

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN EN PLANES DE GESTIÓN  
DE PAVIMENTOS LOCALES**

**VIVIANA MARCELA PÉREZ RODRÍGUEZ  
YUNEIDY TATIANA QUINTERO PÉREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS  
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN  
BUCARAMANGA**

**2014**

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN EN PLANES DE GESTIÓN  
DE PAVIMENTOS LOCALES**

**VIVIANA MARCELA PÉREZ RODRÍGUEZ  
YUNEIDY TATIANA QUINTERO PÉREZ**

**Trabajo de grado para optar por el título de  
ECONOMISTAS**

**DIRECTOR  
FREDDY JESÚS RUIZ HERRERA.  
Magister en Ciencias Económicas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS  
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN  
BUCARAMANGA**

**2014**

*A Dios por darme la fortaleza y sabiduría para tomar decisiones, y así permitirme culminar otra meta más en mi vida.*

*A mi familia y en especial a mi esposo Jorge Torres por apoyarme en todo momento y darme ánimo siempre.*

*A Tatiana Quintero mi compañera y amiga de lucha...*

*Viviana Marcela Pérez Rodríguez*

*A Dios, a mis Padres y a Johan Andrey Quintero Arias*

*Yuseidy Tatiana Quintero Pérez*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios por disponer lo necesario en nuestro favor, acompañarnos y darnos la sabiduría para lograr nuestro objetivo.

A nuestras familias por el apoyo incondicional, y que a pesar de la distancia siempre estuvieron presentes en nuestros proyectos y decisiones.

A la universidad Industrial de Santander y en especial al grupo de investigación de Geomática por apoyarnos con el tema de investigación y darnos las herramientas necesarias para desarrollarlo.

A nuestro director Freddy de Jesús Ruiz, por su interés y tiempo dedicado en este proyecto de Grado, por sus aportes de conocimiento y experiencia para el buen desarrollo del mismo.

A nuestros docentes y amigos que nos orientaron manteniendo principios y valores, buscando nuestra promoción como profesionales, a través de diferentes herramientas de carácter material e intelectual, durante todo nuestro periodo de estudio.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	16
1. GASTO PÚBLICO Y EFICIENCIA EN INFRAESTRUCTURA VIAL A NIVEL LOCAL .....	18
1.1 EFICIENCIA DEL GASTO PÚBLICO .....	18
1.1.1 Política económica .....	18
1.1.2 Gasto Público .....	20
1.1.3 La eficiencia del gasto público .....	23
1.1.4 La planificación del ente territorial, clave de la eficiencia .....	26
1.2 PLANIFICACIÓN EN INFRAESTRUCTURA VIAL .....	27
1.3 ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DE PAVIMENTOS .....	31
1.4 ENFOQUE DE CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO, Y CULTURA DE PREVENCIÓN EN EL MANTENIMIENTO VIAL .....	33
2. MODELO DE PRIORIZACIÓN DE INVERSIONES EN PLANES DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS .....	37
2.1 SISTEMAS DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y REQUERIMIENTOS .....	37
2.1.1 Sistemas de soporte a las decisiones .....	40
2.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN .....	41
2.2.1 Jerarquización de la red vial .....	43
2.2.2 Volumen de tránsito .....	44
2.2.3 Señalización .....	44
2.2.4 Inspección Visual del Pavimento .....	44
2.2.5 Evaluación Técnica de la Condición del Pavimento .....	45
2.2.6 Intervenciones según las necesidades .....	45
2.3 MODELO DE PRIORIZACIÓN .....	46
2.3.1 Variables técnicas .....	49
2.3.2 Variables sociales .....	50

2.4 EVALUACIÓN DE INVERSIONES .....	51
2.4.1 El valor actual de costos – VAC .....	52
2.4.2 Costo Anual Equivalente-CAE .....	53
2.5 FINANCIAMIENTO DE INVERSIONES Y RESTRICCIONES PRESUPUESTARIAS .....	54
3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN (CASO DE ESTUDIO PARA RED LOCAL) EN PLANES DE GESTIÓN VIAL .....	57
3.1 SISTEMA DE GESTION PROPUESTO .....	58
3.1.1 Metodología de programación .....	58
3.1.2 Costos Totales de Reparación .....	63
3.1.3 Metodología De Intervención .....	64
3.1.4 Modelo de Priorización Propuesto .....	65
3.1.5 Restricción presupuestaria .....	68
3.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y RESULTADOS .....	70
3.2.1 Alternativa 1. Prioridad a Variables Técnicas .....	71
3.2.2 Alternativa 2. Prioridad a variables sociales .....	73
3.2.3 Alternativa 3. Solo incluye variables técnicas .....	75
3.2.4 Alternativa 4. Solo incluye Variables Sociales .....	77
3.2.5 Alternativa 5. Aplica restricción presupuestaria .....	78
3.2.6 Selección de Alternativa Óptima .....	82
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	83
BIBLIOGRAFÍA .....	89

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Proceso de Gestión. ....	33
Tabla 2. Relación deterioro, Tipo de intervención e indicador asignado. ....	61
Tabla 3. Costos Unitarios de Reparación. ....	61
Tabla 4. Costos de Intervención por metro cuadrado. ....	62
Tabla 5. Costos de Intervención por metro cuadrado. ....	62
Tabla 6. Costos de Reparación en caso de no hacer intervenciones de Mantenimiento. ....	63
Tabla 7. Indicadores de la Jerarquía Vial. ....	66
Tabla 8. Resultado de plan de inversiones Alternativa 1. ....	71
Tabla 9. Evaluación alternativa 1. ....	73
Tabla 10. Resultado de plan de inversiones Alternativa 2. ....	74
Tabla 11. Evaluación alternativa 2. ....	75
Tabla 12. Resultado de plan de inversiones Alternativa 3. ....	75
Tabla 13. Evaluación alternativa 3. ....	76
Tabla 14. Resultado de plan de inversiones Alternativa 4. ....	77
Tabla 15. Evaluación alternativa 4. ....	78
Tabla 15. Resultado de plan de inversiones Alternativa 5. ....	80
Tabla 15. Evaluación alternativa 5. ....	81
Tabla 16. Resumen de resultados de las alternativas propuestas. ....	82

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Propuesta de esquema teórico del proceso de planeación vial. ....	30
Figura 2. Costo de aplazar inversiones de mantenimiento y rehabilitación .....	35
Figura 3. Implicaciones de diferentes estrategias en la condición del pavimento .	36
Figura 4. Red local analizada.....	57
Figura 5. Interfaz de la Hoja de Cálculo.....	59
Figura 6. Matriz a trabajar.....	59
Figura 7. Estado actual de la Malla y Longitud de tramos. ....	60
Figura 8. Color de indicadores de Prioridad.....	65
Figura 9. Clasificación de la Malla según Deterioro y Jerarquía Vial. ....	66
Figura 10. Clasificación de acuerdo al Estrato.....	67
Figura 11. Clasificación de acuerdo equipamientos.....	68
Figura 12. Ejemplo de Inversión con Restricción presupuestaria. ....	69
Figura 13. Comportamiento inversión Alternativa 1. ....	72
Figura 14. Comportamiento inversión Alternativa 2. ....	74
Figura 15. Comportamiento inversión Alternativa 3. ....	76
Figura 16. Comportamiento inversión Alternativa 4 .....	78
Figura 17. Inversiones Propuesta bajo un modelo de restricción.....	79
Figura 18. Tramos seleccionados para intervenir en el año 1.....	80
Figura 19. Comportamiento inversión Alternativa 5 .....	81

## RESUMEN

**TÍTULO:** EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN EN PLANES DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS LOCALES.\*

**AUTOR:** VIVIANA MARCELA PÉREZ RODRÍGUEZ \*\*

YUNEIDY TATIANA QUINTERO PÉREZ. \*\*

**PALABRAS CLAVE:** ADMINISTRACIÓN, PAVIMENTOS, INVERSIÓN, PRIORIZACIÓN, EVALUACIÓN.

Los planes de gestión de pavimentos son herramientas que han sido poco exploradas en los países en desarrollo; a nivel local se ha dificultado implementar estos métodos, ya que las investigaciones que desarrollan los modelos teóricos, se han realizado en países como Estados Unidos, Francia, Japón entre otros, y utilizan variables específicas de su localización geográfica y condición actual, algunos se han estandarizado a nivel mundial; sin embargo, estos modelos recomiendan hacer estudios propios en cada región de aplicación y calibrar los modelos con el fin de obtener resultados más precisos.

Los sistemas de gestión vial contribuyen en la toma de decisiones de inversión, dado que permiten determinar necesidades técnicas, establecer tipos de intervención, costos y planes de inversión; además de considerar aspectos sociales que evalúen la importancia de los tramos a invertir a través un modelo de priorización.

El estado del pavimento determina el costo de transporte e influye sobre los flujos de comercio de una sociedad razón por la cual es necesario que las localidades desarrollen sistemas de gestión para la toma de decisiones en la administración de pavimentos urbanos y rurales, que tenga como fin el uso eficiente de los recursos destinados al desarrollo y fortalecimiento del patrimonio vial. La construcción y el mantenimiento de las vías debe ser tema de agenda especial en los procesos de planeación de inversiones de los gobiernos locales. En este trabajo de investigación, se desarrolla un modelo de priorización y evaluación de inversiones con aplicación a entes territoriales, se presenta como aporte al proceso de construcción de sistemas de gestión de pavimentos urbanos en las administraciones territoriales.

\*Proyecto de Grado para optar por el título de economistas.

\*\*Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía y administración. Director. Freddy Jesús Ruiz Herrera.

## ABSTRACT

**TITLE:** EVALUATION OF ALTERNATIVE MANAGEMENT PLANS INVESTMENT IN LOCAL PAVEMENTS.\*

**AUTHORS:** VIVIANA MARCELA PÉREZ RODRÍGUEZ. \*\*  
YUNEIDY TATIANA QUINTERO PÉREZ. \*\*

**KEYWORDS:** MANAGEMENT, PAVEMENTS, INVESTMENT, PRIORITIZATION, APPRAISAL.

The pavement management plans, are tools that have been little explored in developing countries; locally it has been difficult to implement these methods, since investigations that develop theoretical models have been conducted in countries like the U.S. , France, Japan and others , and use specific variables of their geographical location and current condition , some have standardized worldwide; however, recommend these models do own studies in each region of application and calibration models to obtain more accurate results.

Road management systems contribute in making investment decisions, as techniques for determining needs, identifying types of intervention, costs and investment plans; also consider social aspects to evaluate the importance of investing sections through prioritization model.

The pavement condition determines the cost of transport and influences trade flows of a society which is why it is necessary that localities develop management systems for decision making in the management of urban and rural pavement, that is intended to efficient use of resources for the development and strengthening of road assets. The construction and maintenance of roads should be subject to special agenda in the planning processes of local government investments. In this research, a model of investment prioritization and evaluation with application to regional authorities is presented as a contribution to the process of building management systems in urban pavements develops territorial governments.

\*Graduation project to qualify for the title of Economist.

\*\*Faculty of Humanities. School of Economics and Management. Director. Freddy Jesús Ruiz Herrera.

## INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial sirve como medio de comunicación e incide en la creación de cadenas productivas generadas por el transporte de pasajeros y mercancías que impulsan el comercio y la producción industrial; por lo cual, se constituye en una variable significativa para el desarrollo económico de una sociedad. Las vías terrestres interconectan los puntos de producción y consumo y el estado de las mismas determina el costo de transporte (tiempos de viaje, consumo de combustible, tasas de accidentalidad entre otros), los cuales a su vez influyen sobre los flujos de comercio nacional e internacional de un país. Motivo suficiente para que la construcción y el mantenimiento de las vías sea un tema de agenda especial de los gobiernos.

En países como Estados Unidos, Japón, Francia, se han desarrollado metodologías o modelos, para optimizar la inversión de recursos en infraestructura vial, con el apoyo de entidades internacionales como el Banco Mundial; esto con el fin de garantizar el uso seguro y confortable de la red por parte de los usuarios, resguardar el patrimonio vial existente, evitar sobrecostos y, materializar los beneficios socio-económicos de las inversiones, como ejemplo de estas metodologías están, el mundialmente conocido HMD-4 y el RONET.

En los países en desarrollo los recursos financieros son más escasos que en los industrializados, y por tanto se requiere con mayor razón disponer de metodologías que optimicen las inversiones, estas herramientas en conjunto constituyen los sistemas de administración vial. En este sentido Videla y Echavarría,<sup>1</sup> afirman que los costos de investigación y tecnología involucrados en los modelos obliga a los países en desarrollo a la adaptación de aquellos creados por instituciones internacionales.

---

<sup>1</sup> VIDELA C., Carlos y ECHAVARRÍA, Gerardo. Administración de la conservación de pavimentos: un caso de transferencia y adaptación de tecnología. En: Revista Ingeniería de Construcción. Agosto, 2006. Vol. 21. No 2, p. 91-106

En Colombia, Bogotá, Bucaramanga y Medellín han tratado de adaptar dichas metodologías; a pesar que, se observan avances en la administración vial, se necesita precisión en la adaptación a los requerimientos específicos de cada red vial, con el fin de lograr sistemas eficientes. Las ciudades pequeñas y los municipios, por lo general, carecen de sistemas de gestión vial, anualmente las administraciones locales invierten miles de millones de pesos en construcción y conservación de vías, a pesar de ello, se observa que el estado de las redes viales municipales no se encuentra en condiciones óptimas para transitar.

Los entes de administración vial en virtud del principio constitucional de eficiencia deben diseñar sistemas de gestión vial, simplificados y con respeto a las particularidades de cada localidad. Estos sistemas requieren elementos básicos como, un inventario de la malla vial que dé cuenta de la condición actual y necesidad de los pavimentos; y un modelo de priorización de inversiones que ordene el tiempo de las intervenciones y el uso del presupuesto.

Los sistemas de gestión de pavimentos, se erigen como fundamento de la eficiencia de los planes de inversión viales, puesto que los pavimentos son elemento principal de la infraestructura vial. En esta investigación, se estudia el gasto público y su eficiencia operativa; se desarrolla un modelo de priorización de inversiones que incluye variables técnicas y sociales; y se realiza la aplicación del modelo a un tramo de la red vial del municipio de Bucaramanga, además de incluir el análisis de las alternativas de inversión resultantes.

## **1. GASTO PÚBLICO Y EFICIENCIA EN INFRAESTRUCTURA VIAL A NIVEL LOCAL**

### **1.1. EFICIENCIA DEL GASTO PÚBLICO**

La eficiencia del gasto público en las administraciones locales, está relacionado con la forma en que se usan los recursos públicos para optimizar el impacto de las decisiones de gasto; con el objeto de identificar por qué en repetidas ocasiones el gasto público no maximiza el impacto de las medidas implementadas.<sup>2</sup>

La eficiencia del gasto público, es un tema que cada vez adquiere más fuerza en la academia, debido a los retos que enfrentan las administraciones con las restricciones presupuestales y a la necesidad de transparencia en el actuar público. En esta investigación, se tuvo en cuenta la política económica y la planificación territorial como herramienta clave que determina la eficiencia del gasto.

**1.1.1. Política económica.** El principal objetivo de un gobierno en materia económica es lograr un crecimiento sostenido en el largo plazo, y conseguir que los beneficios producto del incremento del nivel de la economía se distribuyan entre todos los grupos y capas sociales; para alcanzar los mencionados fines, el sector público usa un conjunto de estrategias y acciones conocidas como “política económica”.

La política económica es el instrumento de intervención del gobierno en la económicos a través de herramientas como legislación, incentivos, subsidios, impuestos entre otras medidas; con el objetivo de lograr la estabilidad económica del país, situación que se refleja en el pleno empleo de los recursos productivos, el control de la inflación, la eficiente asignación de los recursos y la distribución de la riqueza.

---

<sup>2</sup> ABUSADA, Roberto; CUSATO, Antonio y PASTOR Cinthya. Eficiencia del gasto en el Perú. Gobierno del Perú. Lima, Mayo de 2008. p.1. <en línea> Disponible en: [http://www.mef.gob.pe/contenidos/pol\_econ/documentos/eficiencia\_del\_gasto\_en\_el\_peru.pdf]

Las herramientas mencionadas se refieren desde el ámbito sectorial a la política agraria, industrial, energética, de transportes, comercial, turística, de viviendas entre otras; e instrumentalmente aluden a la política fiscal, monetaria, cambiaria, de precios y del sector externo. La forma de emplear estas políticas depende de los objetivos económicos y sociales de la administración, que está en el poder y de la coyuntura de la sociedad.

Desde el ámbito instrumental, la política monetaria y la política fiscal son fundamentales en la economía; la política monetaria es dirigida por el banco central, comprende el control de la oferta monetaria y de las tasas de interés, a fin de influir sobre el valor de la divisa nacional, la producción, la inversión, el consumo y la inflación. La política fiscal es controlada por el gobierno, engloba el ajuste de los niveles de gasto del gobierno y de los impuestos como variables de control para mantener la estabilidad económica, tiene como objetivos últimos la estabilidad de los precios, la dinamización de la economía a través de la mayor ocupación de los recursos productivos de la sociedad, tiene una función redistributiva y de asignación de recursos, que conlleva a mejorar el nivel de vida de las personas y la relación entre el ciudadano y el gobierno.<sup>3</sup>

Los entes gubernamentales determinan a través de políticas las prioridades estratégicas de la comunidad y las áreas donde se deben invertir eficientemente los recursos comunes de los ciudadanos; en este sentido, la política fiscal comprende la función reguladora del Estado, configura el gasto público y los impuestos, como variables de control para asegurar y mantener la estabilidad económica.

Es así que, en virtud de su capacidad y deber, el gobierno se vale de la política fiscal para impactar directamente el nivel de la actividad económica y el bienestar social. Esto lo hace a través del manejo de las finanzas públicas, que se ocupan de la captación y aplicación de los recursos del Estado, y su incidencia sobre el

---

<sup>3</sup> RAMÍREZ, Helio Fabio. Libro Virtual de Finanzas públicas. Publicaciones Universidad Libre. Vol. 1, 2008. p. 260. <en línea> Disponible en:[ <http://www.eumed.net/libros-gratis/2008c/465/>]

sector privado, procurando optimizar las actuaciones para lograr los efectos proyectados en cada sector. El uso racional de los recursos se materializa a través del presupuesto, el cual calcula los ingresos y gastos en un periodo determinado, al final son los ingresos y los gastos públicos los medios para regular la actividad económica financiera y la satisfacción de necesidades colectivas.<sup>4</sup>

En este estudio se profundiza en el tema del gasto público como elemento esencial de la política económica, de las finanzas públicas y específicamente del presupuesto público en las administraciones locales.

**1.1.2. Gasto Público.** En cuanto a la definición de gasto público el teórico francés Maurice Duverger presenta dos enfoques básicos de gasto público<sup>5</sup>: el socioeconómico y el jurídico; este documento se refiere al gasto público en términos de la naturaleza jurídica del sujeto que gasta, es decir se entiende por gasto público, el que realiza el sujeto representante del sector público que esta investido de los privilegios estatales en cualquiera de sus niveles estructurales; se aclara para hacer diferencia de la definición socioeconómica, la cual establece que, si hay una transformación o impacto en la sociedad, debe entenderse como gasto público, así no haya sido efectuado por una persona de derecho público.

La ordenación del gasto público depende de la legislación presupuestal de cada país, en el presupuesto público los gastos se estructuran según una triple clasificación: la orgánica, que es la que distribuye el gasto público según la propia estructura y organigrama del Estado; la funcional o también denominada por programas, desglosa el gasto considerando su finalidad, los agrupa por sectores (educación, salud, infraestructura, etc.), en función de los objetivos de la administración; y la económica, que corresponde a la clasificación

---

<sup>4</sup> VELASCO, Orlando. Finanzas públicas municipales. Teoría y práctica del estatuto orgánico presupuestal. Editorial: Universidad Externado de Colombia. Bogotá, 2007. p. 450.

<sup>5</sup> DUVERGER, Maurice. Hacienda Pública. Libro primero, cuadro de las instituciones financieras, primera parte, Los medios de la actuación financiera: gastos recursos y tesorería. Editorial: Bosh. Vol. 1. 1968. p. 445.

tradicionalmente utilizada, resalta la naturaleza y objeto del gasto, especifica en qué partidas y conceptos deben destinarse los recursos.<sup>6</sup>

De acuerdo a la clasificación económica, el gasto público se configura en gastos de funcionamiento, gastos destinados al servicio de la deuda, es decir el pago de interés y amortización de capital y gastos de inversión.<sup>7</sup>

Los gastos públicos en Colombia se clasifican en:

- Gastos de funcionamiento: Son los que garantizan el funcionamiento y la marcha del aparato estatal. Entre los gastos de funcionamiento se encuentran los gastos de personal, los gastos generales, transferencias y gastos de operación. Parte importante de los gastos de funcionamiento son los recursos destinados a financiar salud; educación pre-escolar, primaria, secundaria y media en las proporciones que establezca la ley.
- Gastos que cubren el servicio de la deuda: Comprende tanto el pago o abono de la deuda pública externa o interna, como de los intereses, la financiación y las comisiones que deban pagarse por las mismas.
- Gastos de inversión: Son los gastos destinados al aumento del patrimonio público, tales como obras de infraestructura; y gastos en inversión social, tales como agua potable, acueducto, alcantarillado; los gastos en inversión social son conocidos como gasto público social.

