	-	-

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

PP 10 El Tranvía	39,43	6,174	7815,65	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
San Joaquín IV	10,92	2,465	3286,27	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Barro Blanco I	7,1	-	-	-	-
La Puerta	20,62	4,329	3070,11	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
La Henriada	12,8	5,429	4891,43	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
La María I	59,57	3,708	-	-	-
El Rosal	17,31	2,661	2236,53	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
PP 04 Fontibón	81,62	12,28	1443	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
El Pozo	27,46	4,024	-	-	-
La Presentación II	9,42	-	-	-	-
La Presentación I	12,12	7,345	-	-	-
El Águila	8,53	0,585	991,43	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Barro Blanco II	9,6	5,79	6433,33	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Barro Blanco III	22,06	4,07	1975,58	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
PP 18 San Antonio	42,34	5,186	2400,99	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Chipre	74,37	10,362	1553,55	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Santa Teresa III	12,08	3,392	2692,38	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Gualanday - La Campiña	82,12	11,073	1504,44	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
San Antonio de Pereira III	9,72	3,979	-	-	-
PP 17 Quirama	56,71	4,045	1399,79	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Casa Mia	49,39	1,999	-	-	-
Baden Baden	20,98	1,687	-	-	-
Santa Ana parte baja	8,86	2,682	6096,37	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
PP 12 La Pereira	10,13	3,166	-	-	-
El Rosal - San Joaquín I	11,72	0,797	-	-	-
El Rosal - San Joaquín II	6,87	0,498	-	-	-
La María II - El Rosario	44,21	6,472	-	-	-

Tabla 63. Indicador vial para zonas de expansión con densidad de POT

Zona de expansión	Área (Ha)	Vías (km)	POT		
			Indicador	Clasificación BID	Clasificación particular
Belen	5,54	-	-	-	-
PP 10 El Tranvía	39,43	6,174	42,7	Sostenible, buen desempeño	-
San Joaquín IV	10,92	2,465	7,24	Sostenible, buen desempeño	-
Barro Blanco I	7,1	-	-	-	-
La Puerta	20,62	4,329	76,32	Sostenible, buen desempeño	-
La Henriada	12,8	5,429	92,5	Sostenible, buen desempeño	-
La María I	59,57	3,708	1,7	Sostenible, buen desempeño	-
El Rosal	17,31	2,661	12,9	Sostenible, buen desempeño	-
PP 04 Fontibón	81,62	12,28	7,13	Sostenible, buen desempeño	-

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

El Pozo	27,46	4,024	14,53	Sostenible, buen desempeño	-
La Presentación II	9,42	-	-	-	-
La Presentación I	12,12	7,345	82,62	Sostenible, buen desempeño	-
El Águila	8,53	0,585	18,69	Sostenible, buen desempeño	-
Barro Blanco II	9,6	5,79	109,66	Sostenible, buen desempeño	-
Barro Blanco III	22,06	4,07	67,08	Sostenible, buen desempeño	-
PP 18 San Antonio	42,34	5,186	13,36	Sostenible, buen desempeño	-
Chipre	74,37	10,362	4,61	Sostenible, buen desempeño	-
Santa Teresa III	12,08	3,392	102,12	Sostenible, buen desempeño	-
Gualanday - La Campiña	82,12	11,073	4,2	Sostenible, buen desempeño	-
San Antonio de Pereira III	9,72	3,979	44,64	Sostenible, buen desempeño	-
PP 17 Quirama	56,71	4,045	12,97	Sostenible, buen desempeño	-
Casa Mia	49,39	1,999	2,98	Sostenible, buen desempeño	-
Baden Baden	20,98	1,687	8,77	Sostenible, buen desempeño	-
Santa Ana parte baja	8,86	2,682	55,06	Sostenible, buen desempeño	-
PP 12 La Pereira	10,13	3,166	11,76	Sostenible, buen desempeño	-
El Rosal - San Joaquín I	11,72	0,797	2,75	Sostenible, buen desempeño	-
El Rosal - San Joaquín II	6,87	0,498	4,93	Sostenible, buen desempeño	-
La María II - El Rosario	44,21	6,472	4,84	Sostenible, buen desempeño	-

- Estimación del indicador vial en barrios

Tabla 64. Indicador vial para barrios con densidad de Planeación

Barrio	Área (Ha)	Vías (km)	Planeación		
			Indicador	Clasificación	Clasificación particular
Gualanday	48,18	5,448	1372,24	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
San Antonio	90,93	17,859	1094,29	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
El Faro	47,85	3,78	1512,1	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Santa Ana	112,56	11,698	259,62	Sostenible, buen desempeño	-
Cuatro Esquina	103,52	9,212	172,76	Sostenible, buen desempeño	-
El Porvenir	216,13	26,879	574,84	No sostenible, altamente problemático	Nivel II
Belchite	28,88	4,907	1112,62	No sostenible, altamente problemático	Nivel V
Alto del Medio	52,33	5,631	608,06	No sostenible, altamente problemático	Nivel III
El Hospital	62,14	5,541	458,34	No sostenible, altamente problemático	Nivel I
El Centro	80,49	14,308	3825,78	No sostenible, altamente problemático	Nivel V

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 65. Indicador vial para barrios con densidad de POT

Barrio	Área (Ha)	Vías (km)	POT		
			Indicador	Clasificación BID	Clasificación particular
Gualanday	48,18	5,448	361,5	Potencialmente problemático	-
San Antonio	90,93	17,859	342,39	Potencialmente problemático	-
El Faro	47,85	3,78	64,04	Sostenible, buen desempeño	-
Santa Ana	112,56	11,698	89,12	Sostenible, buen desempeño	-
Cuatro Esquina	103,52	9,212	40,34	Sostenible, buen desempeño	-
El Porvenir	216,13	26,879	240,7	Sostenible, buen desempeño	-
Belchite	28,88	4,907	160,19	Sostenible, buen desempeño	-
Alto del Medio	52,33	5,631	55,42	Sostenible, buen desempeño	-
El Hospital	62,14	5,541	65,36	Sostenible, buen desempeño	-
El Centro	80,49	14,308	89,44	Sostenible, buen desempeño	-

ANEXO 6: Estimación de indicador de ciclo rutas

- Estimación del indicador de ciclo ruta en veredas

Tabla 66. Indicador de ciclo ruta para veredas con densidad estimada

Vereda	Área (Ha)	Ciclo ruta (km)	Estimada	
			Indicador	Clasificación BID
El Higueron	433,08	-	-	-
Yarumal	894,07	1,413	43,98	Sostenible, buen desempeño
Guayabito	699,03	-	-	-
Santa Teresa	201,58	-	-	-
El Capiro	1029,7	-	-	-
Pontezuela	491,94	-	-	-
Cabeceras de Llanogrande	1404,98	-	-	-
Vilachuaga	483,46	0,023	1,28	No sostenible, altamente problemático
Tres Puertas	839,44	10,109	154,05	Sostenible, buen desempeño
Tablacito	875,21	12,815	358,46	Sostenible, buen desempeño
El Tablazo	1056,29	6,542	134,09	Sostenible, buen desempeño
La Convención	728,94	4,788	202,26	Sostenible, buen desempeño
Chachafruto	115,54	-	-	-
Abreito	207,67	-	-	-
Aeropuerto	614,49	0,831	144,46	Sostenible, buen desempeño
La Quiebra	498,84	-	-	-
La Mosquita	209,18	1,435	82,37	Sostenible, buen desempeño

