

**DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN
SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO CIUDAD DE ITAGÜÍ -
COLOMBIA.**



DARWIN DUVER ROSERO VEGA.

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL
LINEA DE PROFUNDIZACIÓN EN INFRAESTRUCTURA VIAL

DIRECTOR DE TESIS: PhD. MARIO ALBERTO RODRIGUEZ MORENO
DOCENTE FACULTAD DE INGENIERIA UDEM

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

2023

Dedicatoria

Este trabajo de grado va dedicado en primera instancia a Dios por darme la guía, fortaleza y lucides para culminar el plan de estudios de la Maestría en Ingeniería Civil.

A mi esposa Amparo, y a mis hijos Julián Alejandro y María Paulina, quienes son mi mayor motivación, y me brindaron su apoyo y paciencia en estos años.

A mis padres, por el ejemplo de perseverancia y compromiso para cumplir con los objetivos de vida planteados.

Agradecimientos

Mis sinceros agradecimientos al PhD Mario Alberto Moreno, Director del trabajo de grado, quien me brindó su amistad, compartió libremente sus conocimientos y colaboró con su relacionamiento con expertos en infraestructura vial para desarrollar de una manera adecuada el trabajo de grado.

A la administración municipal de la ciudad de Itagüí – Colombia, por el apoyo financiero para cursar el programa de Maestría en Ingeniería Civil.

A los expertos en infraestructura vial de diferentes partes de América que colaboraron dedicando su tiempo desinteresadamente en diligenciar las encuestas del trabajo de grado y brindaron sugerencias que perfeccionaron el contenido de la investigación desarrollada.

Resumen

La toma de decisiones para las intervenciones de las redes viales urbanas se realiza a menudo de forma reactiva, en donde se atienden primero las vías en peores condiciones, disminuyendo la capacidad de gestión de la totalidad de la red vial urbana. El objetivo de este trabajo consistió en establecer una metodología para realizar la priorización de intervención de pavimentos asfálticos en vías urbanas por medio de una matriz multicriterio que permita optimizar la gestión de pavimentos de la red. Los criterios fueron previamente ajustados y validados por un grupo de expertos en infraestructura vial empleando la escala de Likert; posteriormente un grupo más amplio de expertos diligenciaron la matriz multicriterio que permitió ponderar y calificar cada uno de los criterios y alternativas de intervención que se consideran para atender cada uno de los criterios, con el objetivo primordial de conservar la red vial urbana en buenas condiciones. Con el apoyo de herramientas de Sistemas de Información Geográfica SIG, cada criterio está representado en un archivo vectorial tipo shapefile, cada uno de ellos fue transformado en formato ráster y reclasificado para asignar un puntaje determinado que represente la importancia del contenido de la información proveniente de cada shapefile. El resultado final que aplicó la superposición ponderada de mapas fue la priorización de las vías a intervenir de acuerdo al puntaje obtenido en cada segmento vial, que para el caso de estudio tomo la información de la red vial de la ciudad de Itagüí (Colombia), facilitando la toma de decisiones del administrador de la red vial de un ente territorial.

Palabras clave: (Gestión de pavimentos, matriz multicriterio, pavimentos asfálticos, toma de decisiones, vías urbanas)

Abstract

Decision-making for interventions in urban road networks is often carried out in a reactive way, where the roads in worst condition are addressed first, reducing the management capacity of the entire urban road network. The objective of this work was to establish a methodology to carry out the management of pavements in an urban road network, prioritizing the roads to be intervened by means of criteria that are structured in a multicriteria matrix for the intervention of asphalt pavements in an urban road network, the criteria were previously adjusted and validated by a group of experts in road infrastructure using the Likert scale; Subsequently, a larger group of experts completed the multi-criteria matrix that allowed weighing each of the criteria and qualifying each of the intervention alternatives that are considered to meet each of the criteria, with the primary objective of preserving the urban road network in good condition. With the support of GIS Geographic Information Systems tools, each criterion is represented in a shapefile-type vector file, each one of them was transformed into raster format and reclassified to assign a certain score that represents the importance of the content of the information coming from each shapefile. The final result applying the weighted superposition of the maps was the prioritization of the roads to intervene according to the score obtained in each road segment, which for the case study used information from the road network of the city of Itagüí (Colombia), facilitating the decision-making of the administrator of the road network of a territorial entity.

Key-words: (Pavement management, multicriteria matrix, asphalt pavements, decision making, urban roads)

Tabla de Contenido

Capítulo 1.....	1
Introducción	1
1.1 Antecedentes, desarrollo y resultados esperados	1
1.2 Definición del problema y enfoque de investigación	2
1.3 Hipótesis	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.	4
1.5 Metodología.....	4
1.6 Alcance del trabajo de grado	7
1.7 Organización de tesis.....	8
Capítulo 2.....	10
Marco teórico	10
2.1 Sistemas de gestión de pavimentos “SGP”	10
2.1.1 Sistema de gestión de pavimentos HDM-4.....	11
2.2 Sistema de Gestión de Pavimentos Urbanos	14
2.2.1 Sistemas patentados desarrollados: ejemplos de casos de estudio.....	14
2.3 Desempeño de pavimentos	24
2.4 Índices de condición	25
2.5 Recolección de información para Índice de Condición de Pavimento en el SGPU	26
2.5.1 Determinación del OCPI.....	29

2.5.2 Evaluación funcional global.....	31
2.5.3 Incidencia del drenaje en el juicio sobre la capacidad global del pavimento	31
2.5.4 Diagnóstico de la situación existente	32
2.6 Sistemas de información geográfica “SIG” y los Sistemas de gestión de pavimentos “SGP”	34
2.7 Evaluación técnica y financiera de un SGPU	38
2.7.1 Metodologías.....	39
Capítulo 3.....	43
Sistema de gestión de pavimentos urbano	43
3.1 Levantamiento de información de campo de inventario y diagnóstico.....	48
3.1.1 Medición de la condición estructural	49
3.1.2 Medición de la condición funcional.....	51
3.1.3 Ensayos de laboratorio y recopilación de información de campo para el diagnóstico de una red vial urbana	53
3.1.4 Almacenamiento de información.....	54
3.1.5 Homogenización de tramos.....	56
3.2 Variables que impactan el desempeño del pavimento	56
3.2.1 Transito.....	56
3.2.2 Condición estructural y funcional de la vía existente.....	56
3.2.3 Estado de las redes de servicios públicos.....	58
3.2.4 Clima y efectos medioambientales.	58
3.2.5 Drenaje de la vía.	58
3.3 Análisis multicriterio para la toma de decisiones	59

3.3.1 Matriz de pesos ponderados.	60
3.3.2 Método AHP.....	61
3.3.3 Método ELECTRE.	62
3.4 Estructura del SGPU para el caso de estudio	63
3.4.1 Categorías.....	64
3.4.2 Criterios.....	65
3.4.3 Alternativas:	74
3.4.4 Matriz de pesos de criterios.	77
3.4.5 Matriz de pagos	80
Capítulo 4.....	84
Análisis multicriterio articulado al sistema de información geográfica para priorización de intervención de vías.	84
4.1 Base de datos en SIG para estructurar un SGPU	85
4.2 Priorización de vías en el SIG	88
Discusión.....	104
Capítulo 5.....	105
Conclusiones.	105
Recomendaciones.	109
Bibliografía	110
ANEXOS	117

Lista de tablas

Tabla 1. Cambios en los procesos de gestión.	12
Tabla 2. Clasificación por Índice de Condición del Pavimento.....	28
Tabla 3. Ensayos de campo a ejecutar en SGPU.	49
Tabla 4. Preclasificación estructural	50
Tabla 5. Caracterización del IRI	52
Tabla 6. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico	52
Tabla 7. Clasificación por Índice de Condición del Pavimento.....	53
Tabla 8. Ensayos a ejecutar para recopilación de información del diagnóstico de la red vial urbana.	54
Tabla 9. Matriz para determinar la condición del pavimento	57
Tabla 10. Valoración de criterios.....	68
Tabla 11. Descripción de criterios para asignación de puntaje.....	68
Tabla 12. Validación de criterios por cada experto	70
Tabla 13. Valores asignados a cada criterio con la Escala de Likert.....	71
Tabla 14. Contabilización de la frecuencia de cada criterio	71
Tabla 15. Resultado final de validación de criterios.....	73
Tabla 16. Descripción de las alternativas para el AMC.....	74
Tabla 17. Matriz de análisis multicriterio para ser diligenciada por panel de expertos.....	76
Tabla 18. Matriz de pesos de criterios (parte 1).....	77
Tabla 19. Matriz de pesos de criterios (parte 2).....	78

Tabla 20. Resultado de la ponderación de los criterios y el porcentaje de incidencia.....	79
Tabla 21. Matriz de pagos (Matriz doble entrada – criterios vs alternativas).....	80
Tabla 22. Orden de importancia de las alternativas.....	81
Tabla 23. Distribución porcentual para asignación presupuestal de recursos para gestión de pavimentos de red vial urbana.	82
Tabla 24. Ejemplo de distribución de recursos asignados sobre las alternativas propuestas para priorizar los kilómetros de vías urbanas a intervenir.	83
Tabla 25. Listado de criterios adoptados en shape file para el caso de estudio	88
Tabla 26. Rangos de calificación del PCI.	90
Tabla 27. Rangos de clasificación de información por cada shapefile y reclasificación de la información.	92
Tabla 28. Resultado de la ponderación de los criterios y el porcentaje de incidencia.....	95
Tabla 29. Reclasificación de valores de celda del mapa ráster de priorización.....	97
Tabla 30. Reclasificación de valores de celda del mapa ráster de priorización.....	99
Tabla 31. Clasificación de valores campo “gridcode” del mapa vectorial de priorización	102
Tabla 32. Cantidad de segmentos viales y longitud a intervenir clasificados por categoría.	103

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama de actividades.....	7
Figura 2. Metodología para desarrollo de OCPI.....	30
Figura 3. Espectro de alternativas de rehabilitación de pavimentos asfálticos.....	32
Figura 4. Condición típica del ciclo de vida de un pavimento.....	33
Figura 5. Representación de elementos vectoriales y Ráster en un SIG.....	35
Figura 6. Componentes de un SIG.....	36
Figura 7. Esquema propuesto para la gestión de pavimentos basada en sistemas de información geográfica en pavimento flexible.....	37
Figura 8. Modelo de desempeño de un pavimento y posibilidades de intervención.	41
Figura 9. Mapa de proceso para la implementación del SGPU.....	46
Figura 10. Modelo Integrado de Gestión Pública – MIPG- para entidades gubernamentales.....	47
Figura 11. Distribución porcentual de valoración de criterios.....	72
Figura 12. Contabilización de la frecuencia por criterios.	72
Figura 13. Distribución de importancia de criterios evaluados.	78
Figura 14. Representación de un segmento vial. Fuente: Secretaría de Infraestructura Itagüí.....	86
Figura 15. Representación de elementos vectoriales en mapa de Vías en Buen estado.	91
Figura 16. Geoprocesamiento en formato ráster para realizar reclasificación de las vías en buen o excelente estado.	94
Figura 17. Información cargada para la superposición ponderada de los 17 criterios en la herramienta de GIS “Weighted Overlay”.	96

Figura 18. Resultado de la superposición ponderada de los criterios representados en Ráster “Priorización”.....	97
Figura 19. Detalle del resultado de la superposición ponderada de los criterios representados Ráster “Priorización”.....	98
Figura 20. Resultado final de priorización de la red vial del caso de estudio Ciudad de Itagüí... ..	99
Figura 21. Detalle del resultado final de priorización de la red vial del caso de estudio Ciudad de Itagüí.....	100
Figura 22. Resultado final de priorización de la red vial en formato vectorial del caso de estudio Ciudad de Itagüí.....	101
Figura 23. Detalle de resultado final de priorización de la red vial en formato vectorial del caso de estudio Ciudad de Itagüí.....	102
Figura 24. Detalle de resultado final con tabla de atributos para la priorización de la red vial en formato vectorial del caso de estudio Ciudad de Itagüí.....	103

Capítulo 1

Introducción

1.1 Antecedentes, desarrollo y resultados esperados

El desarrollo urbanístico de las ciudades a nivel mundial trae consigo la demanda de bienes y servicios que los gobiernos locales deben proveer a sus habitantes, que trae consigo la consolidación de la densidad poblacional y crecimiento del parque automotor, situación que conlleva a acelerar el deterioro de la infraestructura vial.