Los lineamientos y decisiones de gasto del gobierno se toman a través de un proceso político que se materializa mediante la elaboración y aprobación del presupuesto, en este documento financiero deben estar representados los intereses de los diversos sectores y grupos de interés del país. En Colombia, el poder ejecutivo es el encargado de diseñar el presupuesto, y de presentarlo al

---

<sup>6</sup> Ibíd., p. 41-54.

<sup>7</sup> Tomado de: Universidad de Antioquia. <en línea> Disponible en: [http://docencia.udea.edu.co/derecho/constitucion/gasto\_publico.html]

poder legislativo, el cual se encarga del proceso de aprobación. El gasto público no puede aprobarse de manera global, debe discriminarse, a razón que los recursos públicos son limitados y deben alcanzar para atender las necesidades de un país en el corto plazo y lograr un equilibrio presupuestal.

El gasto del sector público está sujeto a diversos controles; a nivel nacional, el control político lo ejerce el Congreso; el Ejecutivo lo ejerce el Ministerio de Hacienda y el Departamento Nacional de Planeación, y el control fiscal numérico legal le corresponde a las Contralorías; en los departamentos y municipios, estas funciones son responsabilidad de la representación territorial de las mencionadas entidades.

El gasto público en los entes territoriales, específicamente los gastos de inversión, tienen como objetivo incrementar el bienestar de los individuos mediante los programas de prestaciones económicas (subsidios) y la provisión de bienes preferentes, es decir, aquellos bienes que la sociedad considera que se debe recibir o consumir sin importar el nivel de renta. En cuanto a la importancia de este aspecto la CAF ha considerado que “Las inversiones públicas y en concreto la infraestructura, constituye un importante instrumento de política económica, pues desencadenan importantes efectos económicos que contribuyen al crecimiento sostenido de la economía y en momentos de crisis pueden actuar como elemento de estabilización anticíclica” Las erogaciones municipales constituyen el elemento esencial del manejo de las finanzas municipales, puesto que dependiendo del monto, naturaleza y eficiencia del gasto que presupueste y ejecute el gobierno, así mismo será el efecto que se tenga dentro de la economía y la sociedad.

Analizar el gasto público local, vale la pena realizar preguntas como “¿cuál es el volumen del gasto?; ¿cuál es el origen de los recursos y dónde se van a invertir?; ¿Qué beneficios traerán y quiénes los percibirán?; ¿Cuál es el efecto social del gasto?; ¿Tiene un efecto redistributivo y cuáles son sus limitantes?; ¿Qué

repercusiones tiene el gasto en la estabilidad financiera presente y futura de la administración?, ¿Qué criterios se deben seguir en la asignación y ejecución de presupuestos?”, estas son algunas de las cuestiones que se pueden hacer acerca de la gestión del gasto.

Es deber de las administraciones, responder estos interrogantes y desarrollar un eficaz y eficiente presupuesto de gastos. El adecuado manejo de las finanzas públicas es una tarea compleja, teniendo en cuenta que, los recursos públicos son limitados, razón por la cual se debe contar una planeación previa, con el objeto de dar cumplimiento al deber y al bienestar general.

Cuando no se logra cumplir los planes de desarrollo, los administradores, por lo general, se excusan en la falta de recursos; razón por la cual, se presenta entonces, un interrogante, ¿Qué se debe hacer para mejorar el desempeño del sector público, en materia de gasto, en las administraciones locales?, el énfasis debería estar en aumentar el monto o en mejorar la eficiencia en su asignación y utilización. En el siguiente apartado, se aborda el tema de la eficiencia del gasto público, su importancia y algunas de las causas de ineficiencia en las administraciones locales.

**1.1.3. La eficiencia del gasto público.** La eficiencia, en este caso se refiere, al impacto que las políticas de gasto tienen en la equidad, la sostenibilidad y bienestar social de los individuos. A nivel nacional, se han desarrollado mecanismos de planificación y regulación para invertir dineros del Estado y la gestión de los recursos es más óptima que a nivel regional o local. En las localidades, se proyecta la ejecución del presupuesto mediante planes de inversión pública que deben ejecutar en el transcurso del periodo de gobierno, a pesar de ello, se observa que la gestión de los recursos en múltiples ocasiones no es eficiente.

Cuando se habla de eficiencia en el gasto público, se hace referencia, la optimización del uso de los recursos para lograr un mismo objetivo. La eficiencia

puede evaluarse indirectamente con base a los productos (*outputs*) generados por el gobierno, tiene que ver con la calidad y cobertura de los bienes y servicios del sector público; o se puede evaluar de manera directa, al medir resultados globales (*outcomes*), es decir, cuando se tienen en cuenta los efectos de una política sobre el total de la población; por ejemplo al hablar de porcentaje de niños vacunados se hace un enfoque hacia los *outputs*, si el énfasis se en un enfoque en los *outcomes*, se debe analizar la tasa de mortalidad infantil.<sup>8</sup>

Según la literatura de gestión del gasto público, la eficiencia del gasto se puede estudiar desde dos enfoques. El primero es la eficiencia asignativa, que está enfocada en determinar si los recursos son destinados a prioridades definidas a partir de los objetivos principales que la sociedad desea alcanzar. El segundo es la eficiencia operativa, esta se refiere a la eficiencia con la que se utilizan los recursos, una vez ya han sido destinados en los distintos proyectos, esto para obtener los mejores resultados. Machado afirma que, *“independientemente del enfoque que se adopte, el análisis de la eficiencia del gasto público requiere vincular el nivel del gasto con lo obtenido a partir de él; esto permite determinar si el gobierno debería obtener más dado su nivel de gasto, o si debería gastar menos dados los productos y/o resultados obtenidos.”*<sup>9</sup> Por tanto, es necesario construir indicadores para los productos y resultados del sector público, y relacionarlos con las categorías de gasto público relevantes.

La construcción de dichos indicadores es no es fácil, puesto que, generalmente hay poca información y no hay continuo seguimiento de las políticas públicas de gasto; razón por la cual, es necesario alimentar constantemente bases de datos que permitan analizar el comportamiento y la evolución de los gastos realizados, con el fin de que los entes puedan planificar, administrar, ejecutar y dar

---

<sup>8</sup> MACHADO, Roberto. Un gasto que valga. Los fondos públicos en Centroamérica y República Dominicana. Publicaciones especiales sobre el desarrollo del Banco Interamericano de Desarrollo. Estados Unidos de América. 2008. p.15. <en línea> Disponible en:[ <http://publications.iadb.org/handle/11319/231?locale-attribute=es>]

<sup>9</sup> *Ibíd.*, p.108.

seguimiento a las inversiones públicas a lo largo de todo el ciclo presupuestal, a este proceso se le conoce como gestión de gasto.

Las causas de la ineficiencia del gasto en las administraciones locales son diversas, entre ellas resalta, la falta de planificación, los malos manejos políticos, las irregularidades en los sistemas de contratación, entre otros. En este sentido, Rodríguez Ávila, en una investigación acerca de la eficiencia del gasto público en el Municipio de San José de Cúcuta, concluye que, entre las principales causas se encuentran: *“la aplicación de recursos propios a actividades sin valor agregado, los contratos de prestación de servicios personales innecesarios, la improvisación en el manejo de los recursos propios, la ausencia de prioridades, la cultura del despilfarro, ausencia de programas de capacitación para los funcionarios involucrados directamente en los procesos.”*<sup>10</sup>

Es conveniente, resaltar aquí, el lado débil de la autonomía dada por la constitución a las entidades territoriales, lo que en teoría, puede ser la mayor de las ventajas, se ha convertido en la flaqueza del manejo presupuestal municipal; esto porque existe una marcada tendencia de la clase política a tomar posesión de los recursos públicos en su propio beneficio; es concluyente que, la voluntad política es indispensable para lograr el cumplimiento de las metas de los presupuestos y de los proyectos de inversión.

La mejora de la eficiencia en el uso de los recursos públicos es un objetivo que debe recibir un impulso político-legal, mediante diversas iniciativas entre ellas: el desarrollo de un sistema de gestión de gasto que posibilite la planeación inteligente, que este enfocada en un presupuesto orientado a resultados, y con avances en materia de gestión de recursos humanos, implantación de TICs y mecanismos de auditoría y control.

---

<sup>10</sup> RODRÍGUEZ, Carmen Rosa. Eficiencia del gasto público en el municipio de San José de Cúcuta. Tesis Especialización. Cúcuta. Escuela Superior de Administración Pública. Programa Especialización en Finanzas Públicas, 2006. p. 30-31.

En el siguiente apartado, se trata de manera específica, el tema de la planificación en el ente territorial como elemento clave de la eficiencia del sector público. En el capítulo segundo y tercero de este documento, se presenta una propuesta para lograr una mayor eficiencia operativa de los recursos asignados a la red vial local, esto a través de un modelo de priorización de inversiones y un análisis de las alternativas priorizadas.

**1.1.4. La planificación del ente territorial, clave de la eficiencia.** La planeación adecuada por parte de los entes administrativos nacionales y territoriales está estipulada en el artículo 339 de la constitución colombiana, en el cual se establece que debe haber un Plan Nacional de Desarrollo que especifique los propósitos y objetivos de largo plazo, las prioridades de la acción estatal y un plan de inversiones de las entidades públicas del orden nacional; así mismo las entidades territoriales deben elaborar un plan de desarrollo acorde a las funciones asignadas y a las necesidades vigentes, que estará conformado por una parte estratégica y un plan de inversiones de mediano y corto plazo.

La implementación del esquema de descentralización administrativa, propia de las políticas de desarrollo llevadas a cabo por el gobierno nacional, hace notoria la importancia de la planeación en todos los entes territoriales, en especial de los municipios, dado que son los entes territoriales fundamentales de la división política administrativa del Estado y gozan de autonomía política, administrativa y fiscal.

La autonomía territorial en Colombia está contenida en el artículo 287 de la Constitución, en este se hace mención a tres tipos de autonomía, estas son: la autonomía política que hace referencia a la facultad para elegir y gobernarse por autoridades propias, la autonomía administrativa alude a la capacidad de ejercer las competencias que le correspondan y la autonomía fiscal que comprende la

competencia para establecer los tributos necesarios para el cumplimiento de sus funciones, administrar sus propios recursos y participar de las rentas nacionales; la autonomía de los poderes públicos otorgados a los entes territoriales autónomos no es absoluta y encuentran limitantes en la constitución y la ley.

Dadas las garantías constitucionales de planificación y autonomía, es competencia de los administradores territoriales, trabajar por ir más allá de la norma y lograr una planeación estratégica. En este sentido, el Departamento Nacional de Planeación, cuenta con una propuesta metodológica para adelantar eficiente y eficazmente procesos de planeación de largo plazo en los Departamentos y Municipios del país.

Todas las acciones de planeación del gobierno, buscan el bienestar de la sociedad, tienen diferentes enfoques (Salud, educación, Vivienda, Infraestructura, entre otros) y cada uno de ellos, es importante para el desarrollo de los planes de gobiernos. En esta investigación se prestará mayor interés en uno de estos enfoques, en este caso Infraestructura Vial, a continuación, se profundiza en la planificación en este sector.

## **1.2. PLANIFICACIÓN EN INFRAESTRUCTURA VIAL**

El sistema vial constituye un componente fundamental de la estrategia nacional de desarrollo, tiene como objetivo orientar las actuaciones en el sector para fortalecer la integración económica y territorial, con el fin de reducir costos de transporte, tiempos de viaje, e incrementar la rentabilidad de las actividades productivas y mejorar la competitividad. El transporte desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico y social de una comunidad, por esta razón se debe garantizar el buen estado de la infraestructura vial para permitir la circulación de los diferentes tipos de vehículos

En materia de infraestructura vial, la Ley 136 de 1994, afirma que, el municipio tiene como función la construcción y mantenimiento de vías urbanas y rurales del

rango municipal, mientras que las vías urbanas que formen parte de las carreteras nacionales deben estar a cargo de la nación y a cargo del departamento las que sean departamentales.

Es responsabilidad de los entes estatales (alcaldías, gobernaciones, entre otros) garantizar el buen estado de las vías, con el fin de facilitar las comunicaciones, el transporte y las relaciones comerciales entre países, departamentos, ciudades y localidades; esto se lograra a partir de un proceso consensuado y eficaz de planificación en infraestructura vial.

La planificación en infraestructura vial se define como el conjunto de estudios necesarios para determinar la función de que debe cumplir una red vial determinada, teniendo en cuenta sus características, orden de jerarquía, de intervención y mantenimientos necesarios con el fin de optimizar la asignación de recursos, en beneficio de la comunidad, y así lograr impulsar el desarrollo departamental o local.

La planificación vial facilita cuantificar la demanda del transporte y analizar alternativas para satisfacerla, consiste en agrupar, dentro del análisis variables técnicas, factores, socioeconómicos y políticos que caracterizan una región. La planificación vial permite establecer los lineamientos institucionales y financieros para la gestión vial.

Se deben resaltar los beneficios de la planificación con el objeto promover su utilización, a continuación se presenta algunos de estos beneficios: <sup>11</sup>

- Recopila un conjunto de información, la cual puede ser compartida dentro de la organización, entre instituciones o el público en general.
- Logra los mejores beneficios con el dinero disponible.
- Da a conocer las consecuencias de las medidas de conservación en base a experiencias similares anteriores.

---

<sup>11</sup> SOLMINIHAC, Hernán. Gestión de Infraestructura Vial. 3 ed. Santiago de Chile. Alfaomega, 2005. p.16.

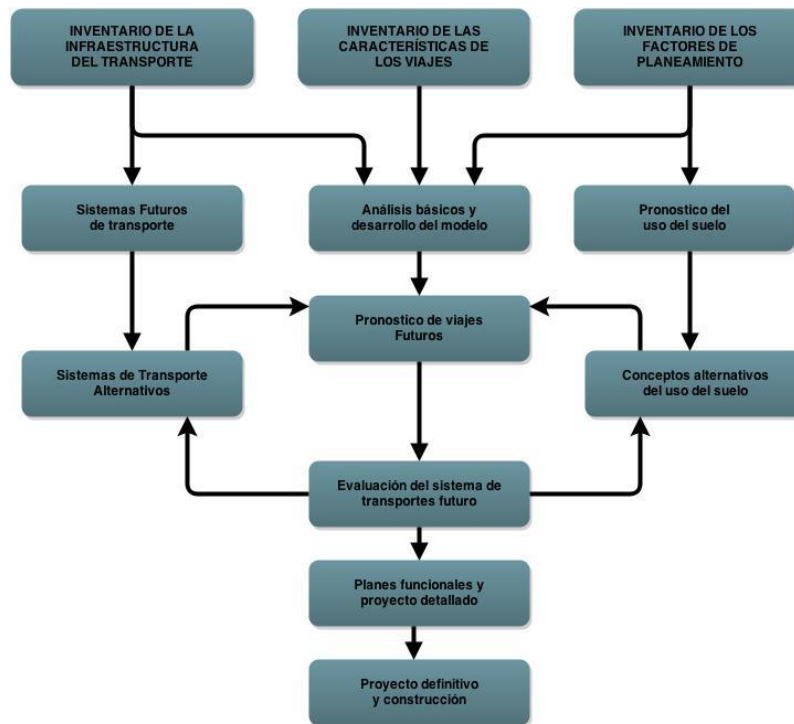
- Con modelos de priorización se precisan los puntos que se deben intervenir primero.

Los entes administradores son los responsables del proceso de desarrollo de estrategias que permiten intervenir en el mejoramiento de la red vial a su cargo de manera eficiente. Para una adecuada planeación se requieren herramientas que ayuden a la toma de decisiones en lo relacionado a la conservación y las necesidades de inversión, que permitan evaluar el avance e impacto de las inversiones realizadas así como ajustar y adaptar los planes trazados de acuerdo a las circunstancias.<sup>12</sup> A continuación se presenta un esquema teórico propuesto, del proceso de planificación vial.

---

<sup>12</sup> BAÑÓN Blázquez, Luis; BEVIÁ García, José Francisco. Manual de carreteras. Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A., 2000. Vol. 2. p. 3. ISBN 84-607-0123-92. <en línea> Disponible en: [<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1787>]

Figura 1. Propuesta de esquema teórico del proceso de planeación vial.



Fuente: Manual de Carreteras de Bañón Blázquez & Beviá García.

El esquema anterior muestra a través de un diagrama de flujo los elementos que se debe tener en cuenta en el proceso de planificación. No obstante cuando se habla de infraestructura vial se aduce a todas las estructuras necesarias para el buen funcionamiento del sistema (puentes, carreteras, túneles, andenes, señales de tránsito, entre otras), por esta razón se deben establecer metodologías para la evaluación y seguimiento del estado y condición de la infraestructura que permita proporcionar seguridad, confort y economía, de modo que se pueda alcanzar la mayor rentabilidad posible sujeto a las restricciones técnicas, sociopolíticas, económicas y ambientales existentes.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> SALGADO Torres, M. Modulo Gestión de Pavimentos. 2011. p. 144. <en línea> Disponible en: [http://es.scribd.com/doc/62462965/Microsoft-PowerPoint-modulo-de-gestion-de-pavimentos

Esta tarea de planificación de infraestructura vial puede representar una labor compleja para los administradores, por ello se recomienda dividir y trabajar ordenadamente bajo criterios de evaluación similares con el objeto de compilar el proceso a finalizar cada una de las tareas. En este trabajo de investigación se presentará de manera más exhaustiva el proceso de Administración y gestión de uno de los elementos básicos de la infraestructura vial: *Los pavimentos*.

### **1.3. ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DE PAVIMENTOS**

Cuando se habla de “*pavimentos*” se hace referencia a una estructura compuesta por diferentes capas de material que permiten el flujo vehicular sobre el terreno natural, su importancia en la infraestructura vial radica en la utilización de los mismos, para facilitar el desplazamiento de los vehículos garantizando confort, seguridad y durabilidad al usuario. En términos económicos es el elemento que requiere más recursos para su construcción y conservación; de la condición y estado de los mismos depende la magnitud de los costos de operación de los usuarios.

La administración de vías no es un tema nuevo, según la literatura los primeros en hablar de este tema fueron los romanos, quienes mantenían en buenas condiciones los caminos de sus ciudades controlando el número de animales que pasaban sobre el mismo, la dimensión y forma de los vehículos, y realizaban periódicamente mantenimiento con una organización de capataces y camineros.<sup>14</sup>

Desde 1920 en Estados Unidos se empezaron investigaciones en el área de los pavimentos, con el fin de mejorar el diseño, el mantenimiento y construcción de caminos. Para ello se realizaron varios estudios empíricos y teóricos, desarrollados principalmente por la American Association of State Highway Officials (AASHO) en los años 1950 y 1960. Luego de estas investigaciones se han

---

<sup>14</sup> MONTOYA Goicochea, Jorge Eduardo. Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM-4 para la Red Vial Nro. 5 Tramo Ancón – Huacho – Pativilca. Ediciones: Universidad Ricardo Palma Lima, Perú 2007. p. 56. <en línea> Disponible en: [http://posugf.com.br/biblioteca/?word=Implementaci%C3%B3n%20del%20Sistema%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20Pavimentos%20con%20Herramienta%20HDM-4]

desarrollado programas y metodologías de variado nivel de detalle y formalidad, utilizando nuevas tecnologías que han permitido considerables avances en el tema.

La administración de pavimentos se define como el proceso sistemático para mantener, mejorar y operar una red de pavimentos, teniendo en cuenta los ciclos de vida de la estructura, costos y sistemas de administración. Cuando se habla de “gestión de pavimentos” se hace referencia al uso de información segura y consistente para desarrollar criterios de decisión, otorgar alternativas realistas y contribuir a la eficiencia en la toma de las decisiones, para así conseguir un programa de acción económicamente óptimo y en el cual se provea una retroalimentación de las consecuencias de las decisiones tomadas, como medio de asegurar su efectividad.<sup>15</sup>

La importancia de la administración y gestión de pavimentos radica en la adecuada utilización de los datos o información disponible del estado de las vías y estructuras, con el fin de proponer planes de conservación que permitan la prevención y corrección de deterioros oportunamente, teniendo en cuenta las herramientas de gestión que ayudan a tomar las decisiones, seleccionando las acciones más adecuadas, su costo y fijando sus prioridades, dentro de las disponibilidades económicas de la entidad administradora (pública o privada).


La gestión de pavimentos es un proceso con diferentes actividades como adquisición de información inicial, procesamiento de la información, priorización de inversiones, evaluación de alternativas, toma de decisiones, gestión de financiamiento, planificación y programación de intervenciones, ejecución y retroalimentación; la apropiada puesta en marcha de las actividades mencionados, se traduce en anteriormente, depende una apropiada gestión de pavimentos.