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

El Carmin	471,23	-	-	-
Mampuesto	407,6	-	-	-
La Mosca	430,78	2,756	50,26	Sostenible, buen desempeño
Santa Barbara	487,53	-	-	-
Galicia	258,22	0,059	1,83	No sostenible, altamente problemático
Los Pinos	609,01	-	-	-
Rio Abajo	476,93	-	-	-
San Luis	401,81	-	-	-
Playa Rica - Rancheria	593,98	3,27	81,9	Sostenible, buen desempeño
Chipre	261,12	3,527	139,23	Sostenible, buen desempeño
Santa Ana	468,01	3,072	120,47	Sostenible, buen desempeño
Barro Blanco	283,89	6,411	219,18	Sostenible, buen desempeño
Abreo	440,97	0,506	9,3	No sostenible, altamente problemático
La Laja	575,53	2,883	54,31	Sostenible, buen desempeño
Cuchillas de San Jose	590,26	-	-	-
Cimarronas	215,93	4,109	946,68	Sostenible, buen desempeño
El Rosal	133,43	-	-	-
San Antonio	139,04	1,93	252,98	Sostenible, buen desempeño

Tabla 67. Indicador de ciclo ruta para veredas con densidad de Planeación

Vereda	Área (Ha)	Ciclo ruta (km)	Planeación	
			Indicador	Clasificación BID
El Higueron	433,08	-	-	-
Yarumal	894,07	1,413	47,41	Sostenible, buen desempeño
Guayabito	699,03	-	-	-
Santa Teresa	201,58	-	-	-
El Capiro	1029,7	-	-	-
Pontezuela	491,94	-	-	-
Cabeceras de Llanogrande	1404,98	-	-	-
Vilachuaga	483,46	0,023	1,38	No sostenible, altamente problemático
Tres Puertas	839,44	10,109	166,13	Sostenible, buen desempeño
Tablacito	875,21	12,815	377,91	Sostenible, buen desempeño
El Tablazo	1056,29	6,542	145,74	Sostenible, buen desempeño
La Convención	728,94	4,788	231,84	Sostenible, buen desempeño
Chachafruto	115,54	-	-	-
Abreito	207,67	-	-	-
Aeropuerto	614,49	0,831	141,02	Sostenible, buen desempeño
La Quiebra	498,84	-	-	-
La Mosquita	209,18	1,435	89,96	Sostenible, buen desempeño
El Carmin	471,23	-	-	-
Mampuesto	407,6	-	-	-

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La Mosca	430,78	2,756	53,87	Sostenible, buen desempeño
Santa Barbara	487,53	-	-	-
Galicia	258,22	0,059	2,09	No sostenible, altamente problemático
Los Pinos	609,01	-	-	-
Rio Abajo	476,93	-	-	-
San Luis	401,81	-	-	-
Playa Rica - Rancheria	593,98	3,27	90,5	Sostenible, buen desempeño
Chipre	261,12	3,527	150,78	Sostenible, buen desempeño
Santa Ana	468,01	3,072	132,36	Sostenible, buen desempeño
Barro Blanco	283,89	6,411	241,93	Sostenible, buen desempeño
Abreo	440,97	0,506	11,02	No sostenible, altamente problemático
La Laja	575,53	2,883	58,08	Sostenible, buen desempeño
Cuchillas de San Jose	590,26	-	-	-
Cimarronas	215,93	4,109	951,07	Sostenible, buen desempeño
El Rosal	133,43	-	-	-
San Antonio	139,04	1,93	273,02	Sostenible, buen desempeño

Tabla 68. Indicador de ciclo ruta para veredas con densidad de POT

Vereda	Área (Ha)	Ciclo ruta (km)	POT	
			Indicador	Clasificación BID
El Higueron	433,08	-	-	-
Yarumal	894,07	1,413	12,68	No sostenible, altamente problemático
Guayabito	699,03	-	-	-
Santa Teresa	201,58	-	-	-
El Capiro	1029,7	-	-	-
Pontezuela	491,94	-	-	-
Cabeceras de Llanogrande	1404,98	-	-	-
Vilachuaga	483,46	0,023	0,35	No sostenible, altamente problemático
Tres Puertas	839,44	10,109	34,93	Sostenible, buen desempeño
Tablacito	875,21	12,815	459,15	Sostenible, buen desempeño
El Tablazo	1056,29	6,542	62,98	Sostenible, buen desempeño
La Convención	728,94	4,788	43,7	Sostenible, buen desempeño
Chachafruto	115,54	-	-	-
Abreito	207,67	-	-	-
Aeropuerto	614,49	0,831	1695,14	Sostenible, buen desempeño
La Quiebra	498,84	-	-	-
La Mosquita	209,18	1,435	28,67	Sostenible, buen desempeño
El Carmin	471,23	-	-	-
Mampuesto	407,6	-	-	-
La Mosca	430,78	2,756	40,76	Sostenible, buen desempeño
Santa Barbara	487,53	-	-	-

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Galicia	258,22	0,059	1,02	No sostenible, altamente problemático
Los Pinos	609,01	-	-	-
Rio Abajo	476,93	-	-	-
San Luis	401,81	-	-	-
Playa Rica - Rancheria	593,98	3,27	34,16	Sostenible, buen desempeño
Chipre	261,12	3,527	25,62	Sostenible, buen desempeño
Santa Ana	468,01	3,072	51,12	Sostenible, buen desempeño
Barro Blanco	283,89	6,411	64,93	Sostenible, buen desempeño
Abreo	440,97	0,506	13,09	No sostenible, altamente problemático
La Laja	575,53	2,883	55,01	Sostenible, buen desempeño
Cuchillas de San Jose	590,26	-	-	-
Cimarronas	215,93	4,109	304,34	Sostenible, buen desempeño
El Rosal	133,43	-	-	-
San Antonio	139,04	1,93	30,21	Sostenible, buen desempeño