Administrar y mantener una red vial a nivel urbano es complejo, debido a la combinación de varios factores en la toma de decisiones como limitantes presupuestales, clima, tránsito, jerarquía vial, diversidad de estructuras de pavimento, presencia de redes de servicios públicos en las vías, factores socio políticos, entre otros; generando la necesidad de implementar herramientas disponibles en el medio para garantizar la intervención de los pavimentos en el tiempo oportuno, administrando eficientemente los recursos y conservando un adecuado índice de condición, con resultados a nivel de gestión en relación costo – beneficio, orientado a conservar la red vial en buenas condiciones.

El índice de condición de pavimento es el indicador que permite valorar el estado del pavimento en servicio mediante la medición de diferentes parámetros, como el estado superficial de la vía, la evaluación funcional y/o estructural de la misma. A nivel urbano, el desempeño del pavimento se mide a través del Índice de Condición de Pavimento Urbano (ICPU), el cual es más complejo de mantener en buen estado que en vías de carácter intermunicipal.

El problema se centra en los tiempos de intervención de un pavimento, en el que se considera un umbral de deterioro para evitar que los costos de intervención se incrementen de 1 a 4 veces su valor cuando la vía en servicio avanza en su deterioro sin el mantenimiento requerido

(INVIAS, 2008), afectando la calidad de vida de los usuarios, así como también las finanzas del ente territorial que administra la red vial de una ciudad.

Para llevar a cabo la implementación de un Sistema de Gestión de Pavimentos Urbano (SGPU), se requiere establecer una metodología que permita realizar una administración eficiente de estos activos, mediante la inversión optimizada de los recursos públicos, muchas veces limitados, para atender los requerimientos de los pavimentos en servicio, con especial importancia en temporadas de lluvia, periodo en el que se incrementa la tasa de deterioro de los mismos.

La metodología requiere del almacenamiento y procesamiento de la información, vinculada a una base de datos georreferenciada, por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG), el cual permite graficar la información (representada por puntos, líneas o polígonos), identificarla por medio de un código único y almacenar sus atributos. El caso de estudio se realiza en la ciudad de Itagüí – Colombia, territorio de clima templado con temperaturas que oscilan entre los 16 a 25°C, ubicado en zona tropical.

Con el geoprocésamiento de la información y la aplicación de herramientas para la toma de decisiones, la metodología establece los criterios y alternativas de carácter técnico, económico social y político para priorizar los segmentos viales a intervenir, para programar los trabajos de Preservación, Mantenimiento o Rehabilitación (P+M+R), recomendando el uso de recursos y tecnologías disponibles en la región, proyectando los costos totales para mantener la red vial con ideales condiciones de servicio.

1.2 Definición del problema y enfoque de investigación

El tránsito sobre corredores vehiculares urbanos ha crecido en los últimos años, causado por el desarrollo de las ciudades y sus centros industriales, y el incremento acelerado del parque automotor (www.andemos.org, 2019), ocasionando el deterioro de sus pavimentos que conlleva a

problemas de movilidad y de seguridad vial, sumado a posibles demandas por accidentes, lo que redundará en un incremento de los gastos de operación vehicular y el detrimento de la calidad de vida de los usuarios de las vías.

Por lo anterior, es fundamental que se implementen políticas públicas con exigencias técnicas de calidad para mantener la red vial en condiciones adecuadas que garanticen un buen desempeño del pavimento de acuerdo a sus solicitudes. Esta condición, es un reto para las ciudades modernas y en especial de aquellas localizadas en el trópico, donde las condiciones climáticas varían en cortos espacios de tiempo, con mayor incidencia las épocas de lluvia.

Esta investigación se enfoca en desarrollar una metodología para gestionar las intervenciones sobre los pavimentos de una red vial urbana, la cual permita tomar decisiones adecuadas y oportunas debidamente sustentadas, priorizando de vías a intervenir y optimizando los recursos estatales, ponderando variables como: Desempeño, confort, ambientales, sociales, políticas, económicas y de transporte. La combinación de estas variables se emplearán para priorizar las vías a intervenir y posteriormente aplicar estrategias de P+M+R disponibles en el medio, desarrollando una matriz multicriterio basado en la toma de decisiones.

1.3 Hipótesis

Es posible establecer una metodología para la implementación de un sistema de gestión de pavimentos urbano articulado con una base de datos georreferenciada, teniendo en cuenta los factores de desempeño, confort, ambientales, sociales, políticos, económicos y de transporte; con el propósito de priorizar las intervenciones y optimizar los recursos públicos, y que dicha metodología pueda ser adaptada a ciudades con condiciones similares.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general.*

Elaborar una metodología para la implementación de un sistema de gestión de pavimentos urbanos por medio de la revisión y análisis de bibliografía relacionada y encuestas a un grupo de expertos, para ser implementada en ciudades de condiciones similares.

1.4.2 *Objetivos específicos.*

Para lograr el objetivo general del trabajo de grado, se deben cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Encontrar información científica relacionada con los sistemas de gestión de pavimentos urbanos que se han desarrollado en el mundo.
- Desarrollar una matriz multicriterio que permita encuestar a un grupo de expertos en infraestructura vial para estructurar el proceso de toma de decisiones.
- Realizar la priorización para la intervención de segmentos viales de la red vial urbana caso Itagüí - Colombia. por medio de la superposición ponderada de mapas empleando un Sistema de Información Geográfica, articulada a los resultados de la matriz multicriterio.

1.5 Metodología

La metodología para llevar a puerto el trabajo de grado se desarrolla, partiendo del cumplimiento de los objetivos específicos, los cuales se mencionan a continuación:

- ✓ ***Objetivo específico: Encontrar información científica relacionada con los sistemas de gestión de pavimentos urbanos que se han desarrollado en el mundo.***

Actividad: Revisión de literatura sobre antecedentes de sistemas de gestión de pavimentos urbanos.

Se realiza una investigación sobre metodologías que se han desarrollado para generar sistemas de gestión de pavimentos urbanos en algunas ciudades del mundo.

Con la investigación y la revisión de la literatura, se procede a realizar una depuración de información, estableciendo un marco conceptual del trabajo de grado.

Se realiza la investigación acerca del funcionamiento del software ArcGIS relacionada con el almacenamiento de la información georreferenciada, que permita generar consultas en la que se evidencie el estado de la red vial, y su articulación a los sistemas de gestión de pavimentos urbanos, y los procesos que se pueden implementar para facilitar la toma de decisiones, y con ello proponer las posibles intervenciones.

✓ ***Objetivo específico: Desarrollar una matriz multicriterio que permita encuestar a un grupo de expertos en infraestructura vial para estructurar el proceso de toma de decisiones.***

Actividad: Elaboración de criterios y alternativas que permitan el desarrollo de una matriz multicriterio orientada a mantener la red vial urbana en buenas condiciones.

Para esta actividad se proponen unos criterios los cuales fueron evaluados por expertos en infraestructura vial empleando la Escala de Likert, y muchos de los criterios fueron validados y otros modificados.

Posteriormente se estructura una matriz multicriterio con los criterios validados y alternativas planteadas, cuyo propósito es facilitar la toma de decisiones que permita mantener la red vial en buenas condiciones. La matriz multicriterio fue sometida a una encuesta a un grupo de expertos en infraestructura vial para que realizaran la ponderación de los criterios establecidos y

determinaran la calificación a las alternativas de intervención que permita resolver cada criterio. los datos se procesan y finalmente se determina cual es criterio más relevante, las ponderaciones para todos los criterios y la alternativa de intervención con mayor puntaje que de acuerdo a la calificación de los expertos permite resolver las necesidades de gran parte de los criterios establecidos.

✓ *Objetivo específico: Realizar la priorización para la intervención de segmentos viales de la red vial urbana caso Itagüí - Colombia. por medio de la superposición ponderada de mapas empleando un Sistema de Información Geográfica, articulada a los resultados de la matriz multicriterio.*

Actividad: Realizar el geoprocesamiento espacial de los mapas existentes por medio de la superposición ponderada para el caso de estudio ciudad de Itagüí - Colombia. empleando un Sistema de Información Geográfica, utilizando los puntajes ponderados de los criterios establecidos en la matriz multicriterio.

Se realiza el análisis y adaptación de la información existente referente a los mapas que representan los criterios establecidos en la matriz multicriterio, por cada mapa vectorial se realiza la evaluación de los datos existentes y se clasifican, se procede con el proceso de transformación de los mapas a formato ráster y se procede al proceso de reclasificación. Se aplica la superposición ponderada a los 17 mapas, con el resultado obtenido se realiza el proceso de transformación de la información en formato shapefile. Se evalúa y contrasta con la información existente de la malla vial, permitiendo identificar las vías priorizadas teniendo en cuenta las categorías de desempeño y confort, ambiental, político-social, economía y transporte. Con dicha priorización el ente territorial cuenta con una herramienta de planificación que le permite facilitar la toma de decisiones.

En la figura 1 se presenta un mapa de procesos que permite el desarrollo de la metodología establecida en el trabajo de grado.

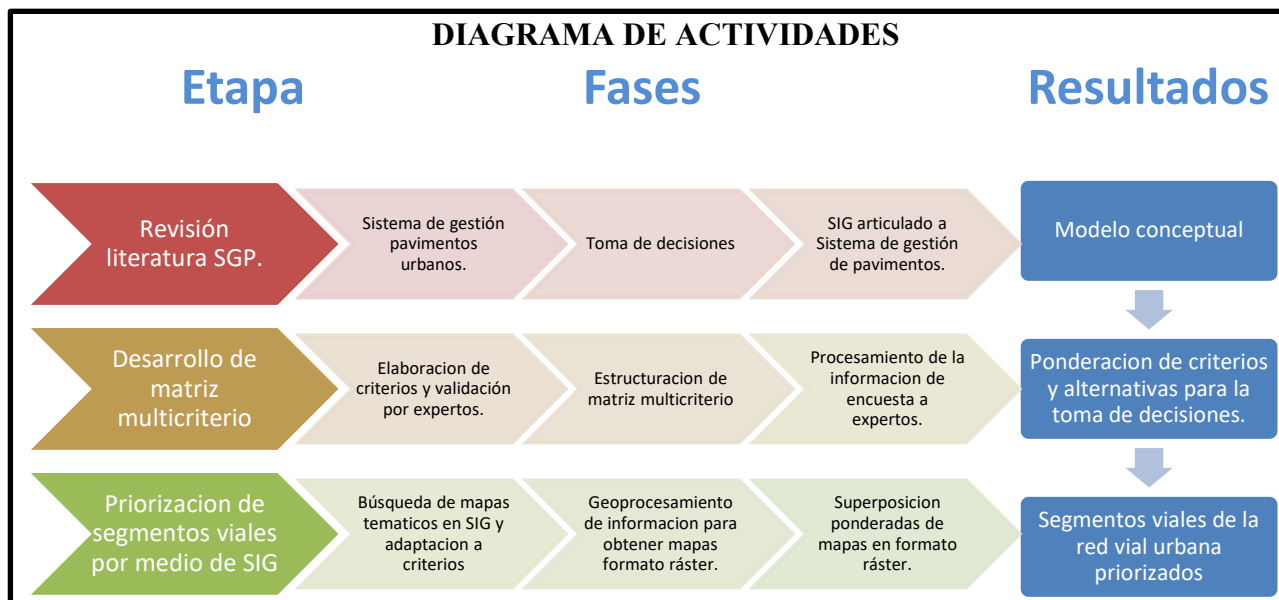


Figura 1. Diagrama de actividades.