---

<sup>15</sup> HASS, R.; Hudson, W.R.; ZANIEWSKI, J. Modern Pavement Management. Editorial: Krieger Publishing Company, Florida. 1993. p. 604. <en línea> Disponible en: [<http://www.pavementmanagement.org/ICMPfiles/1998108.PDF>]

Dentro del proceso de gestión existen actividades o etapas que deben seguirse, estas son: planeación, programación, preparación y operación. En la Tabla 1, se caracteriza cada actividad en función del horizonte temporal de aplicación, el personal responsable, la cobertura espacial y el nivel de detalle de los datos.

Tabla 1. Proceso de Gestión.

Actividad	Horizonte temporal	Personal Responsable	Cobertura espacial	Detalle de los Datos
Planeación	Largo plazo (estratégica)	Alta dirección	toda la red	Muy general
Programación	Mediano plazo (táctica)	Mandos Medios	Red analizada	
Preparación	Año del presupuesto	Mandos Medios	Tramos	
Operación	Muy corto plazo	Personal operativo	Sectores	Detallado

Fuente: Módulo de Gestión de Pavimentos HDM4. Por: Ing. Mauricio Salgado Torres.

En el siguiente apartado se profundiza en cómo el proceso de gestión, puede ser aplicado en las administraciones territoriales; específicamente se hace un análisis de los enfoques de corto, mediano y largo plazo de la planificación en pavimentos.

#### **1.4. ENFOQUE DE CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO, Y CULTURA DE PREVENCIÓN EN EL MANTENIMIENTO VIAL**

El ciclo de gestión referenciado en el apartado anterior constituye un ordenamiento ideal para complejas redes viales, requiere en cada una de las etapas sistemas adicionales que apoyen cada función específica; por ejemplo en la actividad programación, se requiere un sistema de gestión presupuestal que garantice el cumplimiento de los objetivos.

En los entes territoriales de primer nivel, se debe simplificar el ciclo de gestión y adaptarlo a cada realidad. Es así que, en los municipios la actividad de planeación vial, debe ser desarrollada por el alcalde y la secretaría de infraestructura vial y aprobada por el concejo municipal, debe tener un enfoque estratégico general y de largo plazo, que abarque la totalidad de la red vial, y se rija por los lineamientos de las administraciones departamentales y nacionales.

Es preciso que las administraciones municipales adquieran destreza en la planificación a largo plazo y logren superar el limitado rango de un periodo de gobierno; esto hará que puedan prever las necesidades de la red vial, los requerimientos de inversión, y de manera anticipada logren gestionar los recursos financieros necesarios para realizar las obras en el momento oportuno y de forma eficiente; la implementación de un plan decenal(o más años) municipal de infraestructura vial, podría constituirse en el marco normativo que guie las inversiones y actuaciones en materia de infraestructura vial, en los siguientes diez años o más años. Este plan debe guardar convergencia de objetivos con los planes departamentales y municipales

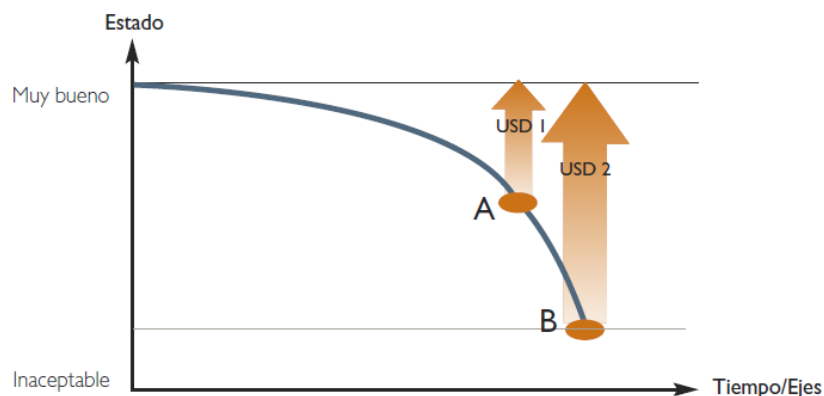
La programación se debe desarrollar en el rango de tiempo que abarca un periodo de gobierno; implica un análisis de la red específico, puede ser desarrollada mediante un plan plurianual de inversiones, en el cual se van detallando las inversiones a desarrollar año a año; en este nivel, las actividades deben enmarcarse en planes los decenales o quindeniales de la etapa de planeación, a fin que exista consistencia entre ellos; la programación anual de actividades deber concentrarse en mantenimiento y mantenimiento periódico menor, como sellado y bacheo, y así lograr mantener el patrimonio físico constituido por las vías de la red.

La actividad de preparación está directamente relacionada con el presupuesto, y con los tramos específicos a intervenir luego de la aplicación del modelo de priorización. La operación constituye una actividad propia de las empresas a las

cuales se le haya asignado el proyecto, previa licitación; las operaciones deben ser guiadas y supervisadas por la entidad encargada a nivel municipal.

Las vías son elemento esencial del patrimonio de un municipio, la disponibilidad de vías adecuadas es esencial para garantizar la competitividad y promover el desarrollo local y la calidad de vida de los habitantes; el mal estado de la red vial aumenta el costo de los usuarios. La gestión de pavimentos efectuada en la actualidad en los municipios está orientada hacia una cultura de la reparación, es decir la mayoría de los recursos de inversión se destinan a reparar los tramos que ya no están en condiciones mínimas de funcionamiento, y no se destinan recursos al mantenimiento de los tramos que están en buenas condiciones. Los efectos de estas decisiones, se pueden ver en la siguiente en la Figura 2.

Figura 2. Costo de aplazar inversiones de mantenimiento y rehabilitación



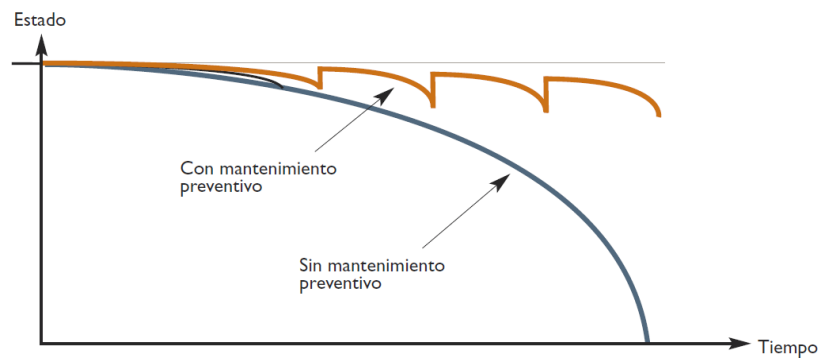
Fuente: Corporación Andina de Fomento. Mantenimiento vial. 2010

El gráfico evidencia el costo de aplazar las inversiones en mantenimiento preventivo y de favorecer la reparación; se observa la curva de deterioro del pavimento con el paso del tiempo, si en el momento A se le realiza mantenimiento y rehabilitación al tramo, el costo de la intervención sería USD 1, pero si se deja de hacer, el costo para volver a una situación igual será mucho mayor, el costo de rehabilitación aumentará conforme sea mayor el período en el cual no se realiza el

mantenimiento, y la velocidad con que aumenta ese costo será mayor a medida que pase el tiempo sin realizarlo.

La sostenibilidad del mantenimiento es un factor clave en la gestión de redes viales; la importancia de la continuidad en el mantenimiento preventivo se muestra en la siguiente gráfica:

Figura 3. Implicaciones de diferentes estrategias en la condición del pavimento



Fuente: Corporación Andina de Fomento. Mantenimiento vial. 2010

En la Figura 3, se puede observar el comportamiento de la vida útil de un pavimento (ver línea azul), no obstante se debe tener en cuenta que cuando se realizan mantenimientos preventivos constantemente, se puede prolongar la vida útil de los mismos (Ver Línea Marrón) y disminuir los costos de reparación a lo largo del tiempo. En el siguiente capítulo se hablará de las inversiones cuando se tienen en cuenta sistemas de gestión vial.

## 2. MODELO DE PRIORIZACIÓN DE INVERSIONES EN PLANES DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS

Para avanzar en el tema de la presente investigación, es preciso hacer referencia al concepto de sistemas como fundamento teórico y práctico de la administración vial, y su aplicación a la gestión vial en las administraciones locales.

### 2.1. SISTEMAS DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS Y REQUERIMIENTOS.

Un sistema es *“un conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre sí contribuyen a un determinado objetivo.”*<sup>16</sup> Una definición técnica expuesta por Kováček expresa que, un sistema *“es un modelo de ordenamiento que se aplica en una determinada organización que opera en un entorno cambiante,”*<sup>17</sup> que comprende un conjunto de elementos con relaciones de interacción e interdependencia que juntos forman un todo unificado en pro de un objetivo.

La metodología de sistemas es un proceso generalizado de solución de problemas desarrollado a partir de la observación de conductas de proyectos eficientes y sistemáticos. La estructura de un proceso de solución de problemas debe tener una incorporación sistemática de todos los factores técnicos, sociales y económicos que lo comprenden, además de ser una simulación lógica de sucesión de actividades involucradas en la eficiente solución de problemas. Es preciso señalar que, un determinado problema tiene una definición, análisis y conclusión en un escenario específico y cualquier cambio en dicho escenario implica que el problema fluctúe y que la solución propuesta originalmente no tenga aplicación en este nuevo escenario, tal consideración hace evidente la importancia de hacer un proceso continuo de retroalimentación.<sup>18</sup>

---

<sup>16</sup> REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española. Edición No. 22. 1992. <en línea> Disponible en: [ <http://www.rae.es/>]

<sup>17</sup> KOVACEVIC, A y GONZÁLEZ, A. Sistemas de Información, conceptos e implicaciones para la empresa. Universidad Católica de Santiago Chile, 1990. p. 46.

<sup>18</sup> SOLMINIHAC., Op.cit, p.19-26.

La aplicación de la metodología de sistemas en la infraestructura vial, es de vital importancia debido a la complejidad, especificidad y cantidad de variables que confluyen en un proceso de administración vial; la implementación metodológica se materializa en unas herramientas llamadas: Sistema de Gestión de Infraestructura Vial y Sistema de Gestión de Pavimentos.

Según Solminihac,<sup>19</sup> *“Un Sistema de Gestión de Infraestructura Vial comprende un conjunto coordinado de actividades relacionadas con la planificación, diseño, construcción, conservación, evaluación e investigación de todos los elementos que constituyen la infraestructura vial”*. Tiene como objetivo establecer la metodología para el seguimiento y evaluación del estado de los pavimentos, y así garantizar a la comunidad seguridad, confort y economía en el transporte, además de facilitar la eficiencia en el uso de los recursos invertidos.

Un Sistema de Gestión de Pavimentos es una herramienta de soporte para la toma de decisiones económicamente efectivas concernientes a la administración de pavimentos; tiene como objetivo establecer los requerimientos de presupuesto, programación y acciones de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de una red de pavimentos o un proyecto en particular, para cumplir con su objetivo requiere:<sup>20</sup>

- Contar con una interfaz flexible de fácil uso y entendimiento, que permita el ingreso constante de datos.
- Inventario de la red, es decir información concerniente a la actual condición de la red.
- Análisis de necesidades.
- Políticas de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción establecidas.
- Estimación del presupuesto disponible.

---

<sup>19</sup> SOLMINIHAC., Op.cit, p.27.

<sup>20</sup> LEIVA, Fabricio. Sistemas de soporte para la toma de decisiones en la administración de carreteras. Tesis de Maestría en administración de negocios. Universidad Estatal a Distancia. Sistema de Estudios de Posgrado. San José de Costa Rica, 2005. p. 3.

- Prioridades de la red (criterios económicos y sociales).
- Producto del análisis a nivel de red.
- Necesidades de fondos e impacto de las decisiones de financiamiento.
- Pronóstico de futuras condiciones y retroalimentación.

En cuanto al enfoque de alcance, los sistemas de gestión de pavimentos operan en dos niveles principales, en otras palabras, tienen dos enfoques de alcance: el nivel de red y el nivel de proyecto; a nivel de red permite determinar las necesidades de las obras requeridas en un conjunto de vías, permite un enfoque de mantenimiento preventivo; a nivel de proyecto establece los requerimientos de un proyecto en particular y está enfocado generalmente a la rehabilitación.

En este sentido, Solminihac establece que las actividades de Gestión de Pavimentos se concretan según el nivel en que se trabaje, y define las siguientes características para cada nivel:<sup>21</sup>

- El Nivel de Red: Incluye fundamentalmente un proceso de observación de un conjunto de pavimentos que conforman una red de caminos, con el propósito de planificar decisiones para grupos de proyectos, o para una red de caminos completa, a fin de optimizar la asignación de recursos. Tiene como propósito el desarrollo de un programa prioritario y organizado de rehabilitación, mantención o construcción de nuevos pavimentos teniendo en cuenta la restricción de presupuestos de la administración en cada periodo o año fiscal.
- El Nivel de Proyecto: El proceso de observación es de un proyecto o pavimento en particular, con el propósito de determinar el momento en que se debe realizar mantención y/o rehabilitación. Usa datos específicos de cada proyecto y otorga varias opciones de acuerdo a los objetivos; los modelos usados a este nivel requieren de información detallada en secciones

---

<sup>21</sup>SOLMINIHAC., Op.cit, p.37.

individuales de un camino. En este nivel los presupuestos son establecidos y se hace asignación general de ellos en una red determinada.

Las decisiones en ambos niveles deben ser compatibles y guardar armonía entre ellos, puesto que los dos niveles son interactivos y se afectan mutuamente. En las administraciones locales un sistema de gestión de pavimentos debe adecuarse a las restricciones y posibilidades de la administración; el grado de desarrollo de estos enfoques de alcance está supeditado a la disponibilidad de recursos e información, entre otros. La gestión de pavimentos urbanos locales es más compleja que a nivel nacional o rural debido a que existen variables que se deben tener en cuenta y en ocasiones son difíciles de cuantificar.

**2.1.1. Sistemas de soporte a las decisiones.** Los Sistemas de Gestión son metodologías complejas que requieren herramientas computacionales que apoyen la toma de decisiones de los administradores y permitan el desarrollo de estrategias a seguir para priorizar, seleccionar, y evaluar alternativas, en diversos escenarios; a estas herramientas se les conoce como sistemas de soporte a la decisiones o (Decision Support Systems) DSS por sus siglas en inglés

Los sistemas de soporte para toma de las decisiones orientadas a la gestión vial, deben alimentarse de información detallada y precisa; y requieren para su operación de recurso humano calificado. Uno de los programas más destacados y difundidos en materia de gestión vial, es el HDM-4 (Highway Development and Management System), es una aplicación computacional desarrollada por el Banco Mundial en apoyo con otras organizaciones, para ayudar a planear y mejorar las condiciones de la infraestructura carretera a nivel nacional.<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> CORTÉS, César Alberto. Metodología para la selección de alternativas de conservación de carreteras, usando el modelo HDM-4. Tesis profesional de Licenciatura en Ingeniería Civil. Universidad de las Américas Puebla. Universidad de las Américas Puebla. Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil. 2005. p.4. <en línea> Disponible en: [[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/cortes\\_p\\_ca/portada.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/cortes_p_ca/portada.html)]

Con base en los mismos principios del HDM-4, se han desarrollado otros modelos que sirven como herramienta en la evaluación de redes viales, tales como el software RONET (Road Network Evaluation Tools); este sistema permite evaluar el desempeño de la red de carreteras en el tiempo, con diferentes estados de intervención; está en capacidad de determinar los costos por tipo de intervención, además de determinar el déficit de financiación”.<sup>23</sup>

En las administraciones locales, la aplicación de un sistema de gestión de pavimentos y de un sistema que soporte las decisiones requiere de personal administrativo y técnico cualificado, y de bases de datos consolidadas. Por lo general los sistemas de soporte a las decisiones son de difícil aplicación en los ámbitos locales, por el costo del software, por la falta de personal calificado, la complejidad de la interfaz, la limitada información que existe para alimentar las entradas de los modelos, entre otras razones. Teniendo en cuenta lo anterior, existe la necesidad de desarrollar sistemas de soporte simplificados, adaptados a la realidad de cada localidad y de acuerdo a sus características.

## **2.2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

La información y la gestión de los sistemas de información son claves para la toma de decisiones dentro de una administración territorial, sin embargo a pesar de su importancia, son considerados como un recurso más y no se le brinda la debida trascendencia. La información en términos de Solminihac,<sup>24</sup> se puede definir como la adquisición del conocimiento derivado del estudio, o experiencia respecto de situaciones específicas, es un el conjunto organizado de datos procesados que llevan consigo un mensaje que puede cambiar el estado del sistema que recibe dicho mensaje.

---

<sup>23</sup> ARCHONDO-CALLAO, Rodrigo. RONET. Herramienta de Evaluación de Redes Viales. Guía para el Usuario. Ediciones: SSATP, 2009. p.7. <en línea> Disponible en: [http://siteresources.worldbank.org/EXTAFRSUBSAHTRA/Resources/1513929-1262811834472/SSATPWP89A-RONET-Spanish.pdf]

<sup>24</sup> SOLMINIHAC., Op.cit, p.23.

Para que la información logre cambiar el estado del sistema que recibe el mensaje, es necesario utilizar un proceso conocido como, flujo de la información, en el cual información pasa de la base de datos a un análisis que sirve como fundamento de la toma de decisiones y la posterior implementación. La administración y el manejo de abundante información requiere de sistemas de información, estos son herramientas desarrolladas con el objetivo de procesar la información de forma segura y de emitir resultados rápidamente.<sup>25</sup>

La eficiencia en la gestión de administración municipal, está relacionada con la información, y el trato de la misma, por ello, debe ser analizada de acuerdo a las condiciones propias de cada territorio. En la gestión de pavimentos se requieren datos relacionados con el espacio geográfico del municipio, la localización de las redes viales, y un conjunto de variables que giran en torno a esa localización, es conveniente entonces, conocer la relevancia que el adecuado uso y explotación de esta información geográfica representa para las entidades locales, logrando con ello mejorar su gestión municipal, política, social y económica.<sup>26</sup>

En la actualidad, algunas entidades locales disponen de sistemas de información que permiten realizar una gestión territorial más eficaz. Estos sistemas tienen la capacidad para relacionar los datos de tipo alfanumérico con la información cartográfica que describen sus territorios, a estos sistemas se les denominan Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Por más simplificado que sea el modelo de gestión de pavimentos que se implemente en la administración municipal, debe contar con una base de datos que soporte todo el engranaje. La mayoría de los municipios no dispone de información consolidada de la situación técnica de los pavimentos, por tal razón una de las primeras acciones a tomar es gestionar una base de información que

---

<sup>25</sup>SOLMINIHAC., Op.cit, p.24-25

<sup>26</sup> ORSI. Observatorio Regional de la Sociedad Información de Castilla y León. Los Sistemas de Información Geográfica en el ámbito de las Entidades Locales. España.2014. <en línea> Disponible en: [<http://www.orsi.jcyl.es>.]

contenga como mínimo: la jerarquía de la red vial, el volumen de tránsito, la señalización, una inspección visual, la evaluación técnica de la condición del pavimento, perfiles y pendientes viales, el índice de rugosidad y los espesores de las capas de pavimento. A continuación se da una breve explicación de estos requerimientos.

**2.2.1. Jerarquización de la red vial.** Es un ordenamiento de las vías según las características de los desplazamientos, las condiciones de operación, los tipos de vehículos, los flujos de tránsito, entre otros. La red vial urbana se debe clasificar y adecuar dependiendo de funciones específicas y así lograr atender las necesidades de movilidad de las personas y mercancías, de forma rápida, confortable y segura. La clasificación varía dependiendo del plan de Ordenamiento Territorial de cada ente territorial, en este documento se adopta la clasificación que presenta el Plan de Ordenamiento Territorial para Bucaramanga, el cual considera cuatro categorías principales:

- Vías Primarias: Son aquellas vías donde circula transporte público con paradas establecidas más o menos cada 500 metros, presentan tránsito de largo recorrido y velocidades relativamente altas.
- Vías Secundarias: Son las vías por donde circula tráfico público y común con paradas más frecuentes, su tránsito es de mediano recorrido y velocidades inferiores a 50Km/h.
- Vías Terciarias: Son las vías que constituyen el límite de circulación del sistema de transporte público, se le conocen también como vías colectoras, su tránsito es zonal, y maneja bajas velocidades.
- Vías Locales: Su función es proveer acceso a los predios, transitan vehículos livianos o semipesados particulares, se accede por transporte propio, se permite

el estacionamiento y el tránsito peatonal sin restricciones. Las vías locales se conectan entre ellas y con las vías colectoras.<sup>27</sup>

**2.2.2. Volumen de tránsito.** Es la cantidad de autos que circularan durante un intervalo de tiempo dado por la vía, suele clasificarse en bajo, medio y alto; debe ser considerado como dinámico, puesto que solamente son precisos para el periodo de duración de los aforos; su conocimiento hace posible hacer estimaciones razonables de la calidad y nivel de servicio prestado a los usuarios; en el estudio del volumen de tránsito es útil conocer la composición y variación de los distintos tipos de vehículos.