- Estimación del indicador de ciclo ruta en zonas de expansión

Tabla 69. Indicador de ciclo ruta para zonas de expansión con densidad estimada

Zona de expansión	Área (Ha)	Ciclo ruta (km)	Ajustada	
			Indicador	Clasificación
Belen	5,54	-	-	-
PP 10 El Tranvía	39,43	0,858	12259,67	Sostenible, buen desempeño
San Joaquín IV	10,92	-	-	-
Barro Blanco I	7,1	2,252	3311,85	Sostenible, buen desempeño
La Puerta	20,62	0,009	308,1	Sostenible, buen desempeño
La Henriada	12,8	-	-	-
La María I	59,57	1,263	10525,31	Sostenible, buen desempeño
El Rosal	17,31	-	-	-
PP 04 Fontibón	81,62	-	-	-
El Pozo	27,46	1,19	577,74	Sostenible, buen desempeño
La Presentación II	9,42	0,834	1463,86	Sostenible, buen desempeño
La Presentación I	12,12	-	-	-
El Águila	8,53	-	-	-
Barro Blanco II	9,6	-	-	-
Barro Blanco III	22,06	-	-	-
PP 18 San Antonio	42,34	-	-	-
Chipre	74,37	0,181	903,28	Sostenible, buen desempeño
Santa Teresa III	12,08	0,024	29,89	Sostenible, buen desempeño
Gualanday - La Campiña	82,12	0,67	-	-
San Antonio de Pereira III	9,72	-	-	-

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

PP 17 Quirama	56,71	1,317	26346,62	Sostenible, buen desempeño
Casa Mia	49,39	1,889	6746,09	Sostenible, buen desempeño
Baden Baden	20,98	1,089	5445,05	Sostenible, buen desempeño
Santa Ana parte baja	8,86	-	-	-
PP 12 La Pereira	10,13	0,361	644,53	Sostenible, buen desempeño
El Rosal - San Joaquín I	11,72	-	-	-
El Rosal - San Joaquín II	6,87	-	-	-
La María II - El Rosario	44,21	0,17	17042,1	Sostenible, buen desempeño

Tabla 70. Indicador de ciclo ruta para zonas de expansión con densidad de Planeación

Zona de expansión	Área (Ha)	Ciclo ruta (km)	Planeación	
			Indicador	Clasificación BID
Belen	5,54	-	-	-
PP 10 El Tranvía	39,43	0,858	1086,3	Sostenible, buen desempeño
San Joaquín IV	10,92	-	-	-
Barro Blanco I	7,1	2,252	-	-
La Puerta	20,62	0,009	6,56	No sostenible, altamente problemático
La Henriada	12,8	-	-	-
La María I	59,57	1,263	-	-
El Rosal	17,31	-	-	-
PP 04 Fontibón	81,62	-	-	-
El Pozo	27,46	1,19	-	-
La Presentación II	9,42	0,834	-	-
La Presentación I	12,12	-	-	-
El Águila	8,53	-	-	-
Barro Blanco II	9,6	-	-	-
Barro Blanco III	22,06	-	-	-
PP 18 San Antonio	42,34	-	-	-
Chipre	74,37	0,181	27,08	Sostenible, buen desempeño
Santa Teresa III	12,08	0,024	18,74	Potencialmente problemático
Gualanday - La Campiña	82,12	0,67	91,08	Sostenible, buen desempeño
San Antonio de Pereira III	9,72	-	-	-
PP 17 Quirama	56,71	1,317	455,82	Sostenible, buen desempeño
Casa Mia	49,39	1,889	-	-
Baden Baden	20,98	1,089	-	-
Santa Ana parte baja	8,86	-	-	-
PP 12 La Pereira	10,13	0,361	-	-
El Rosal - San Joaquín I	11,72	-	-	-
El Rosal - San Joaquín II	6,87	-	-	-
La María II - El Rosario	44,21	0,17	-	-

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 71. Indicador de ciclo ruta para zonas de expansión con densidad de POT

Zona de expansión	Área (Ha)	Ciclo ruta (km)	POT	
			Indicador	Clasificación BID
Belen	5,54	-	-	-
PP 10 El Tranvía	39,43	0,858	5,94	No sostenible, altamente problemático
San Joaquín IV	10,92	-	-	-
Barro Blanco I	7,1	2,252	86,48	Sostenible, buen desempeño
La Puerta	20,62	0,009	0,16	No sostenible, altamente problemático
La Henriada	12,8	-	-	-
La María I	59,57	1,263	0,58	No sostenible, altamente problemático
El Rosal	17,31	-	-	-
PP 04 Fontibón	81,62	-	-	-
El Pozo	27,46	1,19	4,3	No sostenible, altamente problemático
La Presentación II	9,42	0,834	12,08	No sostenible, altamente problemático
La Presentación I	12,12	-	-	-
El Águila	8,53	-	-	-
Barro Blanco II	9,6	-	-	-
Barro Blanco III	22,06	-	-	-
PP 18 San Antonio	42,34	-	-	-
Chipre	74,37	0,181	0,08	No sostenible, altamente problemático
Santa Teresa III	12,08	0,024	0,71	No sostenible, altamente problemático
Gualanday - La Campiña	82,12	0,67	0,25	No sostenible, altamente problemático
San Antonio de Pereira	9,72	-	-	-
PP 17 Quirama	56,71	1,317	4,22	No sostenible, altamente problemático
Casa Mia	49,39	1,889	2,82	No sostenible, altamente problemático
Baden Baden	20,98	1,089	5,66	No sostenible, altamente problemático
Santa Ana parte baja	8,86	-	-	-
PP 12 La Pereira	10,13	0,361	1,34	No sostenible, altamente problemático
El Rosal - San Joaquín I	11,72	-	-	-
El Rosal - San Joaquín II	6,87	-	-	-
La María II - El Rosario	44,21	0,17	0,13	No sostenible, altamente problemático

- Estimación del indicador de ciclo ruta en barrios

Tabla 72. Indicador de ciclo ruta para barrios con densidad de Planeación

Barrio	Área (Ha)	Ciclo ruta (km)	Planeación	
			Indicador	Clasificación
Gualanday	48,18	0,73	183,87	Sostenible, buen desempeño
San Antonio	90,93	1,464	89,68	Sostenible, buen desempeño

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

El Faro	47,85	1,264	505,61	Sostenible, buen desempeño
Santa Ana	112,56	2,215	49,15	Sostenible, buen desempeño
Cuatro Esquina	103,52	0,682	12,78	No sostenible, altamente problemático
El Porvenir	216,13	16,214	346,75	Sostenible, buen desempeño
Belchite	28,88	1,36	308,37	Sostenible, buen desempeño
Alto del Medio	52,33	0,472	50,98	Sostenible, buen desempeño
El Hospital	62,14	0,466	38,52	Sostenible, buen desempeño
El Centro	80,49	3,803	1016,87	Sostenible, buen desempeño