1.6 Alcance del trabajo de grado

El alcance del trabajo de grado busca establecer una metodología para el desarrollo de un sistema de gestión de pavimentos urbano, contando con la información existente de la ciudad del caso de estudio, desarrollando una matriz multicriterio que considera no solo el estado de la vía sino que también tiene en cuenta las condiciones ambientales, políticas, sociales, económicas y de transporte, las cuales son detalladas más adelante, que como instrumentos combinados y analizados en conjunto facilitan la toma de decisiones al administrador de la red vial. Con los resultados obtenidos se procede a realizar el proceso de priorización de vías partiendo del geoprocesamiento de mapas que representan los criterios de la matriz multicriterio, para luego aplicar de superposición ponderada de dichos mapas, cuyo resultado final es un mapa con su respectiva tabla de atributos, que permite priorizar en la red vial urbana del caso de estudio. Este trabajo de grado es un avance para que en futuras investigaciones se puedan desarrollar modelos

de desempeño y predicciones en el comportamiento de los pavimentos, contando con la recopilación de nuevos datos de las condiciones del pavimento que permitan realizar un seguimiento en el tiempo en la evolución del deterioro del mismo, para establecer las curvas de deterioro y calibrar el modelo para el sistema de gestión de pavimentos urbano.

1.7 Organización de tesis

El documento del trabajo de grado se presenta por capítulos de la siguiente forma:

- **Introducción.** En este capítulo se realiza una introducción sobre los antecedentes sobre la problemática actual de la ausencia de gestión de pavimentos de una red vial urbana, los factores que afectan el desempeño de los pavimentos, las variables a considerar para la toma de decisiones para emplear estrategias de P+M+R, se presenta también la definición del problema, la hipótesis del trabajo de grado, los objetivos, y la metodología que se establece para desarrollar el trabajo de grado.
- **Revisión de literatura.** Se presenta la recopilación de la información de interés que se consultó acerca de los sistemas de gestión de pavimentos, tanto a nivel interurbano, pasando a nivel urbano en algunas partes del mundo, de Suramérica y en zonas tropicales, en donde se identifica las diferentes metodologías para la medición de la condición de pavimento, el manejo y procesamiento de la información mediante un SIG, algunos criterios de intervención, dependiendo del estado del pavimento.
- **Sistema de gestión de pavimentos urbano.** Se propone en este capítulo, el desarrollo de la metodología para elaborar un sistema de gestión de pavimentos a nivel de red vial urbana, a partir del análisis funcional y estructural de los pavimentos que conforman la misma, incluyendo las variables que impactan el estado del pavimento. También se estructura en este capítulo una matriz multicriterio que permita al administrador de la red vial facilitar la toma de

decisiones teniendo en cuenta para la red vial categorías de Desempeño y Confort, Ambiental, Político y Social, Economía y Transporte. Dentro de estas categorías se establecen criterios y se proponen alternativas de intervención que permitan atender los criterios, y el objetivo principal de establecer el proceso multicriterio es mantener la red vial en buenas condiciones y priorizar la intervención de los segmentos viales porque por lo general los recursos destinados para la red vial de un ente territorial son escasos y limitados, por lo tanto se busca con este aporte propender por realizar una gestión vial eficiente, estableciendo procesos multicriterio para culminar cada una de las etapas a desarrollar, logrando el objetivo de toma decisiones más adecuadas para gestionar la red vial con los recursos disponibles.

- **Análisis multicriterio articulado al sistema de información geográfica para priorización de intervención de vías.** . En este capítulo se explica la estructura una base de datos de una red vial urbana almacenada en un sistema de información geográfica -SIG-, y se desarrolla el proceso de geoprocésamiento de la información existente referentes a mapas en formato vectorial que representan los criterios de la matriz multicriterio, como se realiza el proceso de clasificación de la información existente y la posterior transformación de los mapas a formato ráster para proceder a realizar la superposición ponderada para obtener finalmente dentro del proceso de álgebra de mapas el resultado final de la priorización de vías, dicho mapa es transformado a formato vectorial y aplicando herramientas del SIG se obtiene el mapa temático que categoriza las prioridades de intervención. Se discuten los resultados obtenidos.

Conclusiones y recomendaciones. Se presenta en este capítulo las conclusiones resultantes del trabajo de grado, las recomendaciones para hacer uso eficiente de la información contenida y los desarrollos de futuras investigaciones que pueden contribuir a fortalecer el sistema de gestión de pavimentos urbano.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1 Sistemas de gestión de pavimentos “SGP”

El mantenimiento de los pavimentos es fundamental para evitar el deterioro del valor de los activos y satisfacer las expectativas de todos los interesados (objetivos). Sin embargo, los presupuestos a menudo son insuficientes para mantener el pavimento de la carretera en niveles óptimos. Por lo tanto, se debe utilizar un proceso de toma de decisiones para priorizar diferentes actividades de mantenimiento con el fin de lograr objetivos predefinidos mediante la optimización del uso del presupuesto disponible (Augeri, Greco, & Nicolosi, 2019).

Según AASHTO 1993, un sistema de gestión de pavimentos se define como “un conjunto de herramientas o métodos que asisten a la persona encargada de la toma de decisiones, en hallar las estrategias óptimas para proporcionar evaluar y mantener a los pavimentos en una condición útil durante un período de tiempo”.

Un SGP debe integrar y coordinar todos los aspectos considerados en el proceso de gestión de los activos del pavimento. En particular, el SGP integral debe tener en cuenta un proceso dinámico que incorpore retroalimentación con respecto a los diversos atributos, criterios y restricciones involucrados en la optimización de la programación de mantenimiento y la toma de decisiones (Osorio Lird, 2015).

Sin embargo, es importante enfatizar que el SGP en sí no toma las decisiones. Un SGP convierte los datos sin procesar en información utilizable, pero las personas toman las decisiones utilizando la información proporcionada por el SGP.

Los SGP deben desarrollarse de acuerdo con las necesidades técnicas y socioeconómicas de cada tipo de pavimento y nivel de análisis.

El desarrollo inicial de SGP implicó practicar estrategias de "lo peor primero". Todavía hay agencias que no han implementado SGP o están utilizando un SGP simple con el análisis de priorización para definir la lista de pavimentos candidatos basados únicamente en un proceso de clasificación. Ese enfoque da como resultado una estrategia reactiva.

Los SGP actuales implican una estrategia proactiva. Los gerentes de pavimento investigan tratamientos y tecnologías y utilizan un análisis de priorización dentro del SGP, como la preservación del pavimento, la optimización de la red o los modelos de evaluación prioritaria. Muchos estudios muestran que estas metodologías tienden a ser más rentables en un análisis a largo plazo que la estrategia reactiva (Tan y Cheng 2012).

Los SGP proporcionan el marco necesario para evaluar el estado del pavimento y seleccionar las decisiones estratégicas adecuadas sobre las actividades de mantenimiento para minimizar los fondos necesarios y mejorar el desempeño de la red vial (García Segura, Montalbán Domingo, Llopis Castelló, Sanz Benlloch, & Pellicer, 2023).

Descuidar la necesidad de conservación y retrasar el mantenimiento del pavimento implica mayores costos y riesgo de falla estructural. En comparación con el mantenimiento temprano basado en la preservación, se estima que el mantenimiento tardío triplica los costos de la agencia y del usuario (Torres Machi, Pellicer, Yepes, & Chamorro, 2017)

2.1.1 Sistema de gestión de pavimentos HDM-4.

A nivel mundial, el sistema de gestión de pavimentos más reconocido es el HDM-4 (High Development y Management), software financiado por el Banco Mundial y otras entidades a nivel mundial, que cuenta con los aportes técnicos y científicos de diferentes universidades e institutos de investigaciones de amplia trayectoria. El HDM-4 es un potente sistema para el análisis de

gestión de carreteras y de las alternativas de inversión, que establece dentro del ciclo de gestión cuatro etapas (R. Kerali, 2000):

- **Planificación:** En esta etapa se realiza el análisis del sistema de carreteras, en conjunto con la preparación del presupuesto a medio y largo plazo, o estratégicos, a partir de estimaciones de gastos de desarrollo y conservación de carreteras, bajo diferentes supuestos económicos y presupuestarios. En la etapa de planificación, el sistema físico de carreteras normalmente se caracteriza por:
 - *Características de la red:* Agrupadas por clase o jerarquía de la carretera, flujo/cargas/congestión del tráfico, tipos de pavimentos, estado del pavimento.
 - *Longitud de la carretera en cada categoría.*
 - *Características del parque automotor que utiliza la red*
- **Programación:** Comprende la preparación bajo restricciones presupuestarias de programas de gastos de obra en varios años en las que se seleccionan y analizan tramos de red que necesitan, conservación, mejora o nueva construcción.
- **Preparación:** Es la fase de planificación a corto plazo, donde los planes de carreteras aprobados se agrupan para realizarlos. Se refinan diseños, listas de cantidades y costos detallados.
- **Operaciones:** Estas actividades cubren la operación diaria de una organización. Las decisiones sobre la gestión de las operaciones se suelen tomar de forma diaria o semanal, incluyendo la programación de obra a realizar.

En la tabla No. 1, se resumen los cambios en el proceso de gestión.

Tabla 1. Cambios en los procesos de gestión.

Actividad	Horizonte temporal	Personal responsable	Cobertura espacial	Detalle de los datos	Modo de operación en ordenador
Planificación	A largo plazo (estratégica)	Alta dirección y nivel de políticas	Toda la red	Muy general/resumen	Automático
Programación	Medio plazo (táctica)	Profesionales de nivel medio	Red o subred	↓	↓
Preparación	Año del presupuesto	Profesionales junior	Nivel de esquema/tramos	↓	↓
Operaciones	Inmediato/muy corto plazo	Técnicos/ Subprofesionales	Nivel de esquema/ subtramos	Fino/detallado	Interactivo

Fuente: (R. Kerali, 2000)

El Marco analítico del HDM-4, está basado en el análisis del ciclo de vida del pavimento, que suele durar entre 15 y 40 años, para predecir lo siguiente (R. Kerali, 2000):

- Deterioro de las carreteras.
- Efectos de las obras de reparación.
- Efectos para los usuarios de la carretera.
- Efectos socioeconómicos y medioambientales.

Una vez construidos, los pavimentos de las carreteras se deterioran como consecuencia de diferentes factores como:

- Cargas de tráfico.
- Efectos medioambientales.
- Efectos de sistemas de drenaje inadecuados.

Las tasas de deterioro del pavimento están directamente afectadas por los estándares de conservación aplicados a reparar defectos de la superficie del pavimento, o conservar la

integralidad estructural del pavimento, permitiendo así que la carretera soporte el tráfico para la cual está diseñada.

2.2 Sistema de Gestión de Pavimentos Urbanos

El Sistema de Pavimentos de Gestión Urbano –SGPU-, difiere de un SGP debido a la complejidad del primero en cuanto al volumen y manejo de la información y en donde se involucran variables adicionales como elementos de infraestructura urbana (redes de servicios públicos), tráfico urbano, las bajas velocidades de operación, intersecciones viales, la diversidad de estructuras de pavimento de un segmento vial a otro, etc., por lo cual no es recomendable adoptar SGP para vías intermunicipales a urbanas.