**2.2.3. Señalización.** Es el conjunto de señales viales de una red vial. Las señales viales son elementos físicos usados para indicar a los usuarios de la vía, la forma más correcta y segura de transitar; por medio de estas se tiene información previa de los obstáculos y condiciones de la vía, se transmiten órdenes, advertencias y orientaciones.<sup>28</sup>

**2.2.4. Inspección Visual del Pavimento.** Proceso mediante el cual se logra determinar la condición superficial de cada tramo de pavimento, se identifica el tipo, la extensión y la severidad del daño, y provee una visión de las causas de los deterioros y permite determinar si las fallas de un segmento son producidas por las cargas o por el clima.<sup>29</sup>

---

<sup>27</sup> INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA. ICG. Manual de diseño geométrico de vías urbanas. Consultoría VCHI S.A. Lima, Perú, 2005. <en línea> Disponible en:[[xa.yimg.com/kq/groups/13240622/1577638609/name/Manual](http://xa.yimg.com/kq/groups/13240622/1577638609/name/Manual)]

<sup>28</sup> JIMÉNEZ, Mariuxi y CEDEÑO, Virginia. Diseño de una campaña publicitaria de respeto a las señales de tránsito en la ciudad de milagro. Tesis de Grado Licenciatura en Diseño Gráfico. 2009. Universidad Estatal de Milagro. Unidad Académica Ciencias de la Educación y de la Comunicación. <en línea> Disponible en: <http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/1477/1/PROYECTO%20MARIUXI%20JIMENEZ.pdf>

<sup>29</sup> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Informe de diagnóstico. Caracterización de las vías de mediano y bajo flujo vehicular, implementación de un sistema de gestión de pavimentos para la malla vial...del municipio de Bucaramanga. Contrato Interadministrativo CI-INF N°099/2009 suscrito entre el Municipio de Bucaramanga y la Universidad Industrial de Santander, 2010. p.41

**2.2.5. Evaluación Técnica de la Condición del Pavimento.** Es un proceso más avanzado que la inspección visual, por medio del cual se logra determinar la condición estructural actual del pavimento; además de determinar los perfiles y pendientes viales, el índice de rugosidad del pavimento y los espesores de las capas.<sup>30</sup>

**2.2.6. Intervenciones según las necesidades.** La selección de la mejor alternativa de intervención para una sección de pavimento depende de diversas variables, la decisión final es exclusiva del criterio ingenieril. La decisión final del tipo de intervención depende, entre otras de: la condición actual de pavimento, del tipo de deterioro, del tipo de pavimento, del costo de aplicar y mantener el tratamiento, de la vida útil del tratamiento y de la adecuación del tratamiento a las condiciones del pavimento.<sup>31</sup>

Teniendo en cuenta las anteriores variables, es posible aplicar una serie de técnicas que permiten reparar o disminuir el deterioro y extender la vida útil del pavimento. A continuación, se referencia una breve descripción de los tipos de intervención, según la caracterización realizada por la Universidad Industrial de Santander.<sup>32</sup>

- **Reconstrucción:** Retiro y reemplazo total de la estructura de un pavimento para generar una nueva estructura.
- **Rehabilitación:** Conjunto de medidas que se aplican con el fin de recuperar la capacidad estructural del pavimento y hacerlo apto para un nuevo período de servicio.
- **Mantenimiento Periódico:** Conjunto de actividades superficiales que no comprometen las capas inferiores de la estructura del pavimento, tendientes a

---

<sup>30</sup> *Ibíd.*, p.42.

<sup>31</sup> LEIVA., *Op.cit*, p.7.

<sup>32</sup> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER., *Op.cit* p.47.

lograr que por lo menos se alcance el periodo de diseño o vida útil, manteniendo su condición de servicio considerando actividades como bacheo, parcheo, sello y capas de refuerzo.

- Mantenimiento Rutinario: Conjunto de actividades tendientes a lograr el cumplimiento de la vida útil de la estructura, lo que se constituye en una práctica preventiva, los sellos son la principal actividad en este tipo de intervención.

### 2.3. MODELO DE PRIORIZACIÓN

*“Lo que importa más nunca debe estar a merced de lo que importa menos”<sup>33</sup>*  
(Goethe, sabio Alemán)

Priorizar es un aspecto fundamental en la toma de decisiones. Dado que todas las posibles acciones son importantes para determinado grupo de interés, para priorizar, en primera medida hay que definir un listado de posibles problemas o requerimientos a suplir, y así proceder a darles un orden de importancia, con el fin de cumplir con los objetivos y planes trazados.

Priorizar es ordenar jerárquicamente los distintos requerimientos o problemáticas, según la importancia relativa asignada por los analistas. Es evaluar posibilidades de decisión, bajo las premisas que los problemas tienen diversos y relativos niveles de importancia, y que los recursos son insuficientes para intervenir todos los problemas encontrados.

Un modelo de priorización es una abstracción teórica del mundo real, que permite, reducir la complejidad de un sistema; ignorar detalles no aplicables al caso; incluir características relevantes; hacer predicciones concretas y sugerir el orden de ejecución de las actividades a realizar de un caso en particular; esto con el fin de

---

<sup>33</sup> Así inicia el capítulo tres del libro “Los siete hábitos de la gente altamente eficaz” de Stephen Covey.

cumplir con los objetivos y planes de la organización. Requiere de información confiable de todas las variables a ponderar, el tipo de información que se solicite, depende de los criterios que se elijan para priorizar y de la disponibilidad de los datos; en este sentido se puede decir que los modelos direccionan los estudios empíricos en la medida que sugieren qué criterios son más o menos relevante.<sup>34</sup>

El dilema al que se enfrentan los entes territoriales al momento de priorizar es el hecho de, tener que renunciar a unas opciones por escoger otras, sumado al coste de oportunidad de su elección. La priorización es un proceso ético y político de contrastación de valores e intereses alrededor de unas alternativas; aunque aparente ser un proceso objetivo, es susceptible de ser influenciado por los intereses y experiencias subjetivas de los analistas.

Existen múltiples técnicas y modelos que permiten establecer las prioridades para la destinación de los recursos disponibles, alguna de ellas apoyadas en indicadores cuantitativos, otras en juicios cualitativos. En este sentido, la OPS, dice que *“la mayor parte de estos métodos, aun cuando se consideren cuantitativos, incorporan algún grado de subjetividad en sus mediciones, circunstancia que se debe tener en cuenta al analizar los resultados.”*<sup>35</sup>

La pertinencia de los criterios a usar y de los pesos ponderados asignados está en función de los objetivos estratégicos de los decisores. En las administraciones municipales es conveniente utilizar criterios que satisfagan a la comunidad en conjunto, que incluya los típicos criterios técnicos y económicos, y que además incorpore criterios de tipo social y ambiental. En el proceso de retroalimentación de los sistemas de gestión de pavimentos, de ser necesario, se debe ajustar o

---

<sup>34</sup> TORRE, Joaquina de la. ¿Qué es un modelo? Universidad Autónoma de Madrid. 2014. <en línea> Disponible en:[[http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/joaquina/](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/joaquina/)]

<sup>35</sup> ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Lineamientos metodológicos para la realización de análisis funcionales de las redes de servicios de salud, Washington, Marzo, 1998. <en línea> Disponible en:[<http://www.paho.org/hq/>]

definir nuevos criterios y pesos, al hacerlo debe definirse y ejemplificarse, aclarando la forma en que se asignará la calificación.<sup>36</sup>

La administración municipal debe trabajar por la conservación y el mejoramiento del nivel de servicio de la red vial existente, determinar la lista de proyectos que deben ingresar de manera inmediata al programa de inversiones del periodo, y además asegurar el financiamiento permanente del mantenimiento. Esto no implica que los proyectos no priorizados dejen de atenderse, sino que indica un orden de intervención, si un caso priorizado no se atiende puede convertirse en un problema más serio y costoso de solucionar. A continuación se describen una serie de posibles criterios técnicos y sociales aplicables a modelos de priorización de inversiones viales

En una investigación se pueden incluir diversas y numerosas variables. La cantidad y categoría de las mismas depende de la naturaleza de la investigación y de la disponibilidad de información con la que cuenten los investigadores. Las variables pueden ser de tipo cuantitativo o cualitativo, son susceptibles de adoptar diferentes valores; y según su influencia pueden, ser dependientes o independientes. En un modelo de priorización se pueden incluir variables de tipo técnico, económico, social, ambiental, cultural, entre otros; esto dependerá del criterio de los analistas y de los objetivos que persigan.

En un proyecto de inversión en infraestructura vial a nivel local, se presentan limitaciones o nulidad de información, hecho que dificulta el proceso de priorización y la posterior evaluación los proyectos. En la medida que las administraciones locales, cuenten con información para alimentar las bases de datos, se podrá hacer un más preciso proceso de priorización de los proyectos de inversión; a continuación se presentan según criterios, algunas variables que se podrían aplicar en los entes territoriales:

---

<sup>36</sup>COSTA RICA. MINISTERIO DE SALUD. Metodología para la Priorización de Actividades. <en línea> Disponible en:[<http://www.ministeriodesalud.go.cr/>]

### 2.3.1. Variables técnicas:

- Índice de Fallas Superficiales (MDR): Modified Distress Rating), por sus siglas en inglés; representa las fallas existentes en la superficie de rodadura detallando el tipo de pavimento, sea concreto asfáltico, concreto rígido o vías sin pavimento, el tipo de falla, la extensión en porcentaje de área afectada y en severidad, calificándola en diferentes rangos, generalmente se usa la clasificación, alta media o baja.<sup>37</sup>
- Índice de Condición del pavimento (PCI): Parámetro que permite calificar la condición superficial de la estructura del pavimento, establece el porcentaje de malla vial sin pavimentar y en mal estado dentro de la zona de influencia del corredor, este índice se basa en los resultados de un estudio visual de la condición del pavimento, en el que se identifican la clase, la extensión y la severidad del daño que se presenta.<sup>38</sup>
- Índice de Rugosidad Internacional (IRI): Es un índice de desgaste de la carretera, representa la irregularidad promedio producida por las fallas, sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino, es utilizado por los modelos de deterioro y los modelos de costos de operación para evaluar los gastos en que incurren los usuarios de las vías.<sup>39</sup>
- Volumen de Transito: Es la cantidad de autos que circularan durante un intervalo de tiempo dado por la vía. Se pueden clasificar, en función del volumen y teniendo en cuenta el tipo de vía, o por la composición del tránsito que circule por el tramo.<sup>40</sup>

---

<sup>37</sup> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER., Op.cit P.41

<sup>38</sup> BOGOTA.D.C., INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. Información general de la malla vial de Bogotá 2004. <en línea> Disponible en:[ file:///C:/Users/Dany/Downloads/INVENTARIO%20MALLA%20VIAL%202004-2012%20WEB\_v3.pdf]

<sup>39</sup> THENOUX, Guillermo y HALLES, Felipe. Metodología simplificada de priorización de conservación de pavimentos a nivel de red. Ediciones: Universidad Pontificia Católica de Chile. En: Revista Ingeniería de Construcción. 2002, Vol. 17, No 1, p. 35-42.

<sup>40</sup> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER., Op.cit p.31.

- Jerarquía de la red vial: Es un ordenamiento de las vías según las características de los desplazamientos, las condiciones de operación, los tipos de vehículos, los flujos de tránsito, entre otros.
- Factor de Movilidad y Factor de Conectividad La movilidad determina la importancia de la vía en función del tránsito actual y proyectado, y de la capacidad. La conectividad representa el aumento de las condiciones reales de movilidad sobre un corredor por la intervención de uno o más de sus segmentos, sea con mantenimiento, rehabilitación o construcción.<sup>41</sup>
- Costo inicial de construcción: Constituye la principal variable económica, se define como los costos generados en cada una de las actividades programadas para realizarse en los tramos a intervenir.

### **2.3.2. Variables sociales:**

- Tamaño de la población: Número de personas beneficiadas directamente con la intervención vial, en la medida que tienen propiedades aledañas a la obra.
- Equipamientos públicos: Son las dotaciones que la comunidad entiende como imprescindibles para el funcionamiento de la estructura social y cuya cobertura ha de ser garantizada colectivamente, incluye hospitales, parques, colegios y otros.<sup>42</sup>

---

<sup>41</sup> COLOMBIA. CONCEJO DE BOGOTA D.C. Proyecto de acuerdo 399 de 2009. (02, Octubre, 2009). Por medio del cual se ordena a las alcaldías locales y a la unidad administrativa especial de mantenimiento y rehabilitación vial adoptar el modelo de priorización técnico unificado en la construcción, rehabilitación y mantenimiento de la malla vial. Publicaciones anales del congreso. <en línea> Disponible en: [<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37546>]

<sup>42</sup> HERNÁNDEZ Aja, Agustín. Barrios y equipamientos públicos, esencia del proyecto democrático de la ciudad. Editor: Documentación Social. 2000, p. 93. <en línea> Disponible en: [[http://oa.upm.es/14232/1/2000\\_Agust%C3%ADn\\_Hernandez\\_Documentacion\\_social\\_119\\_Barrios\\_y\\_Equipamientos\\_Publicos.pdf](http://oa.upm.es/14232/1/2000_Agust%C3%ADn_Hernandez_Documentacion_social_119_Barrios_y_Equipamientos_Publicos.pdf)]

- Estrato socioeconómico: Es una medida del nivel económico y social del hogar que caracteriza su inserción social y económica, se basa en el nivel de educación, el nivel de ocupación y el patrimonio.

En complejas redes viales se incrementan las variables que confluyen en el proceso de priorización, hay más tramos con requerimientos distintos, y esto hace que la ponderación no sea óptima; en redes viales donde existe marcada heterogeneidad en los tramos, es ideal contar con diferentes modelos de priorización de acuerdo a la jerarquización vial.

#### **2.4. EVALUACIÓN DE INVERSIONES**

La evaluación de las inversiones es esencial en la medida que los recursos son escasos y las necesidades crecientes. El desarrollo de un ente territorial depende de la inversión y de la calidad de la inversión; dadas las distintas alternativas para solucionar una necesidad es necesario identificar los proyectos que mejor contribuyen al uso eficiente de los recursos y al desarrollo local.

La viabilidad de un proyecto y/o de sus alternativas puede evaluarse a través de distintos procedimientos matemáticos, entre ellos la evaluación financiera y el análisis económico. La evaluación financiera corresponde al estudio de las posibles fuentes y modalidades de financiamiento del proyecto, cuando este genera ingresos por el pago que hacen los usuarios al utilizar la vía. Los indicadores utilizados son: el VAN, la TIR, la TRI, el IVAN y la R-B/C, estos corresponden a los criterios de inversión tipo costo-beneficio.

Los criterios de evaluación costo-beneficio son usados en el caso de proyectos viales de orden nacional, en los cuales existen peajes y otros mecanismos que permiten cuantificar los beneficios futuros. En el ámbito local, el sector público se enfrenta a menudo con inversiones en las cuales se generan beneficios no cuantificables monetariamente, tales como, beneficios sociales y políticos, estratégicos para el proceso de legitimización del Estado.

En esta investigación la evaluación financiera no es aplicable, puesto que se estudia un proyecto de inversión que realiza el gobierno de un ente territorial para bien público y por el cual, no se percibirán ingresos por conceptos de peaje u otros mecanismos de recaudo. Por tal razón, se utilizan los costos como el método más certero al momento de tomar una decisión de inversión, en estas situaciones es propicio utilizar criterios de inversión coste-eficiencia, esto a través de un análisis de Costos como herramienta de evaluación.

En los proyectos de infraestructura vial, el análisis económico se hace con el objetivo de seleccionar la opción de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción de menor costo global para la economía, esto si se tiene presente que, quién realiza el análisis es el gobierno.

En el análisis de costos, los indicadores que se deben calcular son el Valor actual de Costos-VAC, y el Costo Anual Equivalente-CAE:

**2.4.1. El valor actual de costos – VAC.** Se usa cuando los beneficios son difíciles de valorar, pero se reconoce son deseables; el indicador supone que los beneficios de dos alternativas son idénticos y en ambos casos se busca la alternativa de mínimo costo. Cuando se relaciona el VAC con alguna variable de producción del proyecto, se convierte en indicador del tipo costo-eficiencia. La siguiente ecuación, representa la forma de calcularlo.<sup>43</sup>

$$VAC = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1 + TDS)^i} - I_0$$

Donde  $I_0$  es el monto de inversión inicial.  $C_i$  es el costo de conservación de la carretera en el año (rutinaria o periódica),  $n$  es el número de años del periodo de análisis y  $TDS$  es la tasa social de descuento

---

<sup>43</sup> CHILE. MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL. Criterios de decisión en la evaluación de proyectos. Gobierno de Chile. Chile: División de Evaluación Social de Inversiones.p.25. <en línea> Disponible en:[

**2.4.2. Costo Anual Equivalente-CAE.** Convierte el VAC de un proyecto en un flujo constante de “costos netos anuales” para el horizonte de evaluación del proyecto, solo están asociados los costos de un proyecto, es útil cuando se compara el costo anual de las inversiones que cubren diferentes periodos de tiempo, mientras menor sea mejor será la opción a elegir.<sup>44</sup>

$$CAE = VAC \times \frac{TDS \times (1 + TDS)^n}{(1 + TDS)^n - 1}$$

Donde VAC es el Valor Actual de Costos incluyendo la inversión inicial, n es el número de años del periodo de análisis y TDS es la tasa social de descuento.

Otra herramienta de evaluación más compleja es El Análisis de Costos durante el Ciclo de Vida- ACCV-, el cual es un proceso de evaluación que involucra todos los costos asociados a la construcción, el mantenimiento y la rehabilitación de un pavimento, además de tener en cuenta los impactos de los usuarios; en el análisis se comparan económicamente alternativas factibles durante el mismo periodo de análisis. Para la evaluación de las inversiones, es necesario definir algunos conceptos básicos, los cuales se mencionan a continuación:

- **Período de análisis:** Es el lapso durante el cual se evalúan y cuantifican los flujos de costos. Su duración debe exceder el período de diseño de las obras iniciales, de manera que incluya al menos un trabajo de rehabilitación, para establecer las diferencias de costos a largo plazo entre alternativas.<sup>45</sup> Por lo general se consideran valores entre los 15 y 20 años.<sup>46</sup>

---

<sup>44</sup> *Ibíd.*, p. 25.

<sup>45</sup> Tomado de la presentación de clase titulada “Administración de pavimentos” del Ingeniero Fernando Sánchez Sabogal. <en línea> Disponible en:[[http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina\\_via/modulos/MODULO%252022.pdf](http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%252022.pdf)]

<sup>46</sup> UNICOM, ¿cómo se debe elegir el tipo de pavimento? Volumen II P.5

<en línea> Disponible en:[ <http://www.duravia.com.pe/wp-content/uploads/AF-PDF-COLECCIONABLE-DURAVIA-II.pdf>]

- Tasa de descuento: Es el valor de la tasa porcentual a la cual se descuentan anualmente los flujos de costos. La tasa de descuento está relacionada con las características económicas de los países y con el costo de obtención del dinero. La Tasa Social de Descuento, TSD, es uno de los parámetros más importantes en la evaluación socioeconómica de proyectos, por ser el factor que permite comparar los beneficios y los costos económicos del proyecto en diferentes momentos del tiempo y con relación al mejor uso alternativo de esos recursos, para Colombia este indicador es del 12% anual.<sup>47</sup>
- Valor residual: Es el valor de la infraestructura al finalizar el período de análisis. Puede estimarse como la diferencia entre el costo de construir una infraestructura nueva, y el costo de llevar la infraestructura existente a que quede como nueva, este concepto también se usa en el cálculo de refuerzos de pavimentos. En el caso de evaluaciones de proyectos de construcción, es importante para considerar las diferencias entre el estado final de distintos proyectos de construcción.<sup>48</sup>

## **2.5. FINANCIAMIENTO DE INVERSIONES Y RESTRICCIONES PRESUPUESTARIAS.**

Las entidades territoriales se financian principalmente con los recursos tributarios y las transferencias nacionales, adicionalmente cuentan con otras alternativas de obtención de recursos, el acceso a estos medios depende de la fuente específica y de las necesidades de inversión y focalización. Es labor de los encargados de gestionar las finanzas, aprovechar al máximo estos medios y así lograr la distribución equitativa y eficiente de los recursos.<sup>49</sup>

---

<sup>47</sup> COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Inversiones y finanzas públicas. 2014. <en línea> Disponible en: [<https://www.dnp.gov.co/>]

<sup>48</sup> UNICOM., Op.cit., p .5.

<sup>49</sup> GAFT. Oferta de financiación a entidades territoriales. Cundinamarca, Dirección de Desarrollo Territorial. Bogotá- Colombia: Departamento Nacional de Planeación, Enero 2004. Informe Preliminar. <en línea>

En la mayor parte del territorio nacional es visible la crisis de la infraestructura vial, las quejas de los grupos de interés son continuas y la respuesta gubernamental por lo general se reduce a falta de financiamiento. Entre las causas más relevantes que explican la crisis, según diversos autores, está la improvisada programación presupuestal, la falta de planificación, la ausencia de prioridades en la asignación de recursos y los obstáculos en la ejecución.