Tabla 73. Indicador de ciclo ruta para barrios con densidad de POT

Barrio	Área (Ha)	Ciclo ruta (km)	POT	
			Indicador	Clasificación BID
Gualanday	48,18	0,73	48,44	Sostenible, buen desempeño
San Antonio	90,93	1,464	28,06	Sostenible, buen desempeño
El Faro	47,85	1,264	21,41	Potencialmente problemático
Santa Ana	112,56	2,215	16,87	Potencialmente problemático
Cuatro Esquina	103,52	0,682	2,99	No sostenible, altamente problemático
El Porvenir	216,13	16,214	145,2	Sostenible, buen desempeño
Belchite	28,88	1,36	44,4	Sostenible, buen desempeño
Alto del Medio	52,33	0,472	4,65	No sostenible, altamente problemático
El Hospital	62,14	0,466	5,49	No sostenible, altamente problemático
El Centro	80,49	3,803	23,77	Potencialmente problemático

ANEXO 7: Registros históricos de accidentes de tránsito

Tabla 74. Registros históricos del Gobierno Nacional de Colombia para accidentes de tránsito de 2013 a 2016

	2013	2014	2015	2016
Accidente de tránsito con lesiones	729	663	653	643
Accidente de tránsito sin lesiones	782	767	869	967
Homicidios en accidentes de tránsito	11	12	10	19
Total	**1522**	**1442**	**1532**	**1629**

Fuente: (Gobierno Nacional de Colombia, 2017)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 75. Registro de la Subsecretaría de Movilidad sobre accidentes de tránsito de 2017

Accidente de tránsito con lesiones	635
Accidente de tránsito sin lesiones	1150
Homicidios en accidentes de tránsito	10
Total	**1795**

Fuente: **(Subsecretaria de Movilidad de Rionegro)**

ANEXO 8: Registros del parque automotor de la Subsecretaria de Movilidad

Tabla 76. Registros del parque automotor

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Carros particulares	14763	16198	17661	19568	21111	21437	22902
Carros publicos	3121	3378	3498	3759	3765	3834	3821
Carros oficiales	42	45	43	46	60	64	115
Motos oficiales	0	0	99	102	106	115	261
Motos particulares	62685	65778	70031	75663	81587	87322	91310
Tractores	0	0	0	0	0	0	0
Bicicletas	0	0	0	0	0	0	0
Total	80611	85399	91332	99138	106629	112772	118409

Fuente: (Subsecretaria de Movilidad de Rionegro, 2017)

ANEXO 9: Accesos de las vías

Tabla 77. Accesos en vías municipales

Punto	Accesos	Longitud	Accs/km
2	25	8,62	3
5	24	6,84	4
6	49	8,55	6
7	52	10,1	6
8	70	9,58	8
10	29	8	4
11	29	7,2	5

Tabla 78. Accesos en vías urbanas

Punto	Accesos	Longitud	Accs/km
14	56	5,63	10
15	70	13,8	6
16	75	15,8	5
17	86	10,1	9
18	30	4,81	7
19	48	4,5	11
20	24	6,83	4

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 10: Sentido y cantidad de carriles de las vías consideradas de los aforos

Tabla 79. Sentido de las vías y carriles de límite municipal

Punto	Sentido	Carriles por sentido
2	2	1
5	2	1
6	2	1
7	2	2
8	2	1
10	2	1
11	2	1

Tabla 80. Sentido de las vías y carriles de límite urbano

Punto	Sentido	Carriles por sentido
14	2	1
15	2	1
16	2	1
17	2	2
18	2	1
19	2	1
20	2	1

ANEXO 11: Factores de equivalencia de la Secretaría de Movilidad de Medellín

Tabla 81. Factores de equivalencia

Tipo de vehiculo	e
Motos	0,3
Buses y busetas	2,2
Camiones rigidos	2,5
Camiones articulados	3

Fuente: (Gómez J. M., 2017)

ANEXO 12: Factores de ajuste según Highway Capacity Manual

Tabla 82. Ajuste por ancho de carril

EXHIBIT 21-4. ADJUSTMENT FOR LANE WIDTH

Lane Width (m)	Reduction in FFS (km/h)
3.6	0.0
3.5	1.0
3.4	2.1
3.3	3.1
3.2	5.6
3.1	8.1
3.0	10.6

Fuente: (Transportation Research Board, 2000)

Tabla 83. Ajuste por distancia lateral

EXHIBIT 21-5. ADJUSTMENT FOR LATERAL CLEARANCE

Four-Lane Highways		Six-Lane Highways	
Total Lateral Clearance[a] (m)	Reduction in FFS (km/h)	Total Lateral Clearance[a] (m)	Reduction in FFS (km/h)
3.6	0.0	3.6	0.0
3.0	0.6	3.0	0.6
2.4	1.5	2.4	1.5
1.8	2.1	1.8	2.1
1.2	3.0	1.2	2.7
0.6	5.8	0.6	4.5
0.0	8.7	0.0	6.3

Note:
a. Total lateral clearance is the sum of the lateral clearances of the median (if greater than 1.8 m, use 1.8 m) and shoulder (if greater than 1.8 m, use 1.8 m). Therefore, for purposes of analysis, total lateral clearance cannot exceed 3.6 m.

Fuente: (Transportation Research Board, 2000)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 84. Ajuste por separador central

EXHIBIT 21-6. ADJUSTMENT FOR MEDIAN TYPE

Median Type	Reduction in FFS (km/h)
Undivided highways	2.6
Divided highways (including TWLTLs)	0.0

Fuente: (Transportation Research Board, 2000)

Tabla 85. Ajuste por accesos

EXHIBIT 21-7. ACCESS-POINT DENSITY ADJUSTMENT

Access Points/Kilometer	Reduction in FFS (km/h)
0	0.0
6	4.0
12	8.0
18	12.0
≥ 24	16.0

Fuente: (Transportation Research Board, 2000)

ANEXO 12: Capacidad y nivel de servicio

- Volumen horario

Tabla 86. Volumen horario peaje de variante Las Palmas (2)

Hora	Q (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	WE	EW	WE	EW
6:00 - 7:00	665	497	516	355
7:00 - 8:00	685	684	660	389
8:00 - 9:00	501	622	616	404
9:00 - 10:00	431	540	603	509
10:00 - 11:00	385	529	628	409
11:00 - 12:00	393	503	603	579
12:00 - 13:00	262	545	592	522
13:00 - 14:00	417	485	734	616
14:00 - 15:00	500	502	817	619
15:00 - 16:00	510	479	964	550
16:00 - 17:00	518	885	888	591
17:00 - 18:00	630	687	702	603

Tabla 87. Volumen horario del peaje Santa Elena (5)

Hora	Q (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	WE	EW	WE	EW
6:00 - 7:00	52	33	42	28
7:00 - 8:00	61	41	29	49
8:00 - 9:00	25	41	36	31
9:00 - 10:00	31	20	26	37
10:00 - 11:00	34	38	39	24
11:00 - 12:00	33	28	33	41
12:00 - 13:00	41	31	35	47
13:00 - 14:00	36	37	38	54
14:00 - 15:00	39	39	39	55
15:00 - 16:00	31	44	51	53
16:00 - 17:00	38	60	39	42
17:00 - 18:00	36	58	48	49