Los SGP existentes se pueden clasificar como (Osorio Lird, 2015):

- “Sistemas comerciales fuera de la plataforma” (sigla en inglés COTS): los sistemas COTS se definen como una aplicación o software de sistema que se comercializa ampliamente para las agencias de transporte como un producto pre empacado bajo un acuerdo de licencia comercial o arrendamiento establecido.
- “Sistemas patentados desarrollados” (sigla en inglés PSD): los PSD son sistemas que se construyeron especialmente para satisfacer las necesidades específicas de la institución. Los PSD pueden ser desarrollados por unos consultores externos o desarrollados internamente.

2.2.1 Sistemas patentados desarrollados: ejemplos de casos de estudio.

A través de los años en varias ciudades del mundo se desarrollaron SGPU, los cuales se han estructurado a las necesidades de cada ciudad, a continuación, se presenta una recopilación de sistemas de gestión de pavimentos urbanos (Osorio Lird, 2015):

- ***Sistema de gestión de pavimento municipal de Alberta, Canadá (Jestin, R. 2011).***

El Sistema de Gestión de Pavimento Municipal (sigla en inglés MPMS) de Alberta proporciona la información y las herramientas para la programación de redes de mantenimiento y rehabilitación de calles y diseño de rehabilitación a nivel de proyecto. El alcance del MPMS incluye los siguientes requisitos funcionales: entrada y actualización interactiva de datos seccionales; Conversión de datos / índice de desempeño, informes de bases de datos (agregados seccionales y de red), información de mantenimiento de calles y análisis de necesidades, estrategia de mantenimiento y análisis financiero, análisis de necesidades y alternativas de rehabilitación de redes, análisis de programación prioritaria de rehabilitación de redes, análisis de requisitos estructurales a nivel de proyecto y análisis de alternativas del proyecto a nivel de rehabilitación.

Muchas ciudades de Canadá han adoptado este SGP durante la última década y continúan aplicando una versión actualizada con un SIG integrado. La versión actualizada para muchas ciudades se ajustó al software Road Matrix.

Las ciudades de Edmonton y Calgary están utilizando la versión actualizada en el software HDMA, que fue personalizado para ellos. Los gerentes de ambas ciudades seleccionaron este COTS PMS debido a la segmentación dinámica y las Reglas de decisión heurísticas para la priorización.

- ***StreetWise, Estado de Washington - Estados Unidos. (Brotten 1996; Sachs 1996).***

El SGP del Departamento de Transporte del Estado de Washington (sigla en inglés WSDOT) fue adaptado para su utilización por las agencias locales a fines de la década de 1980. Las ciudades y condados más grandes habían adoptado este sistema para sus calles urbanas sin dificultad. Sin embargo, las ciudades más pequeñas generalmente no pueden permitírselo debido

a la complejidad del sistema. En respuesta a esa necesidad, WSDOT ha desarrollado un manual que se basa en los sistemas computarizados del estado, pero se puede completar con lápiz y papel. Este sistema simplificado todavía se está utilizando en ciudades más pequeñas y permite a las ciudades de WS personalizar el sistema para sus necesidades específicas. El SGP tiene un manual muy completo para la implementación y aplicación en diferentes condiciones.

Después de implementar el software de gestión de pavimento, los modelos se pueden ajustar dentro del programa. Además, algunas agencias utilizan datos reales recopilados a lo largo del tiempo y almacenados en la base de datos de gestión del pavimento para mejorar los modelos utilizados en el software. Este proceso de retroalimentación permite a las agencias mejorar continuamente el SGP a medida que aprenden más sobre su sistema y sus calles.

- ***Ciudad de Seal Beach, California - Estados Unidos. (Nichols Consulting Engineers, CHTD 2010).***

La Ciudad de Seal Beach ha utilizado un programa de administración de pavimento para administrar su red de calles desde 2004. Primero, personalizaron el programa StreetSaver, pero en 2010, la Ciudad se cambió a MicroPAVER software que debe cumplir con los requisitos de la Autoridad de Transporte del Condado de Orange (sigla en inglés OCTA).

- ***Bowling Green, Utah - Estados Unidos (Lashlee et al. 2004).***

La ciudad de Bowling Green comenzó a desarrollar un sistema de gestión de pavimentos en 1998 para ayudar a emplear el mantenimiento adecuado para retener la calidad una red de transporte. Después de la primera encuesta, decidieron adoptar la Aplicación de gestión de pavimento (sigla en inglés PMA) COTS PMS que es la versión anterior de HPMa.

Desde entonces, los datos existentes y los datos de encuestas especializadas de Stantec, Inc., han sido constantemente actualizados. Actualmente, Stantec realiza un nuevo estudio de superficie de la mitad de la red cada año y condiciones de conducción en intervalos de tres años. En el tercer año, solo se realizan pruebas de deflexión o de tipo estructural. Este ciclo ayuda a garantizar que los datos que se utilizan estén relativamente actualizados y se tomen las decisiones adecuadas. Dado todos los métodos de actualización, se almacena y se accede a una gran cantidad de datos.

Los datos de PMA se vinculan con el sistema de información geográfica (SIG) de la Ciudad para mapeo y visualización. El análisis del sistema de gestión del pavimento de la ciudad incluye cuatro índices principales para la condición del pavimento. Estos índices son el Índice de falla de la superficie (siglas en inglés SDI), el Índice de confort de conducción (siglas en inglés RCI), el Índice de suficiencia estructural (siglas en inglés SAI) y una combinación de los índices anteriores, el Índice de calidad del pavimento (siglas en inglés PQI).

- ***G-PMS, Salt Lake, Utah – Estados Unidos. (Cottrell W. et al. 2006).***

El Consejo Regional del Frente Wasatch (siglas en inglés WFRC) en Utah tuvo el desafío de cooperar con agencias estatales y locales en el desarrollo de sistemas regionales de gestión de pavimentos para carreteras y calles urbanas. El desarrollo fue particularmente difícil porque algunas de las agencias locales ya tenían SGP bien establecidos que eran suficientes para sus necesidades.

Ocho SGP estaban siendo utilizados en el área de Salt Lake City – Ogden por aquellas comunidades que tenían un SGP formal. Esta diversidad causó preocupación entre los especialistas locales en el manejo del pavimento con respecto a las alteraciones del SGP para atender un nuevo

SGP regional. Algunas agencias usaban diferentes de COTS PMS, y las otras tenían un SGP informal fundado en el juicio y la experiencia de los ingenieros locales.

Sin embargo, 14 localidades no tenían SGP. La disparidad entre las actividades locales de gestión del pavimento indicó que la responsabilidad de la recopilación de datos del pavimento y las condiciones y los análisis de desempeño debe asignarse al estado para eliminar las posibles inconsistencias asociadas con hacer que las localidades informen las condiciones del pavimento. Este enfoque puede ser aplicable en regiones urbanas similares donde existe una variación extrema en el grado de gestión local del pavimento.

Se desarrolló un esquema para incorporar los SGP regionales para las agencias locales. El énfasis estará en usar el SGP para tomar decisiones de programación. Se establecerá un sistema automatizado de recolección de datos de condiciones del pavimento para calles urbanas de la región. El SGP a utilizar será el programa dTIMS, que se personalizará según las necesidades locales. El WFRC debe asimilar esta información y priorizar los proyectos de rehabilitación sugeridos.

- ***SAMPU (Minvu).***

La primera metodología para la gestión del pavimento urbano en Chile fue desarrollada hace 20 años bajo el nombre de MANVU (MINVU y RyQ Ingeniería 1989) por el Ministerio de Vivienda y Desarrollo urbano a través de un préstamo del Banco Mundial. En 1992, se desarrolló la herramienta SAMPU (CIS y MINVU 1992), que es el programa informático basado en la metodología MANVU, y se utilizó SAMPU hasta 1999 para algunas regiones de Chile.

Actualmente, el programa disponible es una versión simplificada de SAMPU llamada MANVUSIMP (MINVU 1999), que incluye componentes como Evaluación técnica, Modelos de

desempeño, Estrategias de mantenimiento y Evaluación económica. Sin embargo, estos componentes tienen las siguientes limitaciones:

- El enfoque general es para el nivel de proyecto en lugar del nivel de red.
- La Evaluación técnica no considera metodologías automatizadas para la recopilación de datos.
- El índice de servicialidad utilizado para la evaluación de la condición considera como una característica importante la regularidad; entonces, el análisis y la calibración considerando otras dificultades presentes en el entorno urbano es necesario para su aplicación.
- Las Estrategias de mantenimiento no incluyen tecnologías actuales para tratamientos de mantenimiento y rehabilitación y actividades de preservación.
- Los Modelos de Desempeño se adoptaron de condiciones extranjeras, HDM2 y HDM3 para asfalto y Brokaw para pavimentos de hormigón (CIS y MINVU 1992). Estos modelos fueron adoptados, pero no adaptados para la condición local ni ajustados a lo largo del tiempo con datos de desempeño local.
- Los detalles de la Evaluación Económica son desconocidos.
- Debido a estas limitaciones, los profesionales a cargo de la gestión del pavimento generalmente decidieron las actividades de M&R en función de su propia experiencia en lugar de la información generada por la herramienta. Además, en algunos municipios, las decisiones sobre los tratamientos de M&R se basan en las quejas de los usuarios. Esta situación lleva a una lista priorizada de proyectos candidatos basada en la condición actual del pavimento más que en la evaluación del ciclo de vida. Por lo tanto, el proceso busca identificar solo las necesidades actuales de la red, que es un enfoque reactivo.

- ***SGCPU - Concepción, Chile (Echaveguren T. y González D. 2000).***

El SGP para la ciudad de Concepción, Chile, llamado SGCPU (Sistema de Gestión de Conservación de pavimentos urbanos de Concepción) se basa en el SAMPU.

Este SGP incluye los siguientes componentes:

- ***Base de datos:*** considera información invariable, como las características geométricas de las calles y datos variables, como el indicador de condición y el tráfico.
- ***Seccionamiento:*** considera los datos de tráfico y los indicadores de condición para la definición de secciones para la red.
- ***Diagnóstico:*** Incluye la determinación de la condición y la aplicación de modelos de pavimento. Los indicadores utilizados para la condición son los índices cualitativos de agrietamiento, regularidad y servicialidad. Los modelos de desempeño utilizados son Brokaw para pavimentos de hormigón, HMD-2 para pavimentos semiflexibles y HMD-3 para pavimentos flexibles. Estos dos elementos ayudan a determinar la evolución por fuera de tiempo de los indicadores sin la aplicación de estándares de mantenimiento en este componente.
- ***Proyectos:*** Este componente genera las estrategias de mantenimiento para las secciones basadas en una lista de acciones de mantenimiento para pavimentos de concreto y asfalto.
- ***Evaluación económica:*** las estrategias se evalúan en función de su costo y del Modelo Operativo del Vehículo del HDM-3.
- ***Programa de inversión:*** Incluye la priorización de las secciones a mantener. Este análisis podría hacerse en función de parámetros de diferencia como la facilidad de servicio, el tráfico, la jerarquía y otros.

- **Actualización:** en este componente, la base de datos se actualiza con las estrategias de mantenimiento aplicadas, así como el control y los resultados del proyecto.
- **Prototipo de software:** el sistema es compatible con un software que funciona con los componentes.

Este SGP es muy completo, pero no cuenta con un índice combinado para pavimentos urbanos y los modelos de desempeño utilizados fueron calibrados para otras condiciones.

➤ ***SAV Medellín. Colombia (Zapata Duque & Cardona Londoño, 2012).***

En la ciudad de Medellín se elaboró e implementó un Sistema de Administración Vial (SAV), desarrollado en una plataforma SIG. El sistema está soportado en una Geodatabase corporativa de inventario y diagnóstico, el cual alimenta un software de modelación del deterioro del pavimento y arroja recomendaciones de intervención en cada segmento vial. Este sistema sirve como apoyo a las autoridades encargadas a la toma de decisiones, con el fin de realizar la planeación del mantenimiento de la malla vial, optimizar los recursos disponibles y ofrecer un mejor servicio a la comunidad.