En el ámbito local, los recursos destinados a infraestructura vial, son en la mayoría de los casos insuficientes para cubrir los requerimientos de construcción, reparación y mantenimiento de la red vial. Los ingresos que perciben las administraciones son a cuenta de impuestos, transferencias, regalías, sobretasa a la gasolina y al ACPM, entre otras.

De manera alternativa existen otros mecanismos de financiación para las administraciones locales, los cuales usados de forma planificada y eficiente pueden ayudar a solventar la crisis de financiación; entre estos instrumentos están: el uso de vigencias futuras excepcionales, la contribución por valorización, el uso de peajes urbanos y el esquema de concesiones establecido en 1994 con el objetivo de vincular capital privado para el desarrollo vial de la infraestructura de transporte; estos dos últimos constituyen una fuente de financiamiento adicional que permitirá proteger los centros urbanos de la congestión.

En los procesos de integración y globalización en los cuales están inmersos la mayoría de los países latinoamericanos, es evidente la necesidad de mayor inversión en infraestructura para el transporte. Dadas las limitaciones presupuestales, es conveniente que en todos los niveles de administración estatal, se fomenten la asociación público-privada, como mecanismo de financiamiento. En Latinoamérica, Chile, Brasil y Perú, representan ejemplos exitosos APP y de

---

Disponible en:  
[[https://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/DDTS/Finanzas\\_Publicas\\_Territoriales/2b\\_Fuentes%20de%20Financiamiento%20de%20las%20Entidades%20Territoriales.pdf](https://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/DDTS/Finanzas_Publicas_Territoriales/2b_Fuentes%20de%20Financiamiento%20de%20las%20Entidades%20Territoriales.pdf)]

cuantiosas inversiones en infraestructura, estas asociaciones son una herramienta que permite mejorar la eficiencia en infraestructura.<sup>50</sup>

Las asociaciones público privadas permiten la provisión de infraestructura de calidad, por medio de estas se pueden suplir los requerimientos que representen algún beneficio para la empresa privada; mientras que los entes administrativos concentran sus recursos inversiones específicas que no serían rentables para un empresario, pero que si tienen rentabilidad social, como caminos rurales, accesos y calles de barrios y nuevas construcciones que interconecten zonas vulnerables.

Son variadas las estrategias que se pueden adoptar para lograr el desarrollo vial de una ciudad, pese a las limitaciones presupuestales. En ese sentido, resalta el Programa de Gestión Compartida, implementado en Bogotá por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU); el cual permite la construcción de pavimentos locales en barrios de estratos uno, dos y tres en donde la comunidad aporta el 10% del valor de los proyectos y el IDU el 90% restante. Las comunidades de forma autónoma se organizan para ayudar al desarrollo vial de su localidad, presentan sus proyectos y aportes y el IDU a través de un esquema de priorización y selección ejecuta las obras.<sup>51</sup>

Las administraciones locales deben ejecutar un sistema de gestión de pavimentos propio, el cual refleje las condiciones específicas de requerimientos, presupuestos, debilidades, fortalezas, posibles estrategias, etc., de la comunidad; y además sustente estrategias alternativas de financiamiento y operación. Este proceso se constituye en una plataforma para gestionar financiamiento de los entes privados o de instituciones financieras internacionales, como el Banco Interamericano de Desarrollo; o recursos departamentales y nacionales.

---

<sup>50</sup> VASSALLO Magro, José Manuel; IZQUIERDO, Rafael. Infraestructura pública y participación privada Conceptos y experiencias en América y España. Corporación Andina de Fomento.2010. p. 9. <en línea> Disponible en: [<http://www.caf.com/media/3163/LibroinfraestructuraFINAL.pdf>]

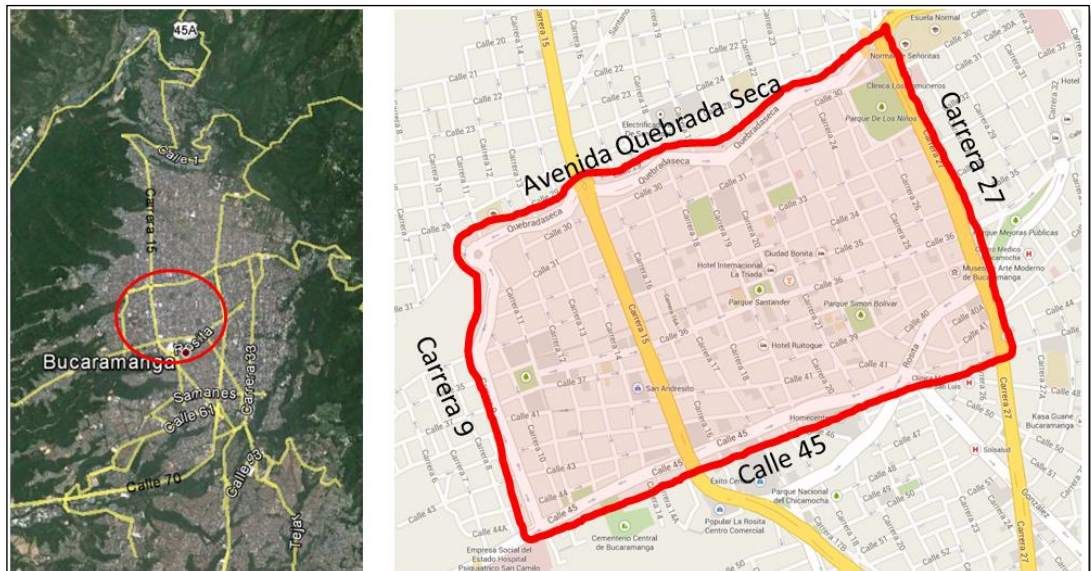
<sup>51</sup> CONSTRUDATA. IDU invertirá en el programa gestión compartida. Se cubrirán 350 mil metros cuadrados de pavimento. <en línea> Disponible en:[<http://www.construdata.com>]

### 3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN (CASO DE ESTUDIO PARA RED LOCAL) EN PLANES DE GESTIÓN VIAL

El desarrollo de este estudio busca evaluar alternativas de inversión en planes de gestión vial para redes locales, para la obtención de las alternativas, se incluyeron variables técnicas y sociales de las cuales se logró tener información. Para la evaluación de alternativas se tuvo en cuenta el estado vial de la red, los costos de reparación por metro cuadrado, el estrato socio económico, la jerarquía vial que establece el POT y la localización de equipamientos públicos (Hospitales, Colegios y Centros Culturales).

Para establecer puntos a intervenir, se utilizó un modelo de priorización propuesto que incluye variables sociales y técnicas y una restricción presupuestaria para la elección de tramos. La red evaluada en este ejercicio comprende los tramos existentes desde la calle 45 y la avenida quebrada seca entre carreras 27 hasta la carrera 9 de la ciudad de Bucaramanga. (Ver Figura 4)

Figura 4. Red local analizada.



Fuente: Elaboración propia con base a imágenes de Google Maps

### 3.1. SISTEMA DE GESTION PROPUESTO

Los sistemas de gestión de pavimentos a nivel nacional y en ciudades principales, se apoyan en complejos sistemas de soporte a las decisiones; por lo general las administraciones locales, dadas sus limitaciones presupuestales y técnicas, no tienen acceso a estas herramientas.

Es necesario gestionar sistemas de gestión de pavimentos simplificados y aplicables a la realidad de las localidades; como aporte a este proceso de construcción de SGP para administraciones locales, se desarrolla en esta investigación una hoja de cálculo para facilitar el cómputo de los costos de inversión anuales y los costos totales de reparación. La hoja de cálculo sirve para evaluar alternativas por separado, es necesario comparar los resultados que se obtienen con otras alternativas al final de cada proceso.

Para la evaluación de resultados de inversión y costos de reparación fue necesario traer los valores o costos de reparación a valor presente (VPN) y encontrar su costo anual equivalente (CAE). En este proyecto se evaluaron 5 alternativas diferentes de inversión, y se seleccionó la que representará menor valor absoluto de costo anual equivalente (CAE), ya que de acuerdo a esta metodología de evaluación sería la mejor decisión financieramente. A continuación se presenta la interfaz de la hoja de cálculo y los parámetros que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de las alternativas.

**3.1.1. Metodología de programación.** La programación del modelo propuesto se ha desarrollado en Excel, con una Interfaz flexible y de fácil manejo. La base de datos se retroalimentó con el inventario vial que se realizó en Bucaramanga en el año 2010, por la Universidad Industrial de Santander.<sup>52</sup>

---

<sup>52</sup> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER., Op.cit. Ver: Anexo Inventario Vial.

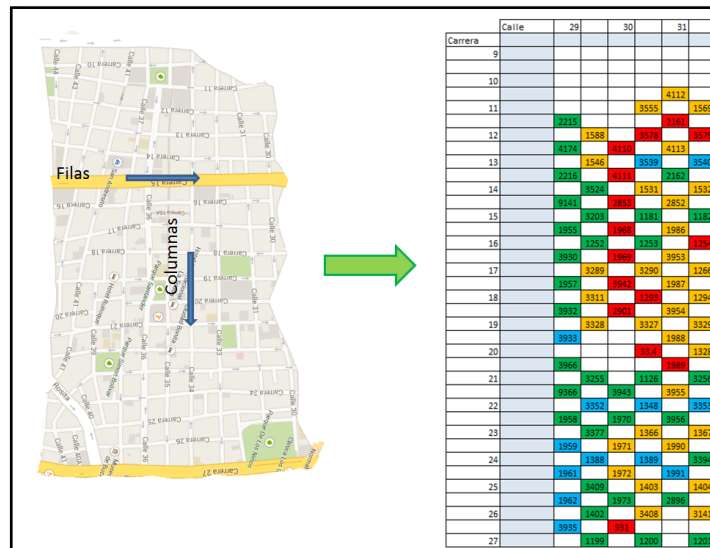
Figura 5. Interfaz de la Hoja de Cálculo



Fuente: Hoja de cálculo Propia

Para trabajar los datos fue necesario pasar los tramos de la red en términos de una matriz de 37 filas, que representan las carreras y 37 columnas que representan las calles. (Ver Figura 6)

Figura 6. Matriz a trabajar.



Fuente: Hoja de cálculo Propia.

Cada tramo de red fue codificado para almacenar la información obtenida en campo, por ejemplo la longitud, en valor de PCI (condición actual de la malla), el IRI o índice de rugosidad, Jerarquía vial (Primaria, secundaria, terciaria o local) entre otros parámetros técnicos que se determinaron durante el inventario.

En este estudio el interés está dirigido hacia los costos de reparación e inversiones anuales para mantenimiento vial, por ello no se presentará en detalle la obtención de los datos del inventario realizado en el año 2010. Sin embargo se puede verificar la información en la tabla inventario vial anexa a esta tesis.

3.1.1.1. Estado de la red Seleccionada. A los tramos de red seleccionados se les asignó un código de Red, como se dijo anteriormente, el cual indica o establece el estado superficial de la red y la longitud de cada tramo. De acuerdo al estado superficial, que puede ser Bueno, Aceptable, Regular o Malo, se establece el tipo de intervención. En la Figura 7 se presenta el estado actual de la Malla seleccionada para estudio.

Figura 7. Estado actual de la Malla y Longitud de tramos.

Calle	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	AVRDS	40a	41	42	43	44	45	
9	1																			
10	2																			
11	3																			
12	4																			
13	5																			
14	6																			
15	7																			
16	8																			
17	9																			
18	10																			
19	11																			
20	12																			
21	13																			
22	14																			
23	15																			
24	16																			
25	17																			
26	18																			
27	19																			

Fuente: Hoja de cálculo Propia

Los colores indican el estado de la red y el tipo de intervención que se debe realizar. En la hoja de cálculo, el tipo de intervención se definió con un indicador con el objeto de facilitar el cálculo y trabajar todos los valores en términos cuantitativos (1 – 4), en la siguiente tabla:

Tabla 2. Relación deterioro, Tipo de intervención e indicador asignado.

	CLASIFICACION	INDICADOR	INTERVENCION	Longitud Total (m)
	BUENO	4	Mantenimiento Rutinario	6762.9
	ACEPTABLE	3	Mantenimiento Periódico	14800.8
	REGULAR	2	Rehabilitación	12231.1
	MALO	1	Reconstrucción	3234.1

Fuente: Hoja de cálculo Propia

3.1.1.2. Costos de Reparación. Los costos se determinaron de acuerdo a la clasificación del deterioro de la malla y las actividades propuestas para la reparación de cada una de ellas, fue necesario promediar los costos de acuerdo al tipo de reparación (Reconstrucción, rehabilitación, Mantenimiento periódico y Mantenimiento Rutinario). Los valores se calcularon según precios unitarios y actividades que puede requerir cada una de las intervenciones. En la Tabla 3 se presentan los precios unitarios de cada una de las actividades, actualizados a 2014:

Tabla 3. Costos Unitarios de Reparación.

CAPA DE RODADURA	UNIDAD	COSTO UNITARIO
Demolición y retiro de Pavimento Asfáltico	m <sup>2</sup>	\$ 15,748.75
Mezcla densa en caliente tipo MDC-2	m <sup>3</sup>	\$ 470,466.29
Base granular	m <sup>3</sup>	\$ 81,294.62
Imprimación	m <sup>2</sup>	\$ 2,107.23
Riego de Liga	m <sup>2</sup>	\$ 556
Excavación para reparación de Pavimento Asfáltico	m <sup>2</sup>	\$ 15,748.75
Mezcla Asfáltica tipo MDC-2 Compactada para Parcheo	m <sup>3</sup>	\$ 470,466.29
Mezcla asfáltica MDC-3 para Sello	m <sup>3</sup>	\$ 471,630.81
Sobrecarpeta de 40 mm	m <sup>2</sup>	\$ 18,854.14
Sobrecarpeta de 100 mm	m <sup>2</sup>	\$ 47,046.63

Fuente: Hoja de cálculo Propia

Teniendo en cuenta los costos anteriores, se calculó el valor promedio de cada intervención. Los costos para cada tipo de intervención pueden variar entre sí, pero cuando se trata de pavimentos homogéneos o con estructuras equivalentes los valores son similares. A partir de lo anterior se logró determinar el costo

promedio para cada tipo de intervención por metro cuadrado, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Costos de Intervención por metro cuadrado.

	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>INDICADOR</b>
Costo Fijo de Mantenimiento	\$ 15,500	
Mantenimiento rutinario	\$ 15,500	4
Mant. Periódico	\$ 39,000	3
Rehabilitación	\$ 62,000	2
Reconstrucción	\$ 74,000	1

Fuente: Hoja de cálculo Propia

En la Tabla 4 se especifican los costos unitarios de cada intervención, y se establece un costo fijo de mantenimiento por metro cuadrado. Para el cálculo de los costos de reparación en la red local que se contempló, esta unidad de medida se transformó a metros lineales para facilitar el cálculo de los costos.

Los costos por metro lineal resultan de multiplicar el costo unitario por m<sup>2</sup> de cada tipo de intervención por el ancho de calzada que es igual a ocho metros por un metro lineal. El ancho de calzada se estableció teniendo en cuenta que todas las calzadas de redes locales tienen por lo menos dos carriles y cada carril tiene un ancho mínimo de 3.5m + 0.5m de berma. Así, se procedió a calcular los Costos por metro lineal de cada tipo de intervención como se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Costos de Intervención por metro cuadrado.

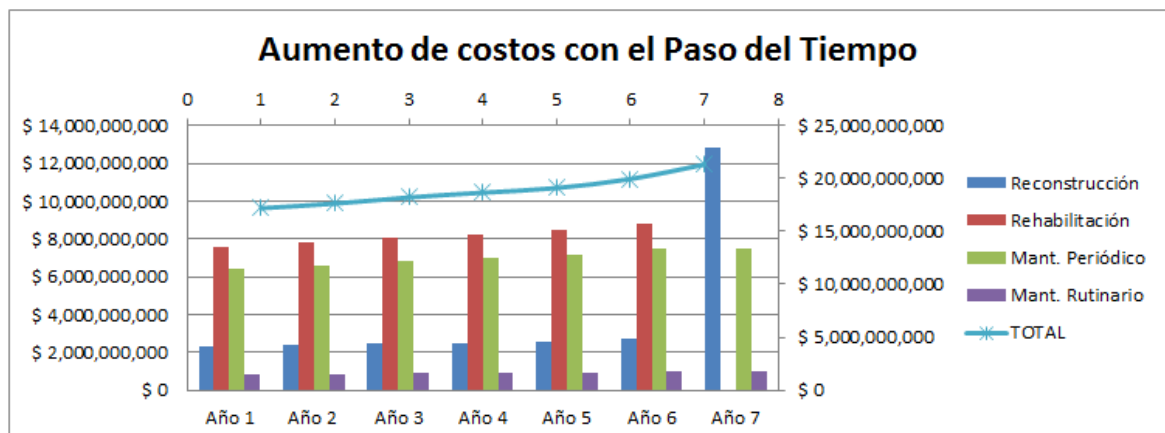
	<b>VALOR UNITARIO</b>
Costo Fijo de Mantenimiento	\$ 124,000
Mantenimiento rutinario	\$ 124,000
Mant. Periódico	\$ 436,000
Rehabilitación	\$ 620,000
Reconstrucción	\$ 716,000

Fuente: Hoja de cálculo Propia

**3.1.2. Costos Totales de Reparación.** El cálculo de los costos de reparación de cada uno de los tramos de Red se encuentra en la hoja “costos de reparación” y se calcula para cada tramo, año a año en caso de no realizar ninguna intervención a las mismas. En la Tabla 6 se presenta un resumen de resultados de los mismos.

Tabla 6. Costos de Reparación en caso de no hacer intervenciones de Mantenimiento.

	Reconstrucción	Rehabilitación	Mant. Periódico	Mant. Rutinario	TOTAL
Año 1	\$ 2,315,649,609	\$ 7,583,256,209	\$ 6,453,164,144	\$ 838,601,621	\$ 17,190,671,583
Año 2	\$ 2,375,025,240	\$ 7,777,698,676	\$ 6,618,629,891	\$ 860,104,227	\$ 17,631,458,034
Año 3	\$ 2,453,538,471	\$ 8,034,812,682	\$ 6,837,427,574	\$ 888,537,424	\$ 18,214,316,151
Año 4	\$ 2,513,380,872	\$ 8,230,783,723	\$ 7,004,194,100	\$ 910,209,069	\$ 18,658,567,764
Año 5	\$ 2,576,215,394	\$ 8,436,553,316	\$ 7,179,298,952	\$ 910,209,069	\$ 19,102,276,732
Año 6	\$ 2,688,320,867	\$ 8,803,674,716	\$ 7,491,710,216	\$ 973,562,766	\$ 19,957,268,565
Año 7	\$ 12,855,145,217	\$ 0	\$ 7,491,710,216	\$ 973,562,766	\$ 21,320,418,199



Fuente: Hoja de cálculo Propia

Como se puede observar, los costos de reparación aumentan con el tiempo debido al deterioro que presentan los pavimentos por uso normal de las vías. Por ello es necesario tener en cuenta el año base en cual se calcula las inversiones totales y el año en el que se empiezan a realizar las intervenciones. Este aumento de costos de reparación influye negativamente en la rentabilidad socioeconómica de la vía, y se refleja en, el detrimento del patrimonio vial de la localidad, en el posterior aumento de costos para llevar los tramos a condiciones deseables, y en

el aumento de los costos en los que incurren los usuarios de la vía, como consecuencia de la menor velocidad de operación y de los deterioros producidos en el vehículo. Estos efectos negativos, evidencian la importancia de tomar decisiones a tiempo y enfatizan las consecuencias e impactos de postergar las inversiones de reparación.

**3.1.3. Metodología De Intervención.** Las intervenciones a las mallas viales locales, por lo general, se hacen de acuerdo a la presión ejercida por la población, a compromisos electorales y políticos adquiridos en campaña, y al evidente grado de deterioro de los tramos; no obstante, es conveniente que las administraciones locales contemplen un programa de inversiones en toda la red vial, que dirija las intervenciones y permita establecer los costos en un periodo de tiempo determinado. De esta manera se podría responder a las preguntas que se debería hacer un dirigente:

- ¿Cómo se deben realizar las intervenciones y cuánto cuestan anualmente?
- Si existen restricciones presupuestarias, ¿qué tramos se deben intervenir primero?
- ¿Se debe intervenir primero en los tramos que están más deteriorados o mantener las vías que se encuentran en buen estado?

La respuesta a este tipo de preguntas se resuelve desarrollando varios escenarios de intervención vial, para determinar, a través de los costos, cual es el más beneficioso. En esta investigación se han planteado 5 alternativas de inversión de acuerdo a un modelo de priorización y una restricción presupuestaria.

A continuación se explica el modelo de priorización planteado para desarrollar 4 escenarios o alternativas de Inversión y por último se explica, qué se debe hacer en caso de existir una restricción presupuestaria (alternativa 5). Es necesario aclarar que, en estos modelos pueden surgir las alternativas de inversión que el investigador considere incluir, esto de acuerdo a los parámetros que se trabajen y la ponderación que se les asigne; no obstante, esta tesis deja como aporte una

metodología que puede servir como guía o sistema de gestión vial en cualquier Red Local de un municipio.