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 88. Volumen horario vía Aeropuerto - Hipódromo (6)

Hora	Q (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	WE	EW	WE	EW
6:00 - 7:00	227	420	233	464
7:00 - 8:00	383	671	360	462
8:00 - 9:00	428	477	338	390
9:00 - 10:00	393	395	353	352
10:00 - 11:00	-	-	392	338
11:00 - 12:00	-	-	421	399

Tabla 89. Volumen horario vía Marinilla - Guarne (7)

Hora	Q (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	WE	EW	WE	EW
6:00 - 7:00	1119	1123	862	817
7:00 - 8:00	1324	1045	1130	1035
8:00 - 9:00	1182	1010	1024	883
9:00 - 10:00	1360	886	1241	934

Tabla 90. Volumen horario vía Santuario - Marinilla (8)

Hora	Q (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	NS	SN	NS	SN
6:00 - 7:00	343	671	382	495
7:00 - 8:00	510	553	455	601
8:00 - 9:00	478	791	497	547
9:00 - 10:00	391	496	510	521

Tabla 91. Volumen horario glorieta Don Diego (10)

Hora	Q (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	NS	SN	NS	SN
6:00 - 7:00	20	20	28	42
7:00 - 8:00	29	46	17	61
8:00 - 9:00	17	17	17	27
9:00 - 10:00	23	7	19	36

Tabla 92. Volumen horario semáforo de Llanogrande (11)

Hora	Q (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	WE	EW	WE	EW
6:00 - 7:00	498	731	389	450
7:00 - 8:00	799	613	553	519
8:00 - 9:00	680	637	642	531
9:00 - 10:00	628	572	659	456

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 93. Volumen horario vía La Ceja (14)

Hora	Q (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	NS	SN	NS	SN
6:00 - 7:00	455	441	380	342
7:00 - 8:00	576	566	459	479
8:00 - 9:00	505	415	490	388
9:00 - 10:00	422	351	385	311
10:00 - 11:00	418	369	418	371
11:00 - 12:00	395	332	523	411
12:00 - 13:00	424	346	476	382
13:00 - 14:00	469	371	550	401
14:00 - 15:00	513	459	560	455
15:00 - 16:00	458	528	534	483
16:00 - 17:00	466	553	505	467
17:00 - 18:00	582	590	487	542
18:00 - 19:00	462	453	436	438
19:00 - 20:00	345	313	376	368

Tabla 94. Volumen de la vía Llanogrande Mall Guandalay (15)

Hora	Q (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	WE	EW	WE	EW
6:00 - 7:00	400	600	266	366
7:00 - 8:00	606	676	424	503
8:00 - 9:00	614	689	484	545
9:00 - 10:00	500	527	561	532
10:00 - 11:00	580	511	613	645
11:00 - 12:00	600	536	596	712
12:00 - 13:00	573	556	687	728
13:00 - 14:00	541	582	713	718
14:00 - 15:00	747	715	717	664
15:00 - 16:00	714	851	822	694
16:00 - 17:00	776	779	623	754
17:00 - 18:00	891	719	723	792
18:00 - 19:00	752	637	588	647
19:00 - 20:00	401	339	480	504

Tabla 95. Volumen horario vía Aeropuerto calle 47 (16)

Hora	Q (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	WE	EW	WE	EW
6:00 - 7:00	437	855	353	487
7:00 - 8:00	469	715	376	508
8:00 - 9:00	376	467	333	453
9:00 - 10:00	363	352	351	330
10:00 - 11:00	331	312	416	315
11:00 - 12:00	469	368	449	430
12:00 - 13:00	406	437	534	451
13:00 - 14:00	397	389	569	534
14:00 - 15:00	533	406	592	443
15:00 - 16:00	429	368	505	348
16:00 - 17:00	616	410	541	378
17:00 - 18:00	792	617	464	453
18:00 - 19:00	546	455	425	375
19:00 - 20:00	302	292	394	277

Tabla 96. Volumen horario salida Autopista Med Bog (Belén) (17)

Hora	Q (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	WE	EW	WE	EW
6:00 - 7:00	485	930	434	718
7:00 - 8:00	674	1339	575	823
8:00 - 9:00	674	1450	614	833
9:00 - 10:00	650	1213	600	796
10:00 - 11:00	640	1195	609	774
11:00 - 12:00	731	851	676	766
12:00 - 13:00	757	720	719	788
13:00 - 14:00	781	862	784	802
14:00 - 15:00	700	993	862	927
15:00 - 16:00	762	960	757	801
16:00 - 17:00	840	878	738	818
17:00 - 18:00	1137	891	845	817
18:00 - 19:00	1432	655	836	762
19:00 - 20:00	584	530	763	576

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 97. Volumen horario salida Autopista Med Bog Los Sauces (18)

Hora	Q (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	WE	EW	WE	EW
6:00 - 7:00	212	371	384	526
7:00 - 8:00	628	593	464	523
8:00 - 9:00	579	479	515	452
9:00 - 10:00	574	358	482	322
10:00 - 11:00	537	354	546	372
11:00 - 12:00	610	397	575	492
12:00 - 13:00	564	299	654	430
13:00 - 14:00	696	451	798	435
14:00 - 15:00	620	555	677	520
15:00 - 16:00	658	501	560	425
16:00 - 17:00	898	595	424	377
17:00 - 18:00	724	649	654	348
18:00 - 19:00	670	420	643	321
19:00 - 20:00	559	217	502	278

Tabla 98. Volumen horario salida Autopista Med Bog (Marinilla) (19)

Hora	Q (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	NS	SN	NS	SN
6:00 - 7:00	232	156	194	121
7:00 - 8:00	291	244	167	125
8:00 - 9:00	239	214	194	169
9:00 - 10:00	154	130	158	150
10:00 - 11:00	188	138	181	114
11:00 - 12:00	218	133	191	125
12:00 - 13:00	222	151	211	150
13:00 - 14:00	317	209	219	200
14:00 - 15:00	246	144	228	139
15:00 - 16:00	227	141	229	170
16:00 - 17:00	259	233	243	178
17:00 - 18:00	299	163	247	174
18:00 - 19:00	231	140	230	149
19:00 - 20:00	146	86	170	133

Tabla 99. Volumen horario vía El Carmen de Viboral (Belén) (20)

Hora	Q (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	NS	SN	NS	SN
6:00 - 7:00	467	640	328	428
7:00 - 8:00	348	714	384	561
8:00 - 9:00	402	415	352	429
9:00 - 10:00	321	381	392	373
10:00 - 11:00	374	367	360	364
11:00 - 12:00	373	388	418	335
12:00 - 13:00	377	404	505	442
13:00 - 14:00	410	480	537	485
14:00 - 15:00	502	393	600	458
15:00 - 16:00	424	490	479	417
16:00 - 17:00	485	503	487	421
17:00 - 18:00	724	582	531	461
18:00 - 19:00	671	436	519	407
19:00 - 20:00	459	310	493	368