La clasificación de las vías de acuerdo a la servicialidad se realiza de acuerdo a la evaluación combinada de la rugosidad (IRI) y el estado superficial del pavimento (MDR) a través de los daños superficiales, expresión que la AASHTO denomina índice de Servicialidad Global (sigla en inglés OPI).

La implementación del Sistema de Gestión Vial está soportada en una Base de Datos Geográfica anidada en una Geodatabase corporativa del municipio de Medellín, bajo la plataforma SIG y administrado bajo el software de ArcGIS.

Teniendo como base la Matriz de Decisiones, que se desarrolló atendiendo los estándares de la malla vial de la ciudad, se realizaron procesos complejos de análisis multicriterio y se generaron diferentes recomendaciones de intervención. Las intervenciones generadas por la Matriz de Decisiones se obtuvieron luego de los procesos de análisis del modelo de deterioro HDM-4, el cual fue calibrado para la ciudad, teniendo en cuenta los criterios de priorización establecidos. Actualmente el sistema se encuentra sin proceso de actualización.

➤ **SIIPVIALES. Bogotá D.C. Colombia** (Instituto de Desarrollo Urbano IDU, 2021).

El Sistema de Información Integral para la Planeación y Seguimiento de la Infraestructura Vial y el Espacio Público -SIIPVIALES- se define como un proceso sistemático que provee, integra, compila, analiza y sintetiza información relacionada con la infraestructura vial y del espacio público que administra el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), en un marco conceptual y estadístico riguroso que provee información estandarizada, oportuna, confiable y certera. La cual puede ser utilizada en la toma de decisiones, constituyendo líneas estratégicas que identifican y definen planes, programas y proyectos que debe adelantar el Distrito Capital, de acuerdo a lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial y sus instrumentos de planeación.

Subcomponentes (Instituto de Desarrollo Urbano IDU, 2021)

- **Geodatabase:** El IDU creó el sistema de información de la malla vial de Bogotá, conformado por una base de datos sistematizada que compila el registro de las vías arteriales, intermedias, locales y rurales. El sistema consta de un inventario y diagnóstico de malla vial, el cual es el elemento fundamental para el funcionamiento del sistema de gestión que permite la toma de decisiones en el campo de construcción y conservación de

la malla vial de la ciudad, desde el punto de vista de prioridades, niveles de intervención, zonas geográficas, estimación costos y oportunidad de las intervenciones.

- **Información Geográfica:** Estructuración, Mantenimiento y actualización periódica del inventario de la malla vial, espacio público y puentes, con la información obtenida por las áreas técnicas, contratistas del IDU, terceros y captura interna, de acuerdo con el estándar y control de calidad IDU.
- **Análisis Espacial:** Elaboración de las estadísticas y análisis sobre el comportamiento de estado de condición del pavimento de las vías que conforman la Malla Vial de la ciudad y el espacio público.
- **Publicación de Información Geográfica:** Disposición de la información a través de soluciones geográficas (aplicaciones web o móviles), con el fin de que más grupos funcionales accedan a la información geográfica de la entidad.
- **I.D.E (Infraestructura del Dato Espacial):** La Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) de Bogotá, conocida como IDECA, se define como el conjunto de datos, estándares, políticas, tecnologías y acuerdos institucionales, que, de forma integrada y sostenida, facilitan la producción, disponibilidad y acceso a la información geográfica del Distrito Capital, con el fin de apoyar su desarrollo social, económico y ambiental.

Para el programa de conservación de la malla vial y espacio público de Bogotá, uno de los objetivos es calibrar los modelos de deterioro a partir de la selección de segmentos que hayan sido intervenidos y se cuente con la posterior toma de datos de diagnóstico durante varios años, con el propósito de registrar la evolución del deterioro en conjunto de segmentos testigo. El modelo de

deterioro para cada segmento testigo introduce los datos recopilados a las ecuaciones del HDM-IV, para obtener los factores de calibración para cada testigo, y con esto se le asigna un factor de calibración a un testigo de similares características estructurales y del tipo de superficie (Instituto de Desarrollo Urbano, 2017).

2.3 Desempeño de pavimentos

La calidad de un pavimento puede definirse en términos del grado de satisfacción que este proporciona a los usuarios. Esta se puede estimar en términos del servicio que presta al usuario, su resistencia, y su durabilidad. Estos atributos, tanto desde el punto de vista del usuario como de la agencia vial, se pueden estimar de manera objetiva mediante el uso de índices e indicadores que describan el desempeño presente del pavimento y la progresión de este desempeño en el tiempo (Solminihac T., Echavegúren N., & Chamorro G., 2018).

La evaluación del desempeño del pavimento utilizando indicadores de condición del pavimento es un componente básico de cualquier Sistema de Gestión del Pavimento. Varios indicadores como el índice de condición del pavimento (PCI), el índice de capacidad de servicio actual (PSR), el índice de rugosidad (RI), etc. se han utilizado comúnmente para asignar una estrategia de mantenimiento para los pavimentos existentes. (Shah, Jain, Tiwari, & Jain, 2013)

La evaluación del estado del pavimento, que incluye la evaluación de deterioro, rugosidad, fricción y estructura, es uno de los componentes importantes del diseño, rehabilitación y manejo del pavimento. La mayoría de las estrategias rentables de mantenimiento y rehabilitación (M&R) desarrolladas usando el Sistema de Gestión del Pavimento (SGP) se debe a una evaluación precisa del pavimento (Shah, Jain, Tiwari, & Jain, 2013).

2.4 Índices de condición

Existen varios mecanismos y metodologías mediante los cuales se definen el Índice de condición del pavimento, dentro de la revisión de la literatura se encontraron los siguientes:

El índice de condición del pavimento (PCI) se basa en curvas maestras, haciendo reducciones acumulativas a un valor que representa una excelente condición de los pavimentos (PCI = 100), en función de la gravedad y la densidad de las fallas medidas. Los valores de deducción se calculan para cada tipo de falla y se determina el valor de deducción máximo para la reducción de la condición excelente. (Osorio Lird, 2015).

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima. (Vásquez Varela, 2002)

Los otros índices: Índice de Calidad del Pavimento (PQI), Índice de Servicialidad del Pavimento(PSI) se basan en evaluaciones de panel de expertos. Como se observó, se consideran diferentes dificultades para el asfalto y el hormigón; presentando a todos ellos menos opciones de fallas que el PCI. Estos índices se desarrollaron para redes de carreteras interurbanas (autopistas, corredores expresos, etc.); por lo tanto, su aplicación directa a redes urbanas (calles, avenidas, etc.) no es representativa y requiere calibración y validación. Sin embargo, las metodologías utilizadas en la calibración y validación son buenas opciones para aplicar para modelar un índice para pavimentos urbanos.

El Índice de Servicialidad (p) es un índice desarrollado para redes de pavimentos urbanos basado también en evaluaciones de panel de expertos; sin embargo, no considera importantes dificultades para analizar en el entorno urbano, como baches, fallas y cortes de servicios públicos, y considera como condición principal la calidad del viaje, que no influye mucho en las condiciones de los pavimentos urbanos. Por lo tanto, este índice necesita un ajuste y calibración para su aplicación en redes de pavimento urbano (Osorio Lird, 2015).

Otra forma de evaluar el índice de condición es a través del Índice de Condición Global del Pavimento (Sigla en inglés OPI), desarrollada por la AASHTO, el cual realiza la evaluación combinada de la rugosidad y el estado superficial del pavimento a través de los daños superficiales. El OPI representa una interrelación del estado superficial (desempeño funcional y estructural) y la condición funcional del pavimento medido en términos de rugosidad (desempeño funcional), siendo, por lo tanto, un parámetro representativo del estado global del pavimento (Zapata Duque & Cardona Londoño, 2012).

La clave para el desarrollo de un índice de la condición de los pavimentos es reconocer la naturaleza subjetiva del problema y las técnicas asociadas para cuantificar la información subjetiva. La metodología es transferible pero no los modelos, por lo que debe calibrarse para cada agencia (Osorio Lird, 2015).

2.5 Recolección de información para Índice de Condición de Pavimento en el SGPU

Varios índices de condición del pavimento están disponibles; sin embargo, esos índices se desarrollaron para redes de carreteras interurbanas (autopistas, corredores expresos, etc.); entonces, su aplicación a pavimentos urbanos (calles, avenidas, etc.) no es representativa y requiere calibración y validación. Además, considerando los países en desarrollo, los recursos económicos

para evaluaciones semiautomatizadas o automatizadas no siempre están disponibles; por lo tanto, se necesita una metodología de evaluación que considere la evaluación de campo manual o automatizada. Las oportunidades de mejora son la calibración y validación de la evaluación del estado del pavimento para la gestión de la red urbana en los países en desarrollo, considerando las pautas de evaluación para la recolección de datos manual y automatizada. (Osorio Lird, 2015)

Para estructurar un SGPU se debe planificar a través de una metodología la recopilación, almacenamiento y procesamiento de la información, para que la misma llegue a ser clasificada y depurada, para una acertada toma de decisiones para la programación y ejecución de los trabajos de P+M+R.

Se debe establecer a través de que método se va a realizar la calificación de una vía en cuanto a su desempeño, en la revisión de la literatura, el Índice de Condición General del Pavimento (Siglas en inglés OPCI), involucra la información referente al estado superficial del pavimento a través del Índice de Condición de Pavimento (Siglas en inglés PCI), el estado estructural del pavimento, el coeficiente de deslizamiento, el Índice de Rugosidad Internacional IRI. Estos índices se desarrollaron individualmente y luego se combinaron para formar un OPCI que da importancia a cada indicador. Los datos de la condición del pavimento se incluyeron mediciones de grietas longitudinales y transversales, grietas de cocodrilo, baches, profundidad de surcos, parches, desprendimientos, rugosidad, condición estructural y resistencia al deslizamiento para las secciones de carreteras urbanas seleccionadas (Shah, Jain, Tiwari, & Jain, 2013).

El INVIAS a través de la Guía de Rehabilitación de pavimentos asfálticos en carreteras, establece como método de auscultación de pavimentos por medio de la metodología francesa VIZIR desarrollado por el “Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC)”, el cual es de simple aplicación, establece una distinción clara entre los deterioros estructurales y los funcionales

y, además, ha sido probado con éxito durante muchos años en la evaluación de pavimentos asfálticos en países en vías de desarrollo en zonas tropicales.

El método clasifica los deterioros de los pavimentos asfálticos en dos grandes categorías, A y B. Los deterioros del tipo A caracterizan una condición estructural del pavimento, sea que ella esté ligada a las condiciones de las diversas capas del pavimento y el suelo de subrasante o, simplemente, a las capas asfálticas. Se trata de degradaciones debidas a insuficiencia en la capacidad estructural de la calzada, cuyo remedio suele requerir el conocimiento de otros criterios de valoración (ensayos de resistencia o de respuesta, deflexiones, etc.). Estos deterioros comprenden las deformaciones y los fisuramientos ligados a la fatiga del pavimento.

Los deterioros del tipo B, en su mayoría de tipo funcional, dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural de la calzada. Su origen se encuentra, más bien, en deficiencias constructivas y en condiciones locales particulares que el tránsito ayuda a poner en evidencia. Entre los deterioros del tipo B se pueden citar los fisuramientos motivados por asuntos distintos a la fatiga, los desprendimientos y los afloramientos (INVIAS, 2008).

El IDU de Bogotá D.C. realiza el levantamiento de daños superficiales aplicando la norma ASTM D 6433, y pre clasifica el estado de los pavimentos por rango y por color. En la tabla 2 se representa los rangos de preclasificación:

Tabla 2. Clasificación por Índice de Condición del Pavimento.