**3.1.4. Modelo de Priorización Propuesto.** En esta investigación, se propone un modelo para la definición de las prioridades de inversión, y utiliza como base: un criterio técnico, representado por la ponderación del estado actual del pavimento y la jerarquía vial, y un criterio social, representado por la ponderación de las variables, equipamientos públicos y estrato socioeconómico. Para poder combinar estas variables fue necesario clasificar todos los criterios de acuerdo a una prioridad, es decir se codificó cada uno de los parámetros con números del 1 al 4, siendo 1 la mayor prioridad y 4 la menor.

Figura 8. Color de indicadores de Prioridad



Fuente: Propia

3.1.4.1. Criterio técnico. Evaluó el estado actual del pavimento, que se presenta en la hoja “CLASIFICACIÓN de INVENTARIO” y a cada tramo se le asigna un indicador de prioridad de acuerdo al deterioro del pavimento, es decir el 1 representa los tramos que presentan mayor deterioro y se debe reconstruir y 4 los que están en buen estado y solo se les debe realizar mantenimiento rutinario.

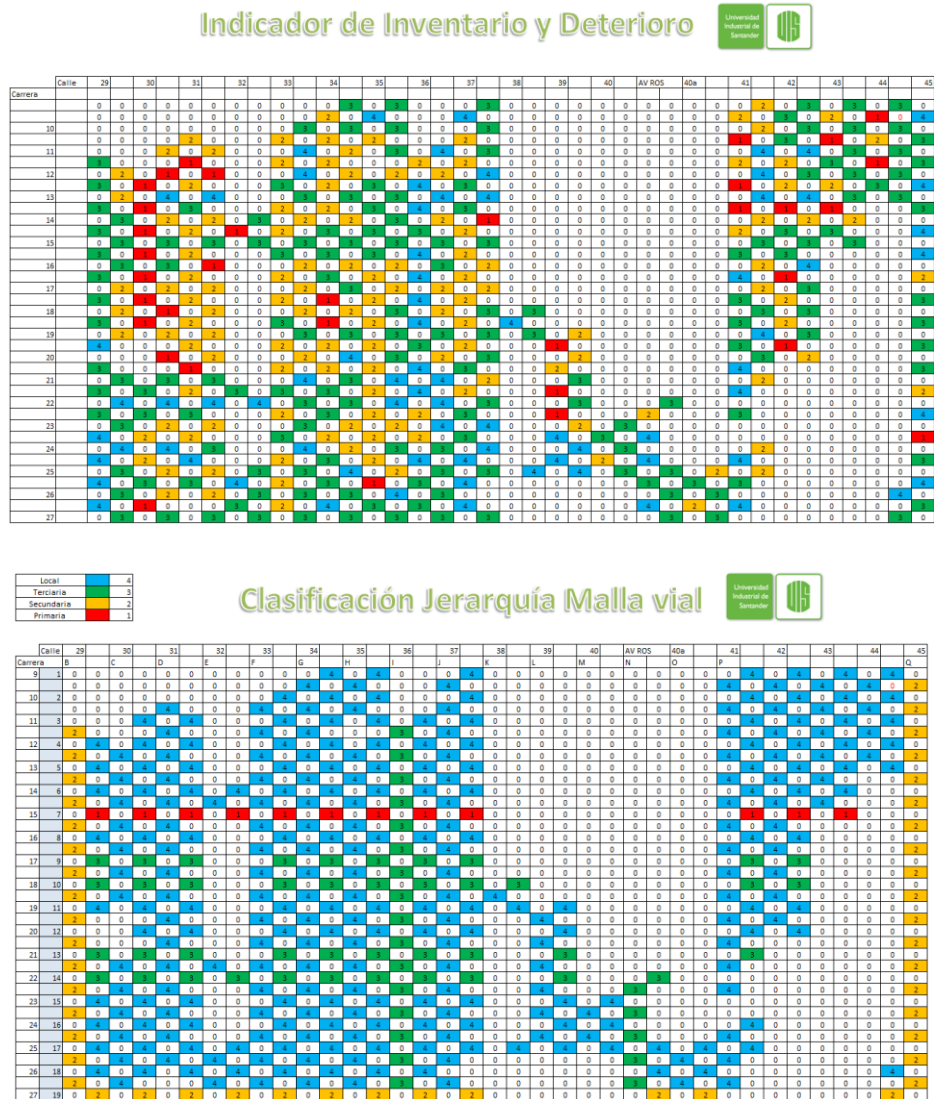
La Jerarquía de la Malla vial, se tuvo en cuenta por qué se debe dar prioridad de mantenimiento a vías con mayor flujo vehicular y accesos principales. Por ello también se clasificó de la siguiente manera:

Tabla 7. Indicadores de la Jerarquía Vial.

INTERVENCION	JERARQUÍA	Clasificación	Indicador
Mantenimiento Rutinario	Local	4	4
Mantenimiento Periódico	Terciaria	3	3
Rehabilitación	Secundaria	2	2
Reconstrucción	Primaria	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Clasificación de la Malla según Deterioro y Jerarquía Vial.



Fuente: Hoja de Cálculo Propia

3.1.4.2. Criterio Social. En este ítem se tuvo en cuenta el estrato social y la localización de equipamientos públicos. Para dar prioridad en materia de estrato se pensó de la siguiente manera:

Figura 10. Clasificación de acuerdo al Estrato.

Estrato		Indicador
5, 6		4
4		3
3		2
1, 2		1

Fuente: Propia

No obstante para la evaluación de alternativas se modificó esta clasificación dando prioridad 1 al estrato 4, con el objeto de evaluar el caso de beneficiar primero a la población que más aporta en materia de impuestos, en la evaluación de alternativas se tuvieron en cuenta los dos escenarios.

Los criterios de priorización asignados a todas las variables del modelo son susceptibles de ser modificados de acuerdo a los objetivos que se pretenda alcanzar en la administración.

La localización de equipamientos públicos hace referencia a la prioridad de dar acceso a hospitales, centros educativos y centros culturales, y se clasificó en la hoja "Equip". En esta hoja se muestra la cantidad de equipamientos públicos aledaños a los tramos a intervenir; si hay 1 o más equipamientos en una cuadra a la redonda la prioridad será 1, en dos cuadras a la redonda la prioridad será 2, y así sucesivamente como se muestra a continuación:

Figura 11. Clasificación de acuerdo equipamientos.

Equipamiento		Indicador
4 cuadras		4
3 cuadras		3
2 cuadras		2
1 Cuadra		1

Fuente: Propia

Una vez se clasifican todos los parámetros de evaluación se procede a usar la siguiente formula que combina todas las variables de acuerdo al modelo planteado.

$$\text{Factor Técnico} * (\text{Estado Actual} * Fi_{EA} + \text{Jerarquía Vial} * Fi_{JV})$$

+

$$\text{Factor Social} * (\text{Estrato} * Fi_E + \text{Equipamientos} * Fi_{EP})$$

Dónde:

Fi = Es el factor de importancia.

Factor Técnico o social: Es el peso de importancia que se le da al componente social o Técnico. Estos factores pueden variar de 0 a 1 dependiendo del criterio que se le quiera dar a la alternativa o escenario.

**3.1.5. Restricción presupuestaria.** Se analizó la alternativa con restricción presupuestaria teniendo en cuenta que por lo general, en las administraciones locales los rubros de inversión ya están establecidos para algunas actividades y no es posible disponer de la totalidad de los recursos requeridos para la ejecución del plan vial.

Cuando existen restricciones presupuestarias no es posible aplicar un modelo de priorización a toda la red como el que se mostró anteriormente, porque el modelo

tiene en cuenta variables técnicas y sociales sin incluir directamente los costos; cuando se presentan este tipo de inconvenientes las inversiones se realizan subjetivamente de acuerdo a criterio de los dirigentes y en función de los objetivos que persiga la administración. En este caso, se realizará el ejemplo, planteando una propuesta para arreglar la ciudad de afuera hacia adentro.

Figura 12. Ejemplo de Inversión con Restricción presupuestaria.

	Calle	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	AV ROS	40a	41	42	43	44	45	
Carrera	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
9	1							88.1	95.6								86.7	85.4	94	92.2	89.7
10	2						99.6	92.9	84.7							97.6	111	92.5	94.8	96.5	97.1
11	3			171.5	71.2			95	93.9	40.9							75.8	59	45.1	37.5	31.68
12	4	133.3			101.2			96	97.2								94.3	94.3	97.8	91	94.13
13	5	73.8	71.3	96.6	92.8			95.9	91.5	53							91.2	91.8	67.2	51.9	88.5
14	6	37.6	31.1	83.3	90.2	107.4		94.4	96.9	93	88.5	89.2					88.7	89.1	46.5	46.4	91.98
15	7	91.4	58.8	90.2	81.6	62	51.3	95.6	94.8	71.9	88.5	84					95.4	85.4	78.9	80.6	157.4
16	8	99	84.6	89.4	64	54.7		90.2	37	88.5	89.2						96	89.5	63.4	55.5	98.5
17	9	73.9	47.2	92.2	122			98.4	95	80.6	80.6						123	90.1	94.6		144.7
18	10	100.5	45.4	92.1	125.5			101.7	94.6	78.7	92.4							94.8	69.7		90.12
19	11	113.6	105.4	92.1	130.8			103.8	94.3	108.5	104.6							96.3	95.6		62.57
20	12	96.9	90.1	91.5	136			108.6	95.6	109.5	110.9	97.7	111.8	113.4				85.4	89.1	48.2	147.6
21	13	89.8	80.9	97	89.4			90.8	91.1	88.5	92.4	92.4						135.4	140	35.6	86.99
22	14	114.5	21.6	84.5	66.3			108.9	94.6	86	90.9							54.5			83.84
23	15	47.2	40.6	110	110	111.7		107.8	102.5	98.2	99.8	99.8						83.4	104.7		85.58
24	16	94.4	74	103.3	79	75.4		109.7	95.5	89	91.5							89.2			56.95
25	17	32.7	47.2	120.5	159.3			111.5	96.5	88.7	91.7							128.7			125.9
26	18	43.9	44	109.9	98.5			87.8	97.6	102.5	111.6										61.53
27	19	202.8	48.8	118	166.6			96.3	96.3	89.9	94.5										78.14
		44.4	65.1	118	74.9			91	98.7	99.1	97										107.8
		44.4	118.1	105.8	64.5			60.8	57.1	96.3	90.5										
		44.4	44.4	43.7	58.9			88.7	86.3	86.9	84.9										
		42.4	117	100.8	80			97	89.8	96.8	94.5										
		202.8	122.3	168.7	119.7			126	115.8	102.2	94.5										
		145.3	90.5	93.1	93.1			121.8	93.8	94.3	90.1										

Fuente: Hoja de cálculo Propia

En la figura 12 se presenta un ejemplo de la forma de invertir planteada cuando existen restricciones presupuestarias. Suponiendo el caso de estudio como la totalidad de una red vial, los tramos en rojo corresponden a las vías circunvalares y de acceso a la ciudad, motivo por el cual deben ser priorizadas.

Como ya se mencionó, en los casos de restricciones presupuestarias, la priorización de las inversiones, está influenciada por las metas de la administración, a pesar de ello, sobre este aspecto se pronuncia Leiva para

afirmar que se deben respetar los siguientes criterios básicos y darles atención prioritaria, estos son:<sup>53</sup>

- A ningún tramo le será permitido caer por debajo de un cierto límite en el parámetro usado para evaluar la condición actual del pavimento.
- Las vías de acceso a la ciudad recibirán atención prioritaria
- Los pavimentos en zonas de alto crecimiento económico y en áreas urbanas de alta población serán prioritarios antes que los de zonas con menor crecimiento.
- Los pavimentos en zonas comerciales, sociales y/o turísticas

En el siguiente ítem se presentará en detalle cada una de las alternativas y se explicarán los criterios adoptados.

### **3.2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y RESULTADOS**

En este ítem se presentarán los parámetros utilizados en las alternativas de inversión, utilizando en algunos casos, el modelo de priorización y en otros la restricción presupuestaria. Los parámetros hacen parte de los supuestos de este trabajo de investigación, ya que los mismos pueden ser modificados de acuerdo a directrices de las administraciones de los municipios.

En las alternativas que utilizan el modelo de priorización, se deja como condición del mismo, que una vez se invierte en la reparación o manteniendo de un tramo este se debe conservar a lo largo de su vida útil, a diferencia de la alternativa que utiliza la restricción presupuestaria ya que cuando existes limitaciones de dinero no es posible mantener o realizar el mantenimiento rutinario a las vías que están en buen estado porque se deja de invertir en otro sitio.

---

<sup>53</sup> LEIVA., Op.cit, p.14.

**3.2.1. Alternativa 1. Prioridad a Variables Técnicas.** Esta alternativa presenta a los administradores la posibilidad de dar prioridad al criterio técnico y a la vez incluir el criterio social en el análisis. Es recomendable en la medida que, puede representar un equilibrio de intereses, entre las necesidades de los usuarios directos de la vía y los beneficiarios indirectos. En esta alternativa se tiene en cuenta que el criterio técnico es una variable prioritaria a la cual se le asignará un valor del 75% al Factor Técnico, y al criterio Social se le asignará una valor del 25%.

Dentro de los criterios técnicos a analizar, se le da un factor de importancia al estado Actual de la malla del 0.75 y a la Jerarquía del 0.25; dentro de los criterios sociales se da el mismo peso a la variable de estrato (0.5) y a la variable Equipamientos (0.5).

Una vez se corre esta alternativa en la hoja de cálculo, se presentan los siguientes resultados:

Tabla 8. Resultado de plan de inversiones Alternativa 1.

<b>AÑO</b>	<b>Costo Anual de no hacer nada</b>	<b>Plan de Inversion Propuesto</b>	<b>Costo Residual de Reparación</b>
0	\$ 17,190,671,583.03	\$ 0.00	\$ 17,190,671,583.03
1	\$ 17,631,458,033.88	\$ 2,057,064,808.57	\$ 15,905,611,429.97
2	\$ 18,214,316,150.70	\$ 7,518,113,718.41	\$ 16,431,416,766.49
3	\$ 18,658,567,764.13	\$ 11,546,043,617.61	\$ 10,667,642,419.84
4	\$ 19,102,276,731.52	\$ 9,188,685,730.11	\$ 7,639,204,560.31
5	\$ 19,957,268,565.07	\$ 6,702,898,384.78	\$ 4,633,651,516.61
6	\$ 21,320,418,198.50	\$ 4,633,651,516.61	\$ 4,591,590,716.61
	<b>Periodo de estabilización</b>	\$ 4,591,590,716.61	\$ 4,591,590,716.61

Fuente: Hoja de cálculo Propia

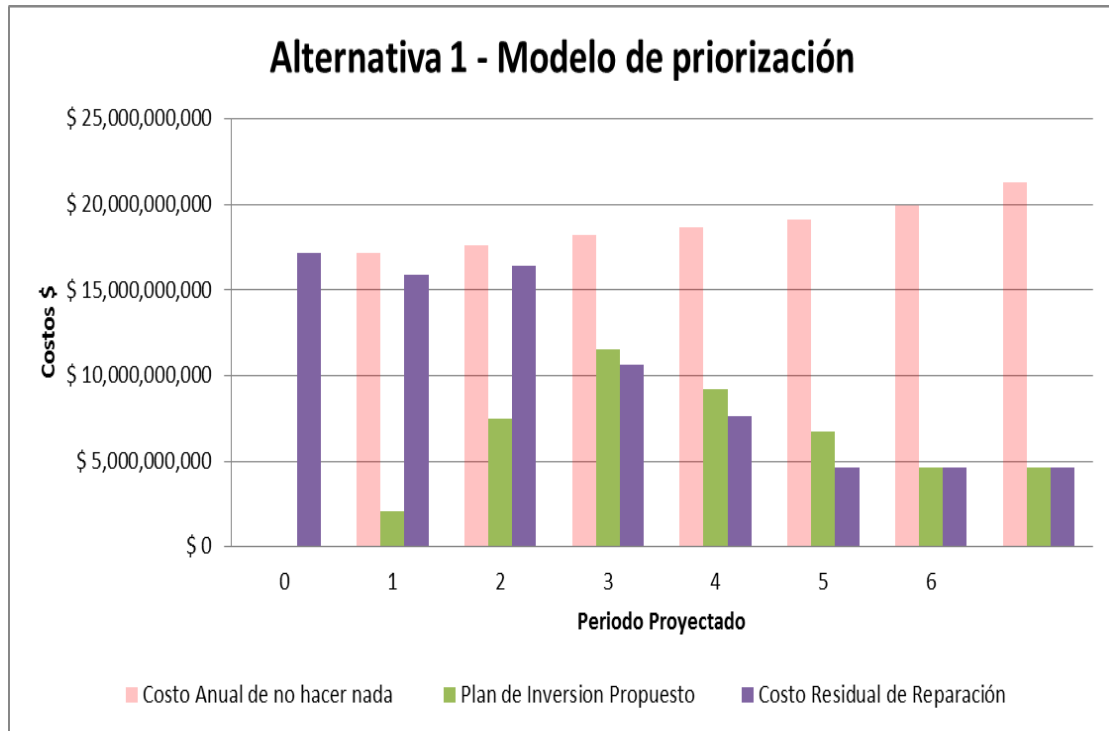
La tabla de resultados se divide en cuatro columnas, la primera indica el año o periodo de proyección, la segunda muestra el costo de la malla vial si no se realiza ninguna intervención, la tercera indica las inversiones que propone el modelo de priorización y la cuarta presenta el Valor residual de reparación; se observa que en

el año 6 todavía existen costos de reparación esto se debe que siempre deberán existir costos fijos de mantenimiento para garantizar el buen estado de las vías.

En la

Figura 13, se presenta el comportamiento de las inversiones y el costo residual, se observa que el plan de inversión propuesto tiene un comportamiento tipo campana, donde su pico máximo de inversión está en el año 3 (\$11.546.043) y logra estabilizar las inversiones hasta el año 6, es decir que los costos de inversión son iguales a los costos de mantenimiento.

Figura 13. Comportamiento inversión Alternativa 1.



Fuente: Hoja de cálculo Propia

Para poder comparar los resultados es necesario traer a valor presente los valores del costo residual de reparación y luego calcular el CAE, y al final seleccionar la alternativa más conveniente. En este caso los resultados fueron:

Tabla 9. Evaluación alternativa 1.

<b>Tasa de Descuento</b>	12%
<b>VAN</b>	\$ 44,703,834,453.69
<b>CAE</b>	(\$ 10,873,122,251.33)

Fuente: Hoja de cálculo Propia

Todas las hojas de cálculo de las diferentes alternativas se encuentran como anexos en esta investigación.

**3.2.2. Alternativa 2. Prioridad a variables sociales.** Esta alternativa le asigna mayor prioridad al criterio social, sin obviar la importancia de la inclusión de la jerarquía vial y el deterioro de los pavimentos en el análisis. Es una opción que puede servir a un administrador como herramienta electoral, en la medida que, de manera discreta, se pueden intercambiar pavimentos por votos; esta manera de actuar sería populista e ilegal, sin embargo, como se observara en los resultados, es mejor en términos económicos que las que dan prioridad a las variables técnicas y a las que solo tiene en cuenta el criterio técnico. En esta alternativa se tiene en cuenta el criterio Social como una variable prioritaria a la cual se le asignará un valor del 75% al factor social, y al criterio Técnico se le asignará una valor del 25%, inverso al caso anterior.

Dentro de los criterios técnicos a analizar, se le da un factor de importancia al estado Actual de la malla del 0.75 y a la Jerarquía del 0.25; dentro de los criterios sociales se da el mismo peso a la variable de estrato (0.7) y a la variable Equipamientos (0.3). Los resultados obtenidos para esta alternativa fueron los siguientes:

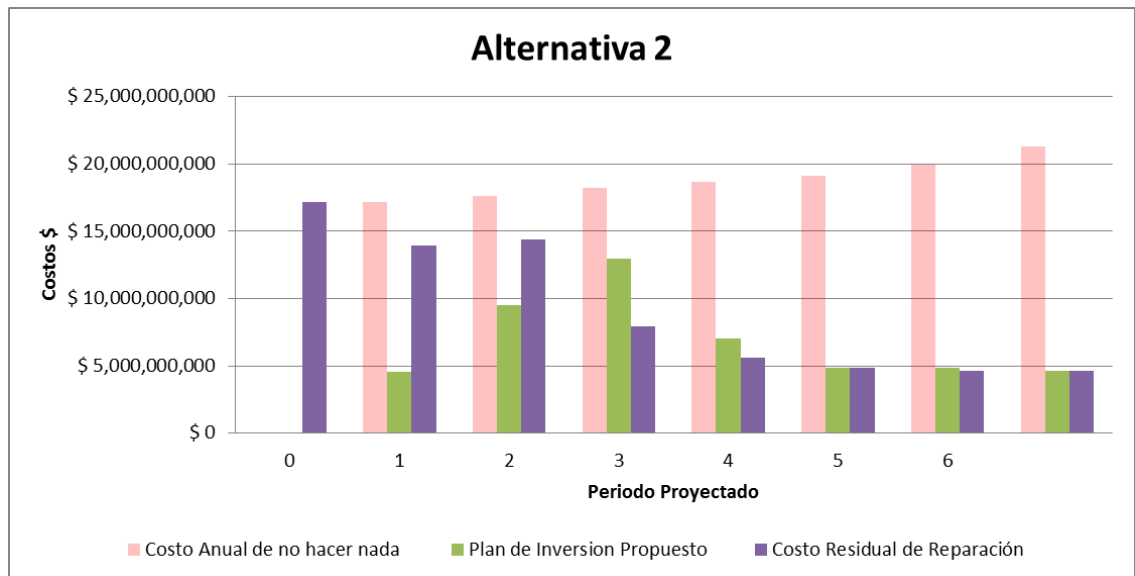
Tabla 10. Resultado de plan de inversiones Alternativa 2.