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Volumen horario de máxima demanda

Tabla 100. Volumen horario de máxima demanda para límite municipal

Punto	VHMD (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	NS - WE	SN - EW	NS - WE	SN - EW
2	685	885	964	619
5	61	60	51	55
6	428	671	421	464
7	1360	1123	1241	1035
8	510	791	510	601
10	29	46	28	61
11	799	731	659	531

Tabla 101. Volumen horario de máxima demanda para límite urbano

Punto	VHMD (uvp/h)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	NS - WE	SN - EW	NS - WE	SN - EW
14	582	590	560	542
15	891	851	822	792
16	792	855	592	534
17	1432	1450	862	927
18	898	649	798	526
19	317	244	247	200
20	724	714	600	561

- Tasa de flujo máxima

Tabla 102. Flujo máxima para límite municipal

Punto	qmax (uvp/15 min)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	NS - WE	SN - EW	NS - WE	SN - EW
2	225	255	255	214
5	27	19	19	19
6	130	208	129	146
7	364	328	348	278
8	153	270	133	157
10	12	15	10	27
11	269	260	188	143

Tabla 103. Flujo máxima para límite urbano

Punto	qmax (uvp/15 min)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	NS - WE	SN - EW	NS - WE	SN - EW
14	165	163	152	148
15	228	236	216	210
16	227	303	158	147
17	430	402	241	269
18	294	186	235	173
19	93	73	76	57
20	216	213	174	150

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Factor de hora de máxima demanda

Tabla 104. Factor de hora de máxima demanda para límite municipal

Punto	FHMD			
	Dia hábil		Dia sabado	
	NS - WE	SN - EW	NS - WE	SN - EW
2	0,761	0,868	0,945	0,723
5	0,565	0,789	0,671	0,724
6	0,823	0,806	0,816	0,795
7	0,934	0,856	0,892	0,931
8	0,833	0,732	0,959	0,957
10	0,604	0,767	0,7	0,565
11	0,743	0,703	0,876	0,928

Tabla 105. Factor de hora de máxima demanda para límite regional

Punto	FHMD			
	Dia hábil		Dia sabado	
	NS - WE	SN - EW	NS - WE	SN - EW
14	0,882	0,905	0,921	0,916
15	0,977	0,901	0,951	0,943
16	0,872	0,705	0,937	0,908
17	0,833	0,902	0,894	0,862
18	0,764	0,872	0,849	0,76
19	0,852	0,836	0,813	0,877
20	0,838	0,838	0,862	0,935

- Velocidad a flujo libre

Tabla 106. Velocidad base a flujo libre para aforos regionales

Punto	Vlimite (km/h)	BFFS (km/h)
2	100	108
5	100	108
6	100	108
7	100	108
8	100	108
10	100	108
11	100	108

Tabla 107. Velocidad base a flujo libre para aforos del cordón externo

Punto	Vlimite (km/h)	BFFS (km/h)
14	80	88
15	80	88
16	80	88
17	100	108
18	80	88
19	80	88
20	80	88

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Valores de factores de ajuste

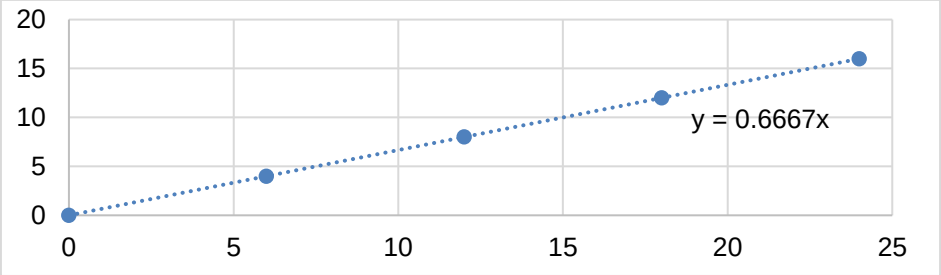

Figura 89. Interpolación factor de ajuste por puntos de acceso

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 108. Factores de ajuste en vías del límite municipal

Punto	Factores de ajuste			
	f lw	f lc	f m	f a
2	1	-	-	3
5	1	-	-	3
6	1	-	-	5
7	1	0,6	0	5
8	1	-	-	6
10	1	-	-	3
11	1	-	-	4

Tabla 109. Factores de ajuste en vías del límite urbano

Punto	Factores de ajuste			
	f lw	f lc	f m	f a
14	1	-	-	7
15	1	-	-	5
16	1	-	-	4
17	1	0,6	0	7
18	1	-	-	5
19	1	-	-	8
20	1	-	-	3

ANEXO 26: Velocidad a flujo libre

Tabla 110. Velocidad a flujo libre para límite municipal

Punto	FFS (km/h)
2	104
5	104
6	102
7	101,4
8	101
10	104
11	103

Tabla 111. Velocidad a flujo libre para límite urbano

Punto	FFS (km/h)
14	80
15	82
16	83
17	99,4
18	82
19	79
20	84

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Tasa de flujo

Tabla 112. Tasa de flujo límite municipal

Punto	qe (uvp/h/carril)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	NS - WE	SN - EW	NS - WE	SN - EW
2	900	1020	1020	856
5	108	76	76	76
6	520	832	516	584
7	728	656	696	556
8	612	1080	532	628
10	48	60	40	108
11	1076	1040	752	572

Tabla 113. Tasa de flujo límite urbano

Punto	qe (uvp/h/carril)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	NS - WE	SN - EW	NS - WE	SN - EW
14	660	652	608	592
15	912	944	864	840
16	908	1212	632	588
17	860	804	482	538
18	1176	744	940	692
19	372	292	304	228
20	864	852	696	600

- Densidad vial

Tabla 114. Densidades límite municipal

Punto	k (uvp/km/carril)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	NS - WE	SN - EW	NS - WE	SN - EW
2	8,65	9,81	9,81	8,23
5	1,04	0,73	0,73	0,73
6	5,1	8,16	5,06	5,73
7	7,18	6,47	6,86	5,48
8	6,06	10,69	5,27	6,22
10	0,46	0,58	0,38	1,04
11	10,45	10,1	7,3	5,55

Tabla 115. Densidades límite urbano

Punto	k (uvp/km/carril)			
	Dia hábil		Dia sabado	
	NS - WE	SN - EW	NS - WE	SN - EW
14	8,25	8,15	7,6	7,4
15	11,12	11,51	10,54	10,24
16	10,94	14,6	7,61	7,08
17	8,65	8,09	4,85	5,41
18	14,34	9,07	11,46	8,44
19	4,71	3,7	3,85	2,89
20	10,29	10,14	8,29	7,14

ANEXO 14: Niveles de servicio según la densidad según Highway Capacity Manual

Tabla 116. Nivel de servicio según densidad

LOS	Density Range (pc/km/ln)
A	0–7
B	> 7–11
C	> 11–16
D	> 16–22
E	> 22–28
F	> 28

Fuente: (Transportation Research Board, 2000)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 15: Secciones transversales del vías del límite municipal del Plan Vial