Código	Estado superficial del segmento vial	Valor PCI	Representación gráfica por color del estado del pavimento en SIG
A	Excelente	100 - 86	Verde
B	Bueno	85 - 56	Naranja
C	Regular	55 - 26	Amarillo
D	Malo	25 - 0	Rojo

Fuente (Instituto de Desarrollo Urbano, 2017)

Para la metodología establecida para el OPCI se considera en los pavimentos urbanos: la condición funcional con la medición del estado superficial de las fallas del pavimento ($PCI_{Distress}$), la regularidad de la vía ($PCI_{Roughness}$), la resistencia al deslizamiento (PCI_{Skid}), y la condición estructural del pavimento ($PCI_{Structure}$); de manera individual y con el índice combinado que varía el valor 0 a 100. La condición del pavimento se calificó en base a estos valores como 0-10: Fallido; 10-25: Muy pobre; 25-40: pobre; 40-55: justo; 55-70: bueno; 70-85: muy bueno; 85-100: excelente. En la figura 2 (Shah, Jain, Tiwari, & Jain, 2013), se presenta la metodología para el desarrollo y obtención del OPCI que fue aplicado en el caso de estudio para la ciudad de Noida – India.

2.5.1 Determinación del OCPI

Una vez que se calcularon los índices de condición de pavimento individuales, todos los índices anteriores se combinaron para formar un índice de condición de pavimento general combinado (OPCI) que describe las capacidades estructurales y funcionales del pavimento de la sección de la carretera teniendo en cuenta todos los datos recopilados para la condición de la superficie (Shah, Jain, Tiwari, & Jain, 2013).

METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE OCPI

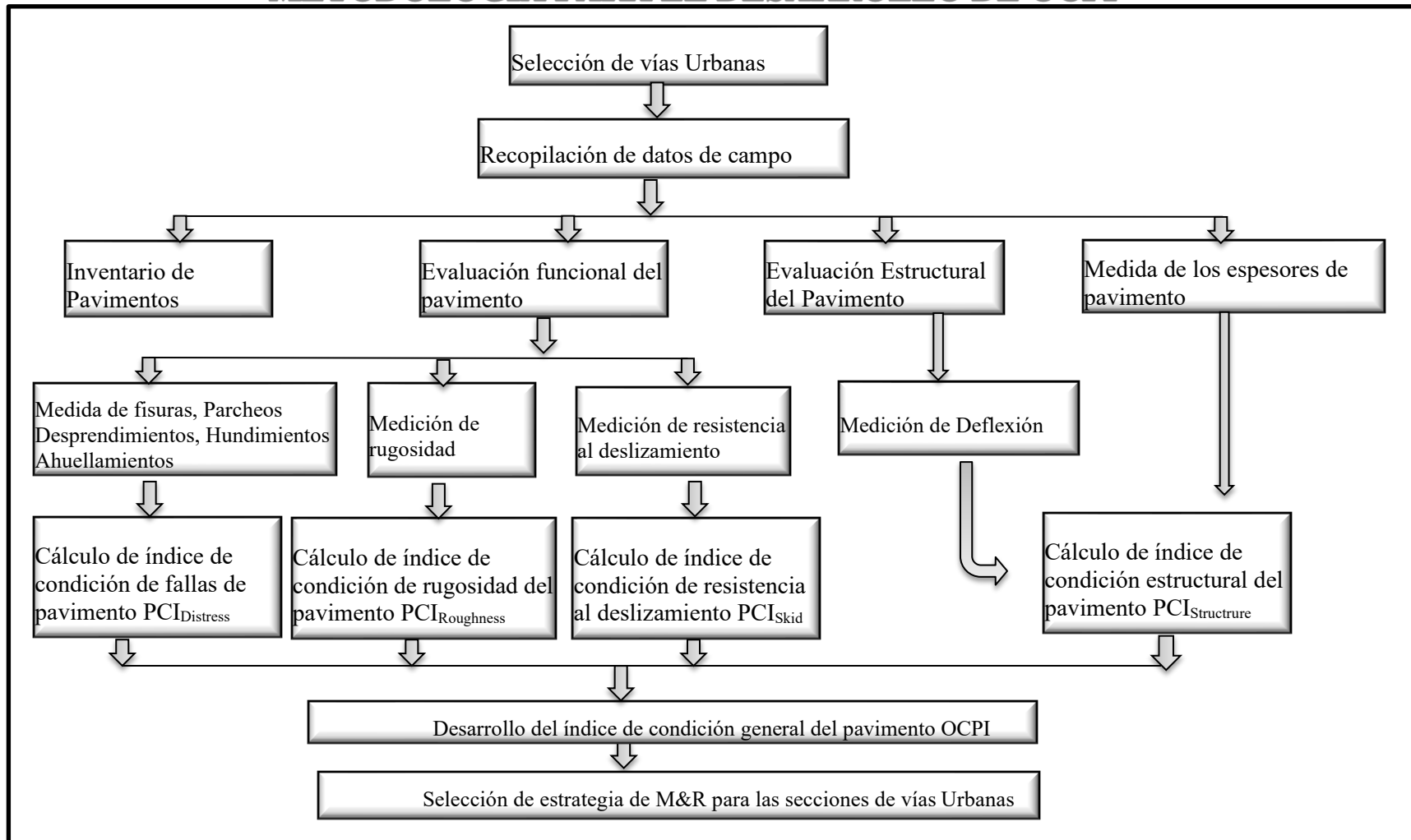


Figura 2. Metodología para desarrollo de OCPI.

Fuente: (Shah, Jain, Tiwari, & Jain, 2013)

2.5.2 Evaluación funcional global

Aunque los factores de tipo estructural son determinantes en la evaluación global y en la sectorización con fines de diseño, no debe pasar por alto la existencia de otros criterios que indican si una calzada requiere trabajos de mantenimiento o mejoramiento. Es posible, por ejemplo, que se requiera algún tratamiento porque la conducción se haya vuelto incómoda, porque el agua lluvia se acumule peligrosamente sobre la superficie o porque la capa de rodadura se haya desgastado y pulido excesivamente.

La valoración de la suficiencia funcional incluye, la inspección de los deterioros y los resultados de las medidas de regularidad superficial, fricción y ruido, así como la consideración de aquellos aspectos relacionados con el drenaje superficial que pueden incidir tanto sobre la visibilidad como sobre la adherencia entre el neumático y el pavimento (INVIAS, 2008).

2.5.3 Incidencia del drenaje en el juicio sobre la capacidad global del pavimento

Para que el juicio tenga el mayor grado de objetividad, se debe identificar si existe alguna relación entre las deficiencias que haya advertido en los sistemas de drenaje y los deterioros que presenta el pavimento. Este análisis es particularmente importante cuando estos últimos le dan al pavimento un índice de deterioro superficial alto.

La corrección de las debilidades del drenaje será siempre prioritaria. Se debe tener en cuenta que las mejoras que se realicen en este sentido, en especial las referentes al drenaje interno, se traducen en disminuciones de humedad en las capas inferiores del pavimento y la subrasante y, consecuentemente, en aumentos de la capacidad portante (INVIAS, 2008)

2.5.4 Diagnóstico de la situación existente

El diagnóstico de la situación existente constituye el cierre de la evaluación global del pavimento. En el estado actual del arte y de la práctica de la ingeniería de pavimentos no existe una receta o una regla precisa para elaborar un diagnóstico correcto. Por tratarse de una etapa que requiere una atención extrema del proyectista, éste deberá hacer uso de toda su percepción, experiencia y buen juicio.

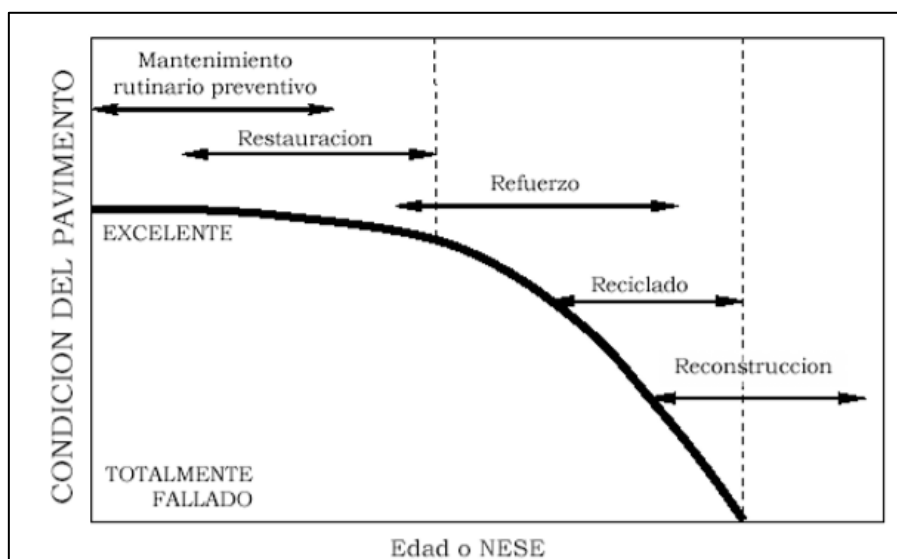


Figura 3. Espectro de alternativas de rehabilitación de pavimentos asfálticos.

Fuente: (INVIAS, 2008)

La Figura 3 presenta una relación conceptual entre la condición del pavimento y las diferentes necesidades de rehabilitación. Se puede apreciar que el instante recomendable para el refuerzo ocurre cuando la pendiente de la curva de servicio al usuario aún no es muy pronunciada.

La Figura 4 ilustra la relación entre la caída del índice de servicio y los costos asociados a los trabajos de rehabilitación, según el instante en que ellos se acometan. La figura muestra que si no se invierte un peso en rehabilitación cuando se ha consumido el 75% de la vida del pavimento y su nivel de servicio ha decaído sólo en 40%, se requerirá una inversión al menos cuatro veces

mayor luego de que se pierda otro 40% del nivel de servicio y que llegar a ese estado tomará sólo 12% más de la vida del pavimento. Aunque los números citados pueden variar dependiendo de muchas circunstancias, el concepto general es válido y pone de relieve la importancia de la oportunidad en la ejecución de las obras de rehabilitación de un pavimento. Por lo tanto, los refuerzos deben ser planeados mediante sistemas eficientes de administración del mantenimiento, con el fin de que ellos sean construidos en el instante óptimo.

Las consecuencias más importantes que se derivan del retraso en la construcción de un refuerzo son las siguientes (INVIAS, 2008):

- Aumento del costo del tratamiento previo.
- Aumento en el espesor y en el costo del refuerzo.
- Aumento en los costos de operación vehicular.
- Incremento de los reclamos de la comunidad.
- Disminución de la vida del refuerzo, por cuanto nunca es posible eliminar todos los daños de la estructura existente.
- Costos más altos durante el ciclo de vida para conservar el pavimento en servicio durante un período prolongado.

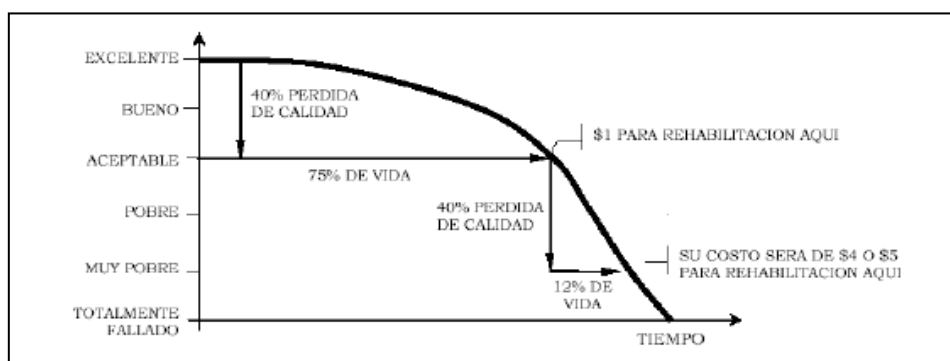


Figura 4. Condición típica del ciclo de vida de un pavimento.