AÑO	Costo Anual de no hacer nada	Plan de Inversion Propuesto	Costo Residual de Reparación
0	\$ 17,190,671,583.03	\$ 0.00	\$ 17,190,671,583.03
1	\$ 17,631,458,033.88	\$ 4,567,745,005.98	\$ 13,925,157,048.08
2	\$ 18,214,316,150.70	\$ 9,501,486,308.64	\$ 14,369,889,512.48
3	\$ 18,658,567,764.13	\$ 12,969,687,016.35	\$ 7,902,962,796.85
4	\$ 19,102,276,731.52	\$ 7,034,323,118.14	\$ 5,598,282,246.26
5	\$ 19,957,268,565.07	\$ 4,874,649,279.26	\$ 4,849,192,784.78
6	\$ 21,320,418,198.50	\$ 4,849,192,784.78	\$ 4,591,590,716.61
		\$ 4,591,590,716.61	\$ 4,591,590,716.61

Fuente: Hoja de cálculo Propia

Como se puede observar hasta el año 6 se estabilizan las inversiones con los costos de mantenimiento rutinario, esta alternativa también presenta un comportamiento creciente en las inversiones hasta el año 3, llegando a un monto de \$12.969.687 (superior al de la alternativa 1) y luego desciende hasta estabilizarse en el año 7 (\$4.591.590). En la Figura 14 se puede apreciar mejor el comportamiento de esta alternativa.

Figura 14. Comportamiento inversión Alternativa 2.



Fuente: Hoja de cálculo Propia

Al calcular el valor presente neto y el CAE de esta alternativa se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 11. Evaluación alternativa 2.

<b>Tasa de Descuento</b>	12%
<b>VAN</b>	\$ 38,149,551,237.12
<b>CAE</b>	(\$ 9,278,952,007.23)

Fuente: Hoja de cálculo Propia

**3.2.3. Alternativa 3. Solo incluye variables técnicas.** Esta alternativa de inversión, corresponde a la opción que en la mayoría de los casos se ejecuta en las administraciones que logran desarrollar sistemas de gestión, puesto que la mayoría de los sistemas no incluyen criterios sociales en sus análisis. Esta alternativa solo se tiene en cuenta el deterioro de la Malla vial y la Jerarquía vial, a cada una de estas variables le asigna un factor de importancia del 75% y 25 % respectivamente. Los resultados de la evaluación económica indican que esta alternativa es más costosa para el municipio que las dos anteriores.

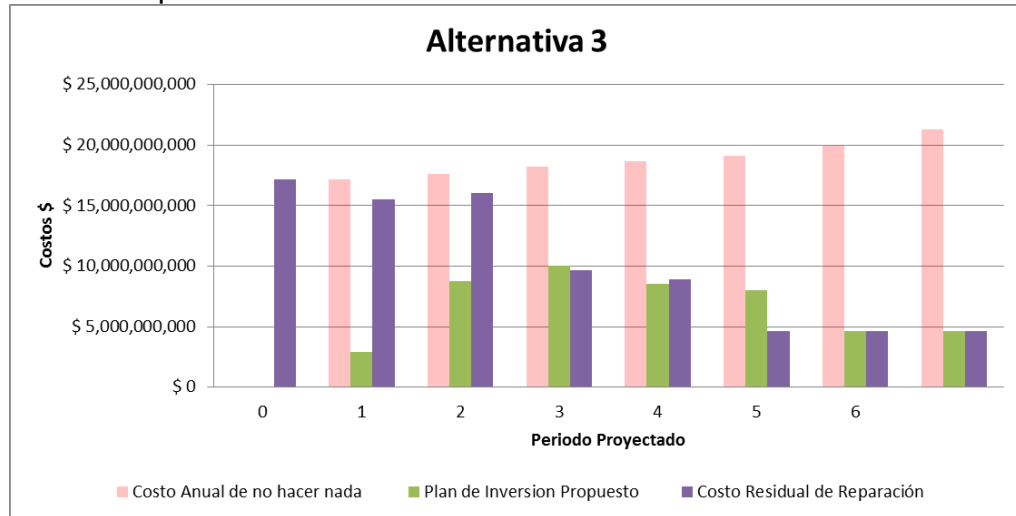
Tabla 12. Resultado de plan de inversiones Alternativa 3.

<b>AÑO</b>	<b>Costo Anual de no hacer nada</b>	<b>Plan de Inversion Propuesto</b>	<b>Costo Residual de Reparación</b>
0	\$ 17,190,671,583.03	\$ 0.00	\$ 17,190,671,583.03
1	\$ 17,631,458,033.88	\$ 2,930,601,817.81	\$ 15,551,478,253.15
2	\$ 18,214,316,150.70	\$ 8,763,995,931.60	\$ 16,065,576,707.80
3	\$ 18,658,567,764.13	\$ 10,070,703,275.75	\$ 9,669,760,358.14
4	\$ 19,102,276,731.52	\$ 8,543,670,875.75	\$ 8,871,211,159.61
5	\$ 19,957,268,565.07	\$ 7,973,951,516.61	\$ 4,591,590,716.61
6	\$ 21,320,418,198.50	\$ 4,591,590,716.61	\$ 4,591,590,716.61

Fuente: Hoja de cálculo Propia

Como se puede observar este modelo logra la estabilización de las inversiones en el año 5, es decir que a partir del año seis las inversiones son iguales a los costos de mantenimiento Rutinario. (Ver Figura 15)

Figura 15. Comportamiento inversión Alternativa 3.



Fuente: Hoja de cálculo Propia

Al calcular el valor presente neto y el CAE de esta alternativa se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 13. Evaluación alternativa 3.

<b>Tasa de Descuento</b>	12%
<b>VAN</b>	\$ 41,818,579,207.47
<b>CAE</b>	(\$ 11,600,880,848.10)

Fuente: Hoja de cálculo Propia

Esta alternativa alcanza su punto máximo de inversión en año 3, pero presenta inversiones similares para el año 2 y 4, lo que indica que con este modelo se obliga a realizar altas inversiones desde los primeros años para lograr el punto de equilibrio en menos tiempo (año 5).

**3.2.4. Alternativa 4. Solo incluye Variables Sociales.** Esta alternativa tiene en cuenta solo las variables estrato socioeconómico y equipamientos públicos, con el objeto de dar prioridad total al criterio social. Un primer análisis, permitiría deducir que es una alternativa no muy recomendable, debido a la importancia que tienen las variables que componen el criterio técnico. Aunque los resultados de evaluación económica evidencian que es la mejor alternativa, es posible que en el corto plazo, se presenten problemas de conectividad y movilidad en el municipio, debido a la postergación de intervenciones en las vías más importantes y deterioradas, en favor de las más vías con población más vulnerable; además de la posible reducción de la competitividad por descuido en la reparación de vías en zonas comerciales y turísticas. Es labor del administrador municipal lograr el equilibrio entre todos los grupos de interés de la comunidad.

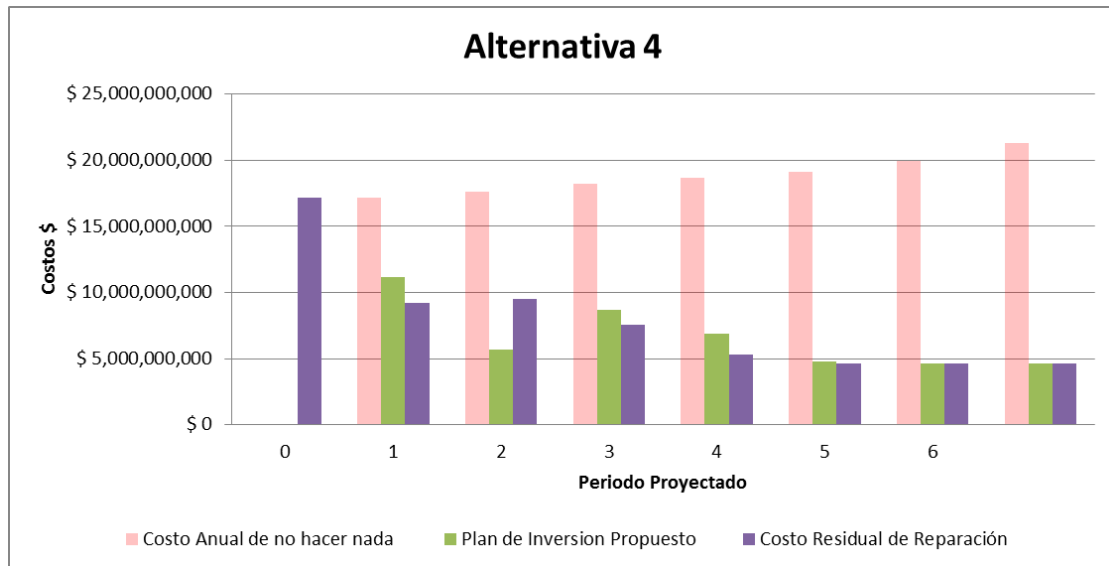
Tabla 14. Resultado de plan de inversiones Alternativa 4

AÑO	Costo Anual de no hacer nada	Plan de Inversion Propuesto	Costo Residual de Reparación
0	\$ 17,190,671,583.03	\$ 0.00	\$ 17,190,671,583.03
1	\$ 17,631,458,033.88	\$ 11,179,981,025.47	\$ 9,178,820,973.55
2	\$ 18,214,316,150.70	\$ 5,686,906,723.69	\$ 9,482,253,071.85
3	\$ 18,658,567,764.13	\$ 8,651,410,449.22	\$ 7,550,459,127.65
4	\$ 19,102,276,731.52	\$ 6,872,938,521.70	\$ 5,336,199,589.36
5	\$ 19,957,268,565.07	\$ 4,796,481,116.61	\$ 4,643,039,516.61
6	\$ 21,320,418,198.50	\$ 4,643,039,516.61	\$ 4,591,590,716.61
		\$ 4,591,590,716.61	\$ 4,591,590,716.61

Fuente: Hoja de cálculo Propia

Como se puede observar el punto de equilibrio entre las inversiones y los costos de mantenimiento rutinario, se alcanzan después del año 6, al igual que la alternativa 1 y 2, sin embargo las inversiones tiende a ser decrecientes desde el primer año ya que este caso se propone realizar inversiones altas desde el primer año hasta que se estabiliza el modelo. (Ver Figura 16)

Figura 16. Comportamiento inversión Alternativa 4



Fuente: Hoja de cálculo Propia

Al calcular el valor presente neto y el CAE de esta alternativa se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 15. Evaluación alternativa 4.

Tasa de Descuento	12%
VAN	\$ 29,480,917,008.14
CAE	(\$ 7,170,517,219.12)

Fuente: Hoja de cálculo Propia

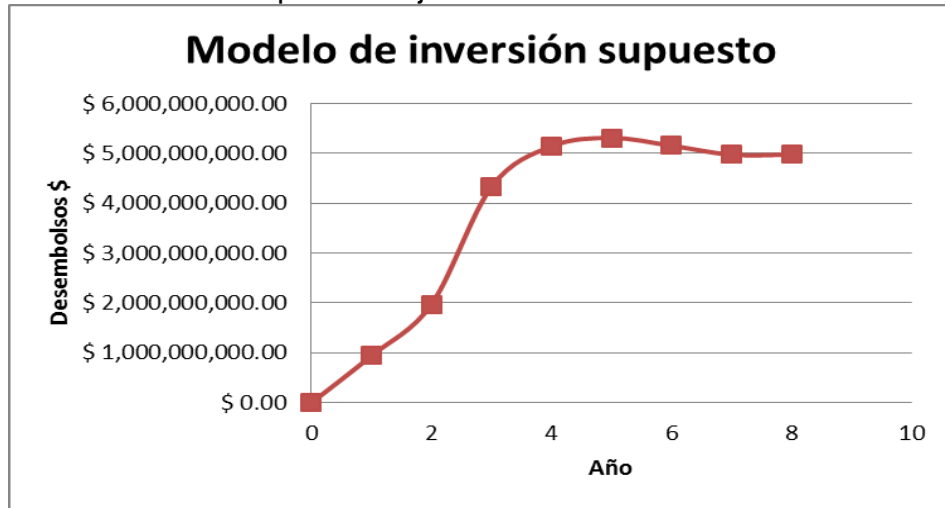
**3.2.5. Alternativa 5. Aplica restricción presupuestaria.** La última alternativa analizada en esta investigación, supone una restricción presupuestaria, y se asumió que puede ser una condición que colocaría un administrador o ente local a la hora de invertir.

Esta restricción parte del supuesto que, a pesar de conocer los costos de reparación de la malla vial, el ente administrador propone que las inversiones deben hacerse de manera creciente con un mínimo de \$900.000.000 hasta

\$5.200.000.000 en el año 6 para que luego solo se invierta en mantenimiento rutinario.

Las inversiones se distribuyeron de la siguiente manera (Ver Figura 17)

Figura 17. Inversiones Propuesta bajo un modelo de restricción



Fuente: Hoja de cálculo Propia

Se debe tener en cuenta que cuando existen restricciones de presupuesto es difícil garantizar que los tramos que se intervienen desde el principio se les puedan realizar mantenimiento rutinario, ya que se debe seguir el plan de inversiones propuesto por el administrador y no por un modelo de priorización.

Una vez se establecieron los montos a invertir anualmente, se procedió a seleccionar los tramos que cumplieran con el requerimiento de los costos anuales, por ejemplo para el año 1 se sumaron los costos de los tramos que se muestran en la Figura 18, que corresponden a la carrera 15 y la avenida quebrada seca, Estas inversiones no dan prioridad al estado de la malla vial si no al criterio del administrador. En la hoja de Inversión de la alternativa 5 se pueden apreciar cómo se realizaron las inversiones tanto de reparación como de mantenimiento de la malla en esta alternativa.

Figura 18. Tramos seleccionados para intervenir en el año 1

Carrera	Calle	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	AV ROS	40a	41	42	43	44	45
9							0	3591	3592	0	3593					1601	1602	1603	1606	1086
							4115	33	4122							2181	4134	4136	2195	4158
10						1596	3587	3588	0	1597						3589	2186	1598	3590	3085
				4112		79	2167	4120		4123						2182	2187	75	2196	4159
11			3555	1569		3556	3096	1593	1594	3584						1595	2188	3585	3586	3086
		2245		2161		37	4116		76	2174						2183	2187	4137	4141	4160
12		1588	3578	3579		3580	3581	1589	1590	1591						1592	2188	3582	3583	3087
		4174	4110	4113		2163	4117	7177	4124	31						2184	2188	1551	4138	2847
13		1546	3539	3540		1547	1548	3541	3542	1549						4130	2189	1551	3534	3100
		2246	4111	2162		4114	2168	4125	2176	2175						4130	2189	4139		2209
14		3524	1531	1532	1533	3525	3526	3527	3528	1534						3529	3530	3530	1536	
		9141	2853	2852	878	879	877	875	2849	876						874	2848	873		9537
15		3203	1181	1182	3183	3204	3184	3205	3206	3207						3185	1186	1188	3135	
		1955	1968	1986		1992	3961	3971	3978	3985						3997	2067			2069
16		1252	1253	1254		3275	1255	1256	3276	1257						3277	3278			
		3930	1969	3953		1993	2006	3973	2027	2033						3998	4012			4014
17		3289	3290	1266		3291	3292	1267	3293	3294						1268	3295			
		1967	3942	1987		1994	3962	3974	2028	2034						3999	2068			4015
18		3311	1293	1294		3312	1295	3313	1296	3314	3148					1297	3315			
		3942	2901	3954		3957	2007	2019	3313	2029	2035	915				2052	4013			4016
19		3328	3327	3329		1313	3330	3331	1314	3332	1315	3333				1316	1317			
		3943		1988		1995	2008	3975	3979	2036			2064			4000	913			4017
20		3343	1328			1329	3342	1330	3147	1130			3344			3345	3146			
		3946		1989		1996	2009	3976	2030	2038			4010			2053				4018
21		3255	1126	3256		1228	3257	3258	3259	3260			1229			1230				
		3946	3943	3955	921	1997	3963	2020	2039	2039						4011				2070
22		3352	1348	3353	1349	3354	1350	1351	1352	1353			3355		3356					
		1958	1970	3956		1998	2010	2021	3981	3986						3991	918			2891
23		3377	1366	1367		3378	3379	3380	3381	3382			1368	1128						
		1959	1971	1990		1999	3964	2022	2031	3987			2066	2079	3993					2075
24		1388	1389	3394		3395	3396	3397	1391	1392			3398	1125			1100			
		1961	1972	1991		2000	2011	2023	3982	3988			914	2889	3994		4001			4021
25		3409	1403	1404	3410	1405	1406	3411	1407	1408	1409	1410	1411	1412	3412	1413				
		1962	1973	2896	43	2001	2012	2024	2032	2040			2046	4008	2057					2076
26		1402	3408	3141	3414	1415	3415	1416	1122							3416	3140			3417
		3945	931		3951	3958	2013	2025	3983	2041					2047	916	917			911
27		1199	1200	1201	1202	1203	1204	3219	1205	3220					1206	1207				3221

Fuente: Hoja de cálculo Propia

A partir de lo anterior se procedió a calcular los costos de reparación, se según el plan de inversión propuesto: (Ver Tabla 16).

Tabla 16. Resultado de plan de inversiones Alternativa 5

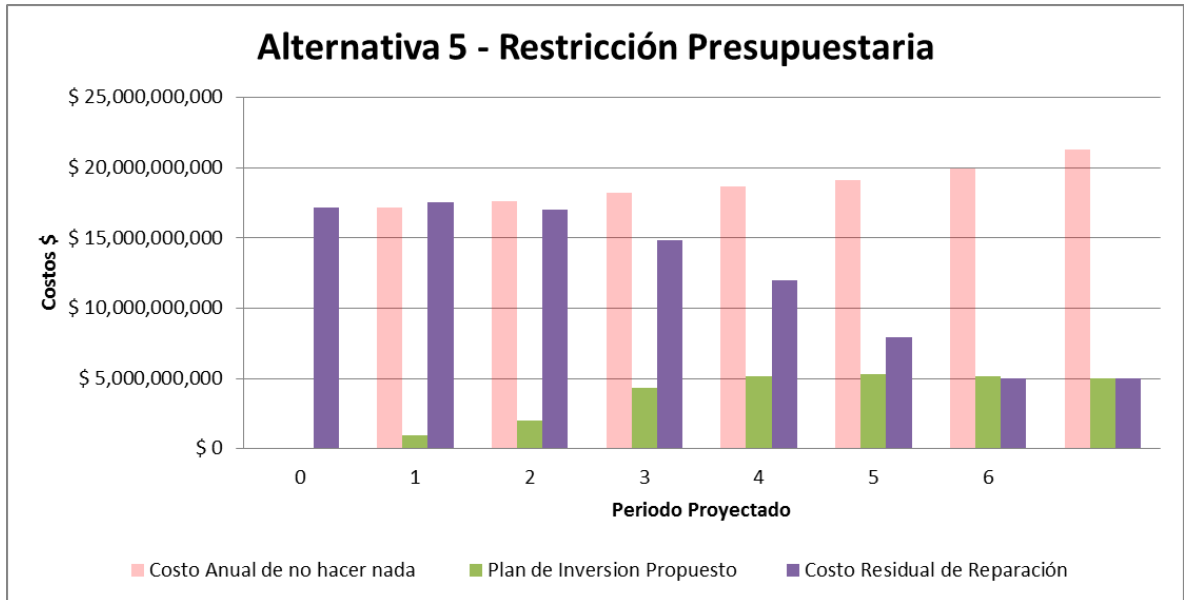
AÑO	Costo Anual de no hacer nada	Plan de Inversion Propuesto	Costo Residual de Reparación
0	\$ 17,190,671,583.03	\$ 0.00	\$ 17,190,671,583.03
1	\$ 17,631,458,033.88	\$ 942,918,400.00	\$ 17,522,849,723.23
2	\$ 18,214,316,150.70	\$ 1,975,614,508.08	\$ 17,050,062,082.22
3	\$ 18,658,567,764.13	\$ 4,335,329,232.74	\$ 14,823,348,127.34
4	\$ 19,102,276,731.52	\$ 5,147,483,524.52	\$ 11,986,542,890.31
5	\$ 19,957,268,565.07	\$ 5,315,315,854.24	\$ 7,913,885,463.42
6	\$ 21,320,418,198.50	\$ 5,158,691,566.78	\$ 4,978,067,371.52
		\$ 4,978,067,371.52	\$ 4,978,067,371.52

Fuente: Hoja de cálculo Propia

Como se puede observar con este plan de inversiones, se logra equilibrar los costos de inversión con los costos de mantenimiento rutinario, sin embargo estos

costos son superiores a los de las demás alternativas, teniendo en cuenta que algunos de los tramos intervenidos desde el principio no se les realizó mantenimiento constante y por ello se siguen deteriorando a lo largo del tiempo.