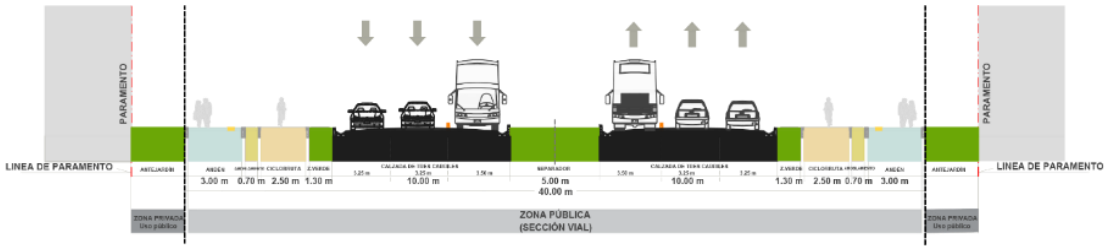

Ilustración 1. Sección transversal vía primaria

Fuente: (Universidad Católica de Oriente, Alcaldía de Rionegro & Cámara Colombiana Construcción Regional Antioquia, 2016)

ANEXO 16: Secciones transversales del vías del límite urbano del Plan Vial

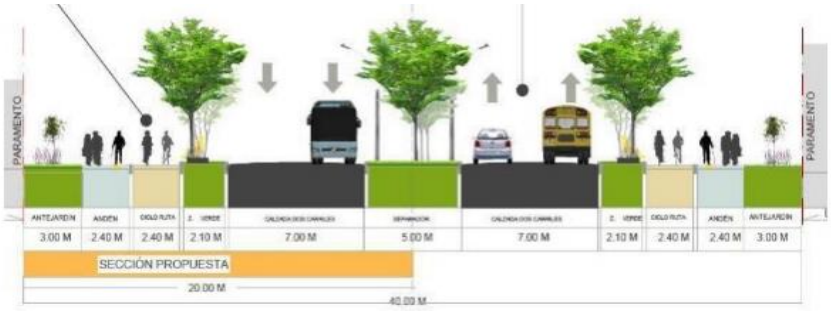

Ilustración 2. Sección vía nueva El Tanque - Fontibón – Postobón

Fuente: (Municipios Asociados Altiplano Oriente Antioqueño & Alcaldía de Rionegro, 2016)

Ilustración 3. Sección vía nueva Casa Mía - Procícola Ojo de Agua

Fuente: (Municipios Asociados Altiplano Oriente Antioqueño & Alcaldía de Rionegro, 2016)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

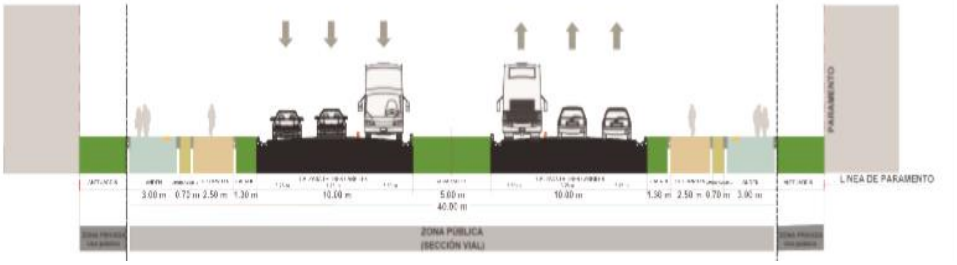

Ilustración 4.Sección de vía nueva Kakaraka -Empanadas Caucanas

Fuente: (Municipios Asociados Altiplano Oriente Antioqueño & Alcaldía de Rionegro, 2016)

Ilustración 5.Sección de vía nueva La Amalita – Vilachuaga

Fuente: (Municipios Asociados Altiplano Oriente Antioqueño & Alcaldía de Rionegro, 2016)

ANEXO 17: Flujo de vías actuales

Tabla 117. Flujo de vías actuales para análisis municipal

Punto	Vía	Flujo (uvp/h)
2	Peaje Variante Las Palmas	1920
5	Peaje Santa Elena	184
6	Aeropuerto - Hipódromo	1352
7	Marinilla - Guarne	2768
8	Santuario - Marinilla	1692
10	Glorieta Don Diego	148
11	Semáforo Llanogrande	2116

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 118. Flujo de vías actuales para análisis del casco urbano

Punto	Vía	Flujo (uvp/h)
14	Vía La Ceja	1312
15	Vía Llanogrande Mall Guandalay	1856
16	Vía Aeropuerto Comando de Policía Calle 47	2120
17	Salida Autop Medellín Bogotá (Belén)	3328
18	Salida Autop Medellín Bogotá Los sauces	1920
19	Salida Autop Medellín Bogotá (Marinilla)	664
20	Vía El Carmen de Viboral (La Carmina)	1716

ANEXO 18: Relación de vías y puntos de aforos

Tabla 119. Relación de vías y puntos de aforos para análisis municipal

Anillo		Via	Punto
1		Vía Marinilla - Guarne	7
2		Vía Santuario - Marinilla	8
3	a	Vía Llanogrande semáforo	11
	b	Vía San Antonio de Pereira	
4		Glorieta Don Diego	10
5	a	Peaje Variante Las Palmas	2
	b	Peaje Santa Elena	5
	c	Túnel de Oriente	2 y 5
6		Vía Aeropuerto - Hipódromo	6

Tabla 120. Relación de vías y puntos de aforos para análisis del casco urbano

Anillo		Via	Punto
1	a	Salida Autopista Medellín Bogotá (Belén)	17
	b	Vía El Tanque - Fontibón - Postobón	
2	a	Salida Autopista Medellín Bogotá Los Sauces	18
	b	Vía El Tanque - Fontibón - Postobón	
3		Salida Autopista Medellín Bogotá (Marinilla)	19
4	a	Vía El Carmen de Viboral (La Carmina)	20
	b	Vía Casa Mia - Procícola Ojo de Agua	
5	a	Vía La Ceja	14
	b	Vía Casa Mia - Procícola Ojo de Agua	
		Vía Kakaraka -Empanadas Caucanas	
6	a	Vía Llanogrande Mall Guandalay	15
	b	Vía la Amalita - Vilachuaga	
7		Vía Aeropuerto Comando de Policia Calle 47	16

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 19: Tasa de flujo de vías actuales y planteadas en el Plan Vial

Tabla 121. Tasa de flujo de vías actuales y planteadas en análisis municipal

Anillo		Via	Flujo	
			qe (uvp/h)	qe (uvp/h-carril)
1		Vía Marinilla - Guarne	2768	461
2		Vía Santuario - Marinilla	1692	282
3	a	Vía Llanogrande semáforo	1058	176
	b	Vía San Antonio de Pereira	1058	176
4		Glorieta Don Diego	148	25
5	a	Peaje Variante Las Palmas	960	160
	b	Peaje Santa Elena	92	15
	c	Túnel de Oriente	1052	175
6		Vía Aeropuerto - Hipódromo	2768	461