Fuente: (INVIAS, 2008)

2.6 Sistemas de información geográfica “SIG” y los Sistemas de gestión de pavimentos “SGP”

Los SIG (Sistemas de Información Geográfica o siglas en inglés GIS: Geographic Information System) es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes CAPAS (Layers) temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma. Para mejor comprensión, lo anterior se puede visualizar en la figura No. 5.

Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: ráster y vectorial.

- **RASTER:** Cualquier tipo de imagen digital representada en mallas (PIXELS). Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor.
- **VECTORIAL:** Aquí los datos están basados en la representación vectorial de la componente espacial de los datos geográficos. Esta forma de expresión espacial implica la utilización de los tres tipos de elementos espaciales, de carácter geométrico, en que pueden ser interpretados los objetos geográficos: puntos, líneas y polígonos. Los atributos temáticos, que corresponden a las unidades espaciales, se manejan, habitualmente, desde tablas de datos. (Madrid, 2011).



Figura 5. Representación de elementos vectoriales y Ráster en un SIG.

Fuente: (Madrid, 2011)

Para lograr construir un adecuado Sistema de Información Geográfica se requiere contar con un Hardware capaz de almacenar y procesar la información, un software adecuado para procesar la información, una base datos organizada y depurada que contenga los datos necesarios para el SIG, los procedimientos son esenciales para establecer los mecanismos para procesar la información, y el recurso humano para que ingrese la información, la geo procese y la interprete para la toma de decisiones. En la figura 6, se observa un esquema de cómo está compuesto un SIG.



Figura 6. Componentes de un SIG.

Fuente: <https://slideplayer.es/slide/15845/>

A nivel mundial, el uso de SIG ha logrado importante aceptación debido a la facilidad de localización e introducción de información necesaria en la toma de decisiones para los proyectos. El modelo o sistema de datos georreferenciados permite el ingreso y el procesamiento de información en tiempo real acerca de parámetros establecidos en la evaluación del pavimento. Las aplicaciones de SIG con los SGP llegan a una selección o interpretación de la priorización de recursos que otorgan el mayor beneficio a la región. La facilidad de consulta del SIG brinda eficiencia en el manejo de información para las autoridades a cargo de la red vial. Los SGP se enfocan principalmente en dos niveles: nivel de red y nivel de proyecto. El nivel de red comprende toda la posible infraestructura a cargo de una entidad y el nivel de proyecto comprende un tramo

definido dentro de la red o particular que requiere mayor detalle en la evaluación del pavimento para su intervención. (Silva Balanguera, Daza Leguizamón, & Lopez Valiente, 2018).

Con la articulación de los SIG con los SGP se busca finalmente geoprocesar, visualizar y analizar la información que finalmente arroje los resultados y puedan ser visualizados a través de la cartografía del ente territorial, en la figura No. 7 se indica un ejemplo de la articulación de los SIG con los SGP.

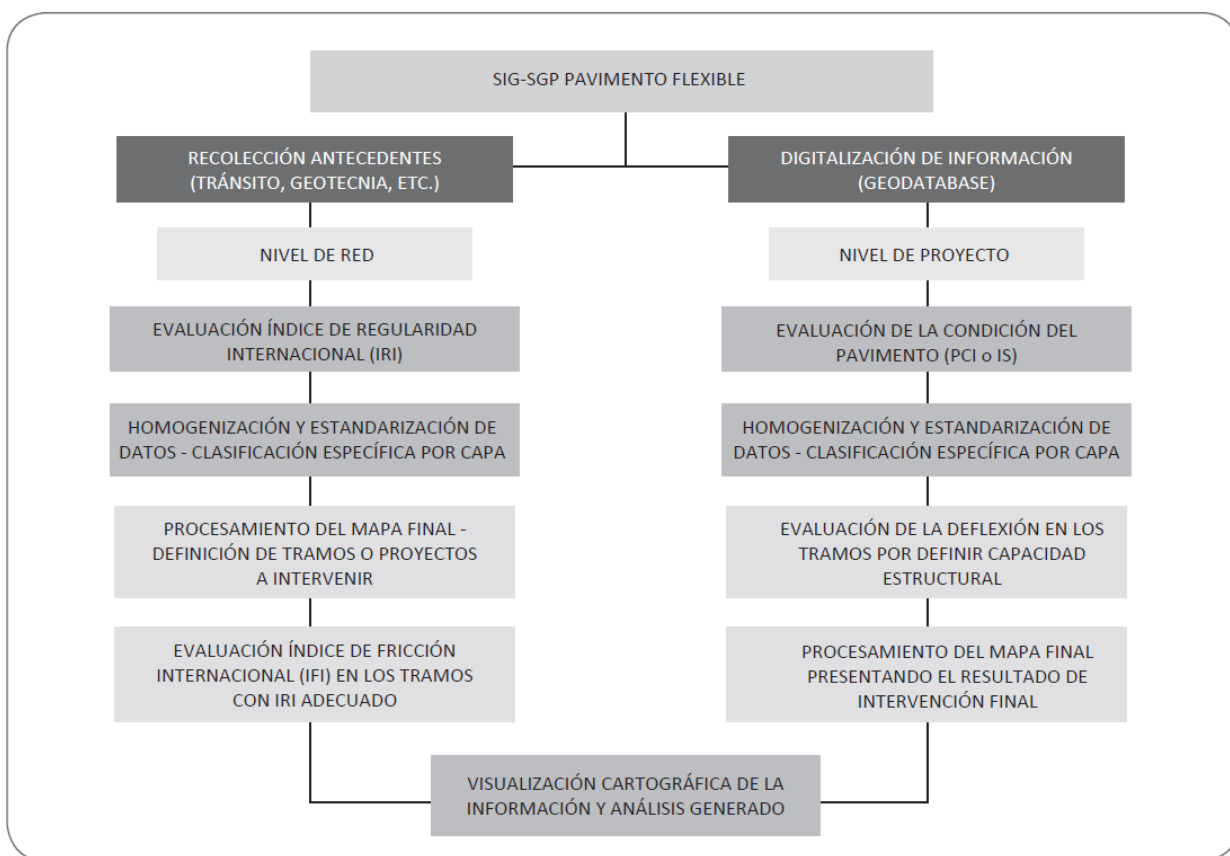


Figura 7. Esquema propuesto para la gestión de pavimentos basada en sistemas de información geográfica en pavimento flexible.

Fuente: (Silva Balanguera, Daza Leguizamón, & Lopez Valiente, 2018).

A través de aplicativos como los desarrollados por el INVIAS, como el SURVEY123 establecido en Manual THAQUI, dicha aplicación funciona con la ayuda de dispositivos de alta

precisión espacial, permite realizar el inventario del estado del pavimento y sus componentes, y que dicha información sea almacenada en tiempo real en una GEODATABASE, lo que permite optimizar recursos y tiempo para los gestores viales (INVIAS I. N., Manual TAQUI, 2019).

2.7 Evaluación técnica y financiera de un SGPU

La gestión de activos de infraestructura, también conocida como gestión de infraestructura, consiste en un proceso que, combinando conocimientos propios de la ingeniería, economía y procesos de negocio, tiene como objetivo conseguir una óptima asignación de recursos para la gestión, operación y conservación de la infraestructura mediante un análisis de su ciclo de vida.

La gestión de infraestructura se basa en una planificación y programación sistemática y coordinada de las inversiones para el diseño, construcción, conservación y operación de la infraestructura. Es, por lo tanto, un proceso que abarca las actividades necesarias para proveer y mantener un nivel de servicio aceptable de la infraestructura, que viene determinado por el gestor y/o los usuarios de la misma. En el proceso de gestión de infraestructura se identifican tres niveles (Torres Machi, Optimización heurística multiobjetivo para la gestión de activos de infraestructura de transporte terrestre., 2015):

- Gestión a nivel de proyecto: Se toman decisiones técnicas para el diseño, construcción y conservación de una infraestructura específica.
- Gestión a nivel de red: Se analiza un conjunto de activos con el objetivo de desarrollar las prioridades y el calendario de trabajos para su conservación bajo unas restricciones presupuestarias.
- Gestión a nivel estratégico: Se establecen los objetivos generales de la gestión, las políticas de conservación y los recursos disponibles.

Todos los aspectos sostenibles que deben considerarse en el SGPU deben tener un objetivo asociado a este nivel e incluirán los criterios de priorización y optimización. Algunos de estos objetivos se presentan a continuación (Osorio Lird, 2015):

- **Técnica:** se definirá el umbral aceptable para la red general y las secciones de pavimento particulares, en términos de la UPCI.
- **Económico:** se definirán los parámetros económicos para el análisis de la red, como el análisis de períodos, la tasa de descuento, etc.
- **Ambiental:** Se incluirán las políticas ambientales, como el uso de técnicas amigables con el medio ambiente para los tratamientos de mantenimiento y rehabilitación.
- **Social:** se incluyen los aspectos sociales a considerar en el análisis de priorización a nivel de red.
- **Geográfico:** se considerarán criterios como la proximidad espacial de los proyectos de los tratamientos.
- **Presupuesto disponible:** se definirán las restricciones económicas y el presupuesto disponible para el mantenimiento del pavimento urbano.

2.7.1 Metodologías

Se aplican cuatro metodologías para llevar a cabo el proceso del sistema. Estas cuatro metodologías luego se prueban a medida que se calibran y validan en el sistema de forma independiente:

- **Modelos de desempeño:** Los modelos de desempeño del pavimento se desarrollaron para la combinación de diferentes tipos de pavimentos, climas y jerarquías. Los modelos desarrollados

en diferentes investigaciones buscan predecir el deterioro del pavimento con el tiempo con la mayor precisión posible y así determinar las intervenciones más adecuadas de P+M+R.

En el modelo de desempeño el costo-efectividad -CE- representa la razón entre la efectividad de una alternativa y sus costes actuales. La efectividad evalúa en qué medida una determinada alternativa mejora la condición de la infraestructura y retrasa el proceso de deterioro. La efectividad de una alternativa puede evaluarse a través del área comprendida entre la curva de comportamiento (ABPC) y el valor mínimo del indicador de desempeño (minimum Performance Indicator -P_{imin}-), ponderando este valor por los factores como el tráfico y la longitud del tramo (ecuación 3.1)

$$Efectividad = ABCP * L * TMDA. \quad (3.1)$$

Donde, ABPC (abreviatura en inglés “Area Bounded by the Performance Curve”) es el área entre la curva de comportamiento y el nivel mínimo de servicio, L es la longitud del tramo y TMAD es el tráfico medio anual (Torres Machi, Optimización heurística multiobjetivo para la gestión de activos de infraestructura de transporte terrestre., 2015).