Figura 19. Comportamiento inversión Alternativa 5



Fuente: Hoja de cálculo Propia

Al calcular el valor presente neto y el CAE de esta alternativa se obtuvieron los siguientes resultados:

Al calcular el valor presente neto y el CAE de esta alternativa se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 17. Evaluación alternativa 5.

<b>Tasa de Descuento</b>	12%
<b>VAN</b>	\$ 54,418,832,749.03
<b>CAE</b>	(\$ 13,236,059,691.21)

Fuente: Hoja de cálculo Propia

**3.2.6. Selección de Alternativa Óptima.** Una vez se obtienen los resultados de todas las alternativas se procede a analizarlas en conjunto para seleccionar la más adecuada. En la Tabla 12, se presenta el resumen de resultados de todas las alternativas.

Tabla 18. Resumen de resultados de las alternativas propuestas.

AÑO	ALTERNATIVA ANALIZADAS				
	1	2	3	4	5
0	\$ 17,190,671,583.03	\$ 17,190,671,583.03	\$ 17,190,671,583.03	\$ 17,190,671,583.03	\$ 17,190,671,583.03
1	\$ 15,905,611,429.97	\$ 13,925,157,048.08	\$ 15,551,478,253.15	\$ 9,178,820,973.55	\$ 17,522,849,723.23
2	\$ 16,431,416,766.49	\$ 14,369,889,512.48	\$ 16,065,576,707.80	\$ 9,482,253,071.85	\$ 17,050,062,082.22
3	\$ 10,667,642,419.84	\$ 7,902,962,796.85	\$ 9,669,760,358.14	\$ 7,550,459,127.65	\$ 14,823,348,127.34
4	\$ 7,639,204,560.31	\$ 5,598,282,246.26	\$ 8,871,211,159.61	\$ 5,336,199,589.36	\$ 11,986,542,890.31
5	\$ 4,633,651,516.61	\$ 4,849,192,784.78	\$ 4,591,590,716.61	\$ 4,643,039,516.61	\$ 7,913,885,463.42
6	\$ 4,591,590,716.61	\$ 4,591,590,716.61	\$ 4,591,590,716.61	\$ 4,591,590,716.61	\$ 4,978,067,371.52
	\$ 4,591,590,716.61	\$ 4,591,590,716.61		\$ 4,591,590,716.61	\$ 4,978,067,371.52
CAE	(\$ 10,873,122,251.33)	(\$ 9,278,952,007.23)	(\$ 11,600,880,848.10)	(\$ 7,170,517,219.12)	(\$ 13,236,059,691.21)

Fuente: Hoja de cálculo Propia

Según los criterios de evaluación de proyectos de inversión social, se debe seleccionar la alternativa con menor valor actual equivalente (valor absoluto), que se haya calculado, en este caso la alternativa ideal sería la alternativa 4, cuya lógica de inversión tiene un comportamiento decreciente, es decir plantea inversiones altas en los primeros años hasta estabilizar los costos de mantenimiento rutinario para conservación de la Red local. La alternativa menos beneficiosa en este tipo de proyecto corresponde a la alternativa 5 la cual presenta restricción presupuestaria.

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las administraciones de las entidades territoriales tienen como objetivo alcanzar un crecimiento sostenido de la economía, lograr que el incremento del nivel de la economía se refleje en, el bienestar de la comunidad local y en su desarrollo cultural, social y material. Los planes de desarrollo son la guía que direcciona al alcalde y el referente para la gestión de todas las dependencias a favor del cumplimiento del programa de gobierno y las políticas públicas. Para lograr sus objetivos, los administradores deben determinar las prioridades estratégicas de la comunidad, desarrollar planes de gestión para afrontar los requerimientos de la sociedad y seleccionar el monto y las áreas donde se deben invertir eficientemente los recursos comunes de los ciudadanos.
- Una de las principales medidas de acción que usan la administraciones, son los gastos públicos de inversión; estos recursos son destinados a programas de prestaciones económicas y a la provisión de bienes preferentes, que se ven reflejados en el aumento del patrimonio público y el incremento del bienestar de los individuos. Las inversiones en pavimentos representan erogaciones significativas dentro de los gastos públicos de inversión, estas representan la base del patrimonio vial de una localidad y son una variable significativa para el desarrollo y la integración económica y territorial de una sociedad, además de incrementar la rentabilidad de las actividades productivas y mejorar la competitividad.
- La planificación constituye un requisito indispensable para optimizar el uso de los recursos. La construcción y el mantenimiento de las vías debe ser tema de agenda especial en los procesos de planeación de inversiones de los gobiernos locales, si se tiene en cuenta que, las vías interconectan los puntos

de producción y consumo; el estado de las mismas determina el costo de transporte e influye sobre los flujos de comercio nacional e internacional de un país; y que en el sector vial las intervenciones públicas son costosas y de largo plazo.

- Los planes de gestión de pavimentos en localidades, deben tener un objetivo global, que incluya la gestión integral de toda la malla vial; para lograrlo se debe determinar qué y cuándo debe efectuarse las intervenciones de la red vial, buscando la eficiencia, eficacia y control en la destinación de recursos y la ejecución de las obras. Estos planes se deben apoyar en sistemas de soporte que faciliten la toma de decisiones. La exitosa aplicación de los sistemas de soporte y de la ejecución de los planes viales, requiere como punto de partida, la voluntad e iniciativa política de los gobernantes.
- Para una adecuada ejecución de los planes de gestión de pavimentos, se recomienda a las administraciones locales, fortalecer la competencia del área administrativa y las instituciones encargadas de la administración vial; y aplicar políticas de control que garanticen la calidad y cumplimiento de las obras.
- El efecto que tengan las inversiones en pavimentos, dentro de la economía y la sociedad dependerá del monto, naturaleza y eficiencia del gasto que se presupueste y ejecute. En este sentido, las decisiones de los administradores, deben tener en cuenta factores como: el origen y destino del gasto, los posibles beneficios y beneficiarios, el efecto social y redistributivo, las limitantes legales, las repercusiones en la estabilidad financiera presente y futura de la administración, los criterios a seguir en la asignación y ejecución de presupuestos, y las herramientas de evaluación del gasto.
- La importancia de la eficiencia radica en los desafíos que representan las restricciones presupuestarias a las administraciones locales. Los recursos

públicos son limitados y deben alcanzar para atender las necesidades de un país en el corto plazo y lograr un equilibrio presupuestal. La eficiencia se puede estudiar desde un enfoque asignativo y un enfoque operativo. En cuanto a la eficiencia asignativa del gasto público en las administraciones locales, es preciso resaltar, la necesidad de que se definan áreas prioritarias, a las cuales se debería destinar más recursos. Esta investigación presenta específicamente, una metodología de priorización y evaluación de inversiones, como sistema de soporte a las decisiones de la administración vial, la cual contribuye a la eficiencia operativa del gasto en pavimentos, es decir, aquella que se refiere a, alcanzar los mejores resultados con los recursos disponibles, o los resultados previstos al menor costo.

- Los entes administradores son los responsables del proceso de desarrollo de estrategias que permitan intervenir en el mejoramiento de la red vial de manera eficiente. Para una adecuada planeación se requieren herramientas que ayuden a la toma de decisiones en lo relacionado con la conservación y las necesidades de inversión, que permitan evaluar el avance e impacto de las inversiones realizadas así como ajustar y adaptar los planes trazados de acuerdo a las circunstancias. Una herramienta ideal que contribuye a este proceso de toma de decisiones son los sistemas de gestión de pavimentos.
- En el caso de estudio presentado en esta investigación, se hace una evaluación económica de las distintas alternativas de inversión resultantes del proceso de priorización propuesto; y se considera como optima la que tiene menor costo anual equivalente, es decir, aquella que representa el menor costo global para la economía; sin embargo, los criterios para la toma de decisiones deben estar claramente definidos por la administración municipal, desde antes de que se realice la evaluación económica, por tanto, la selección de una adecuada política depende de los resultados del análisis económico y de los objetivos de la administración.

- La metodología aplicada en el modelo de priorización, incorpora el ciclo de vida de los pavimentos, la manera cómo cambia su condición durante el tiempo y la manera como este proceso de cambio se ve afectado por las diferentes formas de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción; este proceso de retroalimentación, es esencial, en la medida que permite obtener resultados en tiempo real, y contribuye a tomar decisiones operativamente eficientes.
- En cuanto al modelo de priorización propuesto y aplicado a la red local se puede concluir que, la vinculación de las variables estrato socioeconómico y equipamientos públicos, representa un avance en materia de evaluación social de proyectos públicos; se puede usar como instrumento de redistribución del ingreso; y en esta medida, se podrían considerar como inversión social.
- Del análisis de las alternativas de inversión resultantes del caso de estudio, se concluye que, al momento de evaluar proyectos de inversión, se pueden plantear múltiples alternativas; sin embargo, es posible establecer y parámetros de análisis lógicos, que permitan evaluar los casos más comunes; no obstante, con herramientas computacionales y metodologías de programación avanzada se podrían comparar todas las opciones de inversión que pueda presentar una red
- La evaluación para el caso de estudio permite afirmar que, las variables técnicas no siempre definen el óptimo comportamiento económico; razón por la cual es necesario, incluir en los modelos de priorización variables sociales y técnicas, asignarles distintas ponderaciones, y así poder calcular, analizar y tomar la mejor decisión en base a los objetivos perseguidos
- Las restricciones presupuestales limitan la ejecución de los planes viales, en este sentido, se recomienda que las localidades complementen sus recursos

de inversión adoptando esquemas de cofinanciación con la ciudadanía para el mantenimiento, rehabilitación, recuperación y adecuación de la malla vía. Se aconseja en este ámbito, considerar el modelo de gestión compartida utilizado en las localidades de Bogotá.

- La literatura relacionada con la administración vial, resalta la importancia de la sostenibilidad del mantenimiento preventivo, como un factor clave en la gestión de redes viales y en la eficiencia del gasto. La gestión de pavimentos efectuada en la actualidad en los municipios está orientada hacia una cultura de la reparación, es decir la mayoría de los recursos de inversión se destinan a reparar los tramos que ya no están en condiciones mínimas de funcionamiento, y no se destinan recursos al mantenimiento de los tramos que están en buenas condiciones.
- Del análisis de esta investigación se concluye que, las restricciones de presupuesto obstaculizan la continuidad del mantenimiento preventivo; en el largo plazo esto representa un aumento significativo de los costos totales, debido a que algunos tramos intervenidos al iniciar la ejecución, no recibieron mantenimiento y por ello se siguen deteriorando con el tiempo. No obstante, este obstáculo se puede superar realizando planes de inversión a más tiempo, que incluyan de forma recurrente el mantenimiento preventivo.
- Los sistemas de gestión de pavimentos se constituyen en herramienta clave de los administradores territoriales para afrontar el desafío de incrementar la eficiencia operativa del gasto. Las administraciones deben ejecutar un sistema de gestión de pavimentos propio; el cual sistematice las condiciones específicas de estado y requerimientos de la red vial, priorice y evalúe las inversiones, afronte las restricciones presupuestarias y permita un proceso de retroalimentación que sustente posibles estrategias alternativas de financiamiento y operación.

- La metodología presentada en este trabajo de investigación, es aplicable a redes locales de municipios, es de fácil interfaz y comprensión. Se presenta como un aporte a las administraciones locales, en los procesos de construcción de sistemas de gestión de pavimentos; aunque es recomendable adaptarla a los objetivos y condiciones específicas de cada localidad.

## BIBLIOGRAFÍA

ABUSADA, Roberto; CUSATO, Antonio y PASTOR Cinthya. Eficiencia del gasto en el Perú. Gobierno del Perú. Lima, Mayo de 2008. <en línea> Disponible en: [[http://www.mef.gob.pe/contenidos/pol\\_econ/documentos/eficiencia\\_del\\_gasto\\_en\\_el\\_peru.pdf](http://www.mef.gob.pe/contenidos/pol_econ/documentos/eficiencia_del_gasto_en_el_peru.pdf)]

COLOMBIA. CONCEJO DE BOGOTA D.C. Proyecto de acuerdo 399 de 2009. (02, Octubre, 2009). Por medio del cual se ordena a las alcaldías locales y a la unidad administrativa especial de mantenimiento y rehabilitación vial adoptar el modelo de priorización técnico unificado en la construcción, rehabilitación y mantenimiento de la malla vial. Publicaciones anales del congreso. < en línea> Disponible en: [<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37546>]

ARCHONDO-CALLAO, Rodrigo. RNET. Herramienta de Evaluación de Redes Viales. Guía para el Usuario. Ediciones: SSATP, 2009 <en línea> Disponible en: [<http://siteresources.worldbank.org/EXTAFRSUBSAHTRA/Resources/1513929-1262811834472/SSATPWP89A-RNET-Spanish.pdf>]

BAÑÓN Blázquez, Luis; BEVIÁ García, José Francisco. Manual de carreteras. Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A., 2000. Vol. 2. <en línea> Disponible en: [<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1787>]

BOGOTA.D.C., INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO. Información general de la malla vial de Bogotá 2004. <en línea> Disponible en: [[file:///C:/Users/Dany/Downloads/INVENTARIO%20MALLA%20VIAL%202004-2012%20WEB\\_v3.pdf](file:///C:/Users/Dany/Downloads/INVENTARIO%20MALLA%20VIAL%202004-2012%20WEB_v3.pdf)]

CHILE. MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL. Criterios de decisión en la evaluación de proyectos. Gobierno de Chile. Chile: División de Evaluación Social de Inversiones. <en línea> Disponible en:[<http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/fotos/08%20criterios%20de%20decisi%C3%B3n%202013.pdf>]

COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. PORTAL WEB. Inversiones y finanzas públicas. 2014. <en línea> Disponible en: [<https://www.dnp.gov.co/Programas/Inversionesyfinanzaspublicas.aspx>]

CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO. Mantenimiento vial. Serie Informes Sectoriales Infraestructura. Ediciones: CAF, 2010. Sectorial. 978-980-6810-49-5.

CORTÉS, César Alberto. Metodología para la selección de alternativas de conservación de carreteras, usando el modelo HDM-4. Tesis profesional de Licenciatura en Ingeniería Civil.

COSTA RICA. MINISTERIO DE SALUD. Metodología para la Priorización de Actividades. <en línea> Disponible en:[<http://www.ministeriodesalud.go.cr/>]

DUVERGER, Maurice. Hacienda Pública. Libro primero, cuadro de las instituciones financieras, primera parte, Los medios de la actuación financiera: gastos recursos y tesorería. Editorial: Bosh. Vol. 1. 1968.

GAFT. Oferta de financiación a entidades territoriales. Cundinamarca, Dirección de Desarrollo Territorial. Bogotá- Colombia: Departamento Nacional de Planeación, Enero 2004. Informe Preliminar. <en línea> Disponible en: [[https://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/DDTS/Finanzas\\_Publicas\\_Territoriales/2b\\_Fuentes%20de%20Financiamiento%20de%20las%20Entidades%20Territoriales.pdf](https://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/DDTS/Finanzas_Publicas_Territoriales/2b_Fuentes%20de%20Financiamiento%20de%20las%20Entidades%20Territoriales.pdf)]

HASS, R.; Hudson, W.R.; ZANIEWSKI, J. Modern Pavement Management. Editorial: Krieger Publishing Company, Florida. 1993. p. 604. <en línea> Disponible en: [<http://www.pavementmanagement.org/ICMPfiles/1998108.PDF>]

HERNÁNDEZ Aja, Agustín. Barrios y equipamientos públicos, esencia del proyecto democrático de la ciudad. Editor: Documentación Social. 2000, <en línea> Disponible en: [[http://oa.upm.es/14232/1/2000\\_Agust%C3%ADn\\_Hernandez\\_Documentacion\\_social\\_119\\_Barrios\\_y\\_Equipamientos\\_Publicos.pdf](http://oa.upm.es/14232/1/2000_Agust%C3%ADn_Hernandez_Documentacion_social_119_Barrios_y_Equipamientos_Publicos.pdf)]

KOVACEVIC, A y GONZÁLEZ, A. Sistemas de Información, conceptos e implicaciones para la empresa. Universidad Católica de Santiago Chile, 1990.

LEIVA, Fabricio. Sistemas de soporte para la toma de decisiones en la administración de carreteras. Tesis de Maestría en administración de negocios. Universidad Estatal a Distancia. Sistema de Estudios de Posgrado. San José de Costa Rica, 2005.

MACHADO, Roberto. Un gasto que valga. Los fondos públicos en Centroamérica y República Dominicana. Publicaciones especiales sobre el desarrollo del Banco Interamericano de Desarrollo. Estados Unidos de América. 2008. <en línea> Disponible en: [<http://publications.iadb.org/handle/11319/231?locale-attribute=es>]

MONTOYA Goicochea, Jorge Eduardo. Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM-4 para la Red Vial Nro. 5 Tramo Ancón – Huacho – Pativilca. Ediciones: Universidad Ricardo Palma Lima, Perú 2007. <en línea> Disponible en: [<http://posugf.com.br/biblioteca/?word=Implementaci%C3%B3n%20del%20Sistem>]

a%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20Pavimentos%20con%20Herramienta%20HDM-4]

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Lineamientos metodológicos para la realización de análisis funcionales de las redes de servicios de salud, Washington, Marzo, 1998. <en línea> Disponible en: [<http://www.paho.org/hq/>]

ORSI. Observatorio Regional de la Sociedad Información de Castilla y León. Los Sistemas de Información Geográfica en el ámbito de las Entidades Locales. España.2014. <en línea> Disponible en: [<http://www.orsi.jcyl.es/>]

RAMÍREZ, Helio Fabio. Libro Virtual de Finanzas públicas. Publicaciones Universidad Libre. Vol. 1, 2008. <en línea> Disponible en:[<http://www.eumed.net/libros-gratis/2008c/465/>]

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española. Edición No. 22. 1992. <en línea> Disponible en: [ <http://www.rae.es/>]

RODRÍGUEZ, Carmen Rosa. Eficiencia del gasto público en el municipio de San José de Cúcuta. Tesis Especialización. Cúcuta. Escuela Superior de Administración Pública. Programa Especialización en Finanzas Públicas, 2006.

SALGADO Torres, M. Modulo Gestión de Pavimentos. 2011. <en línea> Disponible en:[<http://es.scribd.com/doc/62462965/Microsoft-PowerPoint-modulo-de-gestion-de-pavimentos>

SÁNCHEZ Sabogal, Fernando “Administración de pavimentos” del Ingeniero. <en línea> Disponible en:[[http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina\\_via/modulos/MODULO%252022.pdf](http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%252022.pdf)]

SOLMINIHAC, Hernán. Gestión de Infraestructura Vial. 3 ed. Santiago de Chile. Alfaomega, 2005.

THENOUX, Guillermo y HALLES, Felipe. Metodología simplificada de priorización de conservación de pavimentos a nivel de red. Ediciones: Universidad Pontificia Católica de Chile. En: Revista Ingeniería de Construcción. 2002, Vol. 17, No 1.

TORRE, Joaquina de la. ¿Qué es un modelo? Universidad Autónoma de Madrid. 2014. <en línea> Disponible en:[[http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/joquina/](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/joquina/)]

UNICOM, ¿cómo se debe elegir el tipo de pavimento? Volumen II <en línea> Disponible en: [<http://www.duravia.com.pe/wp-content/uploads/AF-PDF-COLECCIONABLE-DURAVIA-II.pdf>]

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA. Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil. 2005. <en línea> Disponible en: [[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/cortes\\_p\\_ca/portada.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/cortes_p_ca/portada.html)]

VASSALLO Magro, José Manuel; IZQUIERDO, Rafael. Infraestructura pública y participación privada Conceptos y experiencias en América y España. Corporación Andina de Fomento.2010. <en línea> Disponible en: [<http://www.caf.com/media/3163/LibroinfraestructuraFINAL.pdf>]

VELASCO, Orlando. Finanzas públicas municipales. Teoría y práctica del estatuto orgánico presupuestal. Editorial: Universidad Externado de Colombia. Bogotá, 2007

VIDELA C., Carlos y ECHAVARRÍA, Gerardo. Administración de la conservación de pavimentos: un caso de transferencia y adaptación de tecnología. En: Revista Ingeniería de Construcción. Agosto, 2006. Vol. 21. No 2.