Tabla 122. Tasa de flujo de vías actuales y planteadas en análisis del casco urbano

Anillo		Via	Flujo	
			qe (uvp/h)	qe (uvp/h-carril)
1	a	Salida Autopista Medellín Bogotá (Belén)	1664	277
	b	Vía El Tanque - Fontibón - Postobón	1664	416
2	a	Salida Autopista Medellín Bogotá Los Sauces	960	480
	b	Vía El Tanque - Fontibón - Postobón	960	240
3		Salida Autopista Medellín Bogotá (Marinilla)	664	332
4	a	Vía El Carmen de Viboral (La Carmina)	858	429
	b	Vía Casa Mia - Procícola Ojo de Agua	858	215
5	a	Vía La Ceja	437	219
	b	Vía Casa Mia - Procícola Ojo de Agua	437	109
		Vía Kakaraka -Empanadas Caucanas	437	73
6	a	Vía Llanogrande Mall Guandalay	928	464
	b	Vía la Amalita - Vilachuaga	928	464
7		Vía Aeropuerto Comando de Policia Calle 47	2120	1060

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 20: Flujo vial proyectado a 70 años

Tabla 123. Flujo vial proyectado a 70 años en análisis del límite municipal

Anillo		Via	Incremento flujo (uvp/h-carril)	Supera capacidad
1		Vía Marinilla - Guarne	3416	Si
2		Vía Santuario - Marinilla	2088	Si
3	a	Vía Llanogrande semáforo	1306	Si
	b	Vía San Antonio de Pereira	1306	Si
4		Glorieta Don Diego	183	No
5	a	Peaje Variante Las Palmas	1185	No
	b	Peaje Santa Elena	114	No
	c	Túnel de Oriente	1298	Si
6		Vía Aeropuerto - Hipódromo	3416	Si

Tabla 124. Flujo vial proyectado a 70 años en análisis del límite urbano

Anillo		Via	Incremento flujo (uvp/h-carril)	Supera capacidad
1	a	Salida Autopista Medellín Bogotá (Belén)	2054	Si
	b	Vía El Tanque - Fontibón - Postobón	3080	Si
2	a	Salida Autopista Medellín Bogotá Los	3554	Si
	b	Vía El Tanque - Fontibón - Postobón	1777	Si
3		Salida Autopista Medellín Bogotá (Marinilla)	2458	Si
4	a	Vía El Carmen de Viboral (La Carmina)	3177	Si
	b	Vía Casa Mia - Procícola Ojo de Agua	1588	Si
5	a	Vía La Ceja	1619	Si
	b	Vía Casa Mia - Procícola Ojo de Agua	810	Si
		Vía Kakaraka -Empanadas Caucanas	540	No
6	a	Vía Llanogrande Mall Guandalay	3436	Si
	b	Vía la Amalita - Vilachuaga	3436	Si
7		Vía Aeropuerto Comando de Policia Calle 47	7849	Si

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXO 21: Ampliación y construcción de vías para requerimientos viales

- Análisis municipal

Tabla 125. Descripción de carriles/sentido para requerimientos viales del análisis municipal

Anillo		Via	Carriles/ sentido	Carriles/ sentido
1		Vía Marinilla - Guarne	3	3
2		Vía Santuario - Marinilla	3	1
3	a	Vía Llanogrande semáforo	3	-
	b	Vía San Antonio de Pereira	3	-
4		Glorieta Don Diego	3	-
5	a	Peaje Variante Las Palmas	3	-
	b	Peaje Santa Elena	3	-
	c	Túnel de Oriente	3	-
6		Vía Aeropuerto - Hipódromo	3	3

Tabla 126. Flujo vial proyectado y tasa de crecimiento anual del flujo para requerimientos viales del análisis municipal

Anillo		qe (uvp/h-carril)	Futuro (70 años) %9,15		Futuro (70 años) % sostenible		
			Incremento flujo (uvp/h-carril)	Supera capacidad	Faltante flujo (uvp/h-carril)	Incremento anual (uvp/h-carril)	Tasa de crecimiento anual del flujo (%)
1		231	1708	Si	969	14	6,0
2		212	1566	Si	989	14	6,7
3	a	-	-	-	-	-	-
	b	-	-	-	-	-	-
4		-	-	-	-	-	-
5	a	-	-	-	-	-	-
	b	-	-	-	-	-	-
	c	-	-	-	-	-	-
6		231	1708	Si	969	14	6,0

- Análisis del casco urbano

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 127. Descripción de carriles/sentido para requerimientos viales del análisis del casco urbano

Anillo		Via	Vía existente		Vía nueva
			Aumento	Carriles/	Carriles/
1	a	Salida Autopista Medellín Bogotá (Belén)	-	3	1
	b	Vía El Tanque - Fontibón - Postobón	-	2	2
2	a	Salida Autopista Medellín Bogotá Los Sauces	+ 2	3	-
	b	Vía El Tanque - Fontibón - Postobón	+ 1	2	2
3		Salida Autopista Medellín Bogotá (Marinilla)	+ 1	2	-
4	a	Vía El Carmen de Viboral (La Carmina)	+ 1	2	-
	b	Vía Casa Mia - Procícola Ojo de Agua	-	2	-
5	a	Vía La Ceja	-	1	-
	b	Vía Casa Mia - Procícola Ojo de Agua	-	2	-
		Vía Kakaraka -Empanadas Caucanas	-	3	-
6	a	Vía Llanogrande Mall Guandalay	+ 1	2	-
	b	Vía la Amalita - Vilachuaga	+ 1	2	-
7		Vía Aeropuerto Comando de Policia Calle 47	+ 2	3	2

Tabla 128. Flujo vial proyectado y tasa de crecimiento anual del flujo para requerimientos viales del análisis del casco urbano

Anillo		qe (uvp/h-carril)	Futuro (70 años) %9,15		Futuro (70 años)		
			Incremento flujo	Supera	Faltante flujo	Incremento anual	Tasa de crecimiento
1	a	208	1540	Si	392	5,6	2,7
	b	208	1540	Si	392	5,6	2,7
2	a	160	1185	Si	440	6,3	3,9
	b	120	889	Si	480	6,9	5,7
3		166	1229	Si	434	6,2	3,7
4	a	215	1588	Si	386	5,5	2,6
	b	215	1588	Si	386	5,5	2,6
5	a	219	1619	Si	381	5,4	2,5
	b	109	810	Si	491	7	6,4
		73	540	No	527	7,5	10,3
6	a	232	1718	Si	368	5,3	2,3
	b	232	1718	Si	368	5,3	2,3
7		212	1570	Si	388	5,5	2,6

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.