El modelo esquemático de intervención para mantener los pavimentos con una buena condición de desempeño lo representa la figura No. 2.7

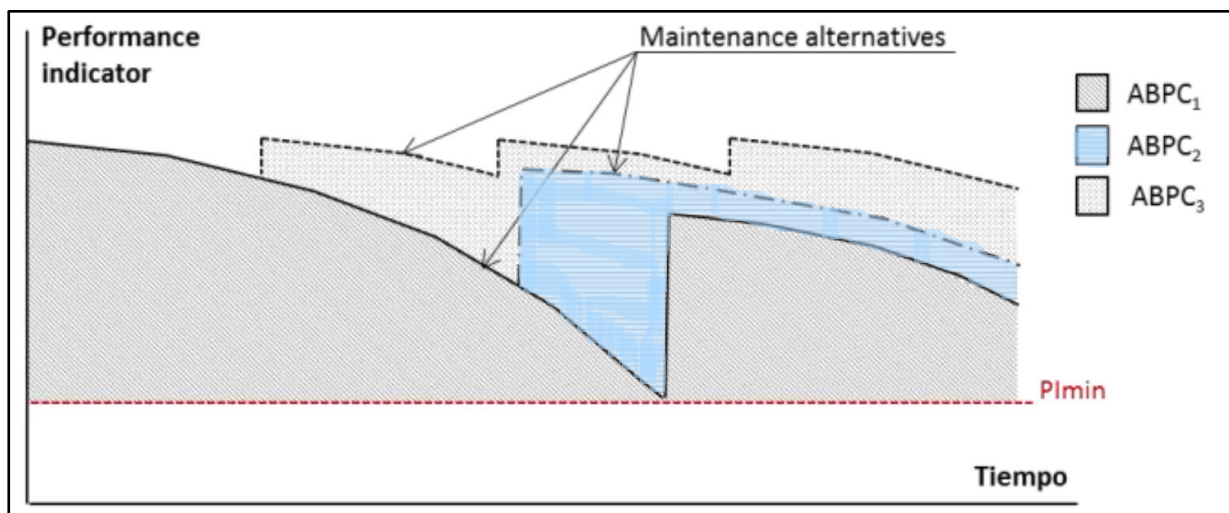


Figura 8. Modelo de desempeño de un pavimento y posibilidades de intervención.

Fuente: (Torres-Machi, Chamorro, & Yepes, 2014)

El ABPC es un buen indicador de la efectividad de una alternativa de conservación porque, en primer lugar, una infraestructura con una buena condición (y, por lo tanto, mayor ABPC) genera mayores beneficios a los usuarios que una alternativa de peor condición. El segundo lugar, permite incluir en la evaluación beneficios que son difíciles de cuantificar monetariamente, ya que incluye de forma indirecta el efecto en la reducción de accidentes, tiempo de viaje y costos de operación vehicular, entre otros (Torres Machi, Optimización heurística multiobjetivo para la gestión de activos de infraestructura de transporte terrestre., 2015).

- **Estándares optimizados de P+M+R:** Los estándares optimizados P+M+R incluyen dos metodologías diferentes: los estándares P+M+R y la evaluación de costo-efectividad.

Los Estándares de P&M incluyen la lista de tratamientos disponibles en el área de la red, sus posibles combinaciones, su costo unitario estimado, sus umbrales de aplicación y su efecto sobre la condición del pavimento (en términos de UPCI).

El resultado principal del análisis consiste en la definición del estándar de P+M+R optimizado para cumplir con el umbral técnico definido en el nivel estratégico, basado en el análisis mencionado para aplicar en pavimentos urbanos.

- **Criterios Estratégicos:** Los criterios estratégicos incluyen los objetivos generales y las políticas y el presupuesto de la institución disponibles para la P+M+R del pavimento urbano. Los principales objetivos y políticas para la práctica del manejo del pavimento urbano a corto, mediano y largo plazo se definen dentro de estos datos. La determinación de estas políticas será realizada por las autoridades de las instituciones encargadas de los pavimentos urbanos.

- **Evaluación sociopolítica:** Cada criterio sociopolítico se evalúa utilizando el análisis espacial del SIG como el área de servicio de una infraestructura importante o se cruza para evaluar el impacto de una sección en la población utilizando los datos sociopolíticos. Luego, cada sección se compara con el resto de las secciones de la red para darles un índice de prioridad relativa para cada criterio.

Capítulo 3

Sistema de gestión de pavimentos urbano

Un Sistema de Gestión de Pavimentos -SGP- debe integrar y coordinar todos los aspectos considerados en el proceso de gestión de activos del pavimento. En particular, el SGP integral debe tener en cuenta un proceso dinámico que incorpora retroalimentación con respecto a los diversos atributos, criterios y restricciones involucrados en la optimización de la programación de mantenimiento y la toma de decisiones (Osorio Lird, 2015).

El Sistema de Pavimentos de Gestión Urbano SGPU, difiere de un SGP debido a la complejidad del primero en cuanto al volumen y manejo de la información y en donde se involucran variables adicionales como elementos de infraestructura urbana (redes de servicios públicos), tráfico urbano, las bajas velocidades de operación, intersecciones viales, la diversidad de estructuras de pavimento de un segmento vial a otro, etc., por lo cual no es recomendable adoptar SGP para vías intermunicipales a urbanas.

Un SGPU consta de tres elementos: (1) la agencia vial, (2) un sistema de soporte para la toma de decisiones y (3) un sistema de información. (Solminihac T., Echavegüren N., & Chamorro G., 2018)

El SGPU está orientado a planificar las intervenciones viales, estableciendo un método para priorizar las mismas, con el fin de optimizar el recurso que por lo general es escaso en las entidades gubernamentales, así como también el mayor beneficio social de la comunidad. La Unidad de Mantenimiento Vial de Bogotá -UMV- realiza la priorización fundamentada en el Modelo de Planeación y Gestión, basados en *Definición del Modelo Integrado de Planeación y Gestión -MIPG-*, contenido en el artículo 2.2.22.3.2 del Decreto 1499 de 2017 expedido por la

Presidencia de la República de Colombia en donde “*El Modelo Integrado de Planeación y Gestión MIPG es un marco de referencia para dirigir, planear, ejecutar, hacer seguimiento, evaluar y controlar la gestión de las entidades y organismos públicos, con el fin de generar resultados que atiendan los planes de desarrollo y resuelvan las necesidades y problemas de los ciudadanos, con integridad y calidad en el servicio*”; adicionalmente, la UMV mediante la resolución 491 del 06 de noviembre de 2018 estableció el mapa de procesos de la entidad, donde se establecieron tres procesos misionales, uno de ellos es el proceso de planificación de intervención vial, del cual se deriva el procedimiento de priorización, a cargo de la Subdirección Técnica de Mejoramiento de la malla Vial Local (Unidad administrativa especial de rehabilitación y mantenimiento vial, 2019).

La evaluación del estado del pavimento, que incluye la evaluación de deterioro, rugosidad, fricción y estructura, es uno de los componentes importantes del diseño, rehabilitación o mantenimiento del pavimento. La mayoría de las estrategias rentables de P+M+R desarrolladas usando el Sistema de Gestión del Pavimento (SGP) se debe a una evaluación precisa del pavimento (Shah, Jain, Tiwari, & Jain, 2013).

Un SGP debe contener las siguientes características esenciales (Osorio Lird, 2015):

- **Adaptabilidad:** para actualizar modelos fácilmente a medida que haya nueva información disponible.
- **Práctico:** para considerar diferentes estrategias y alternativas.
- **Eficiente:** para identificar la alternativa o estrategia óptima.
- **Soporte cuantitativo para la toma de decisiones:** ser capaz de tomar decisiones basadas en procedimientos racionales con atributos cuantificados, criterios y limitaciones.
- **Buena información de retroalimentación:** para proporcionar información de retroalimentación sobre las consecuencias de las decisiones.

Para implementar el funcionamiento de un SGPU se requiere establecer un mapa de procesos que le permita al administrador saber cómo funciona el sistema, dentro de las investigaciones realizadas a diferentes publicaciones (Osorio Lird, 2015) (Benzadón et. al, 2007) (TNM Limited, 2008), el autor establece el siguiente mapa de procesos para la implementación de un SGPU (figura 8), el cual a su vez tenga compatibilidad con el Modelo Integrado de Planeación y Gestión -MIPG-, establecido por el gobierno nacional para la implementación de los Sistemas de Calidad para las entidades públicas de Colombia (Figura 9).

El proceso para un SGPU parte de un inventario de la red vial, almacenada en una base de datos que para el caso de estudio se estructura en un SIG, y con la base de datos se establece el proceso que permite determinar los pasos a seguir para la toma de decisiones y retroalimentar las intervenciones realizadas en la red vial, el cual debe estar orientado a la eficiencia en la inversión de los recursos estableciendo criterios y alternativas de intervención.

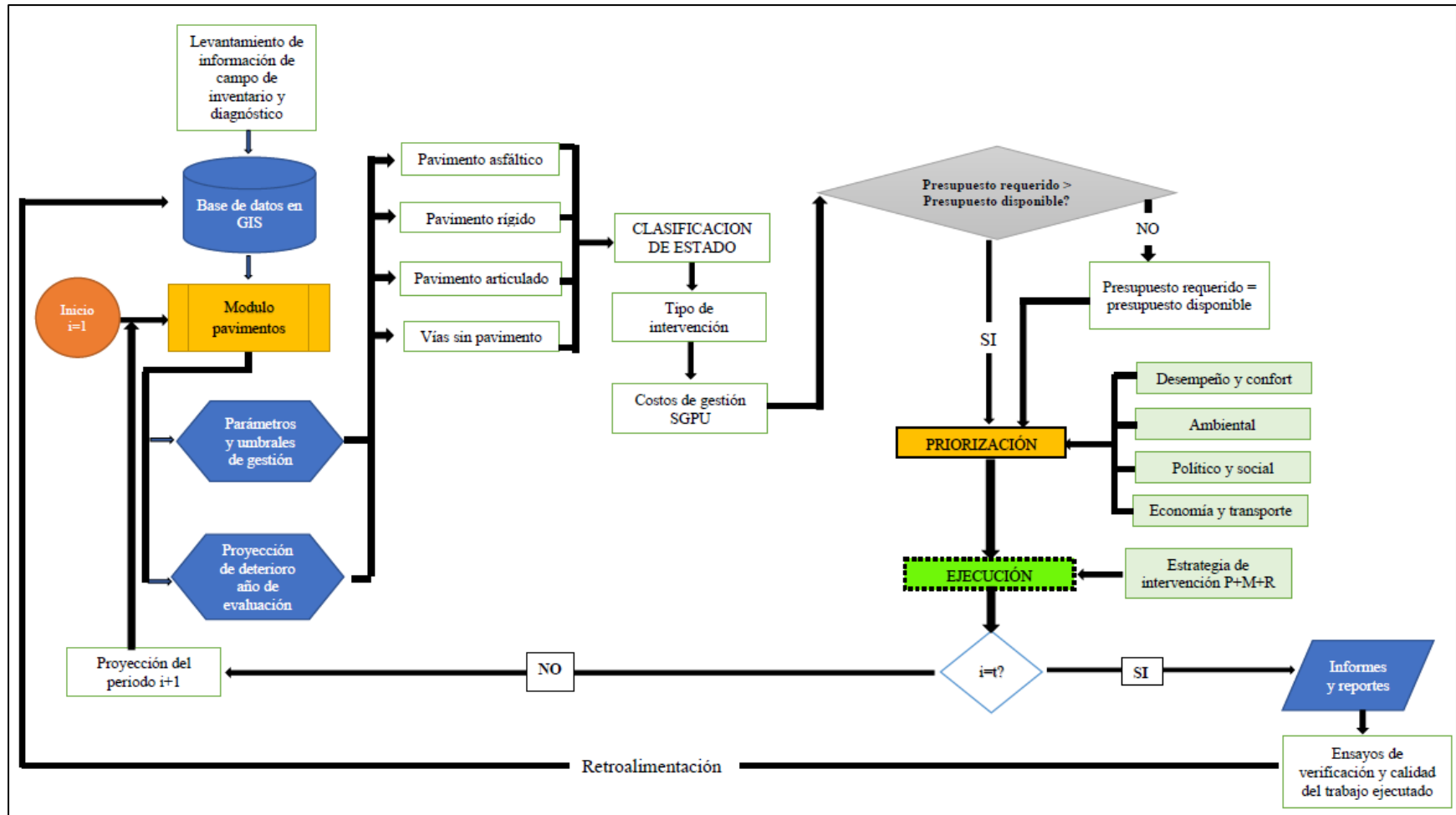


Figura 9. Mapa de proceso para la implementación del SGPU.

Fuente: elaboración propia con referencia (Benzadón et. al, 2007) (Osorio Lird, 2015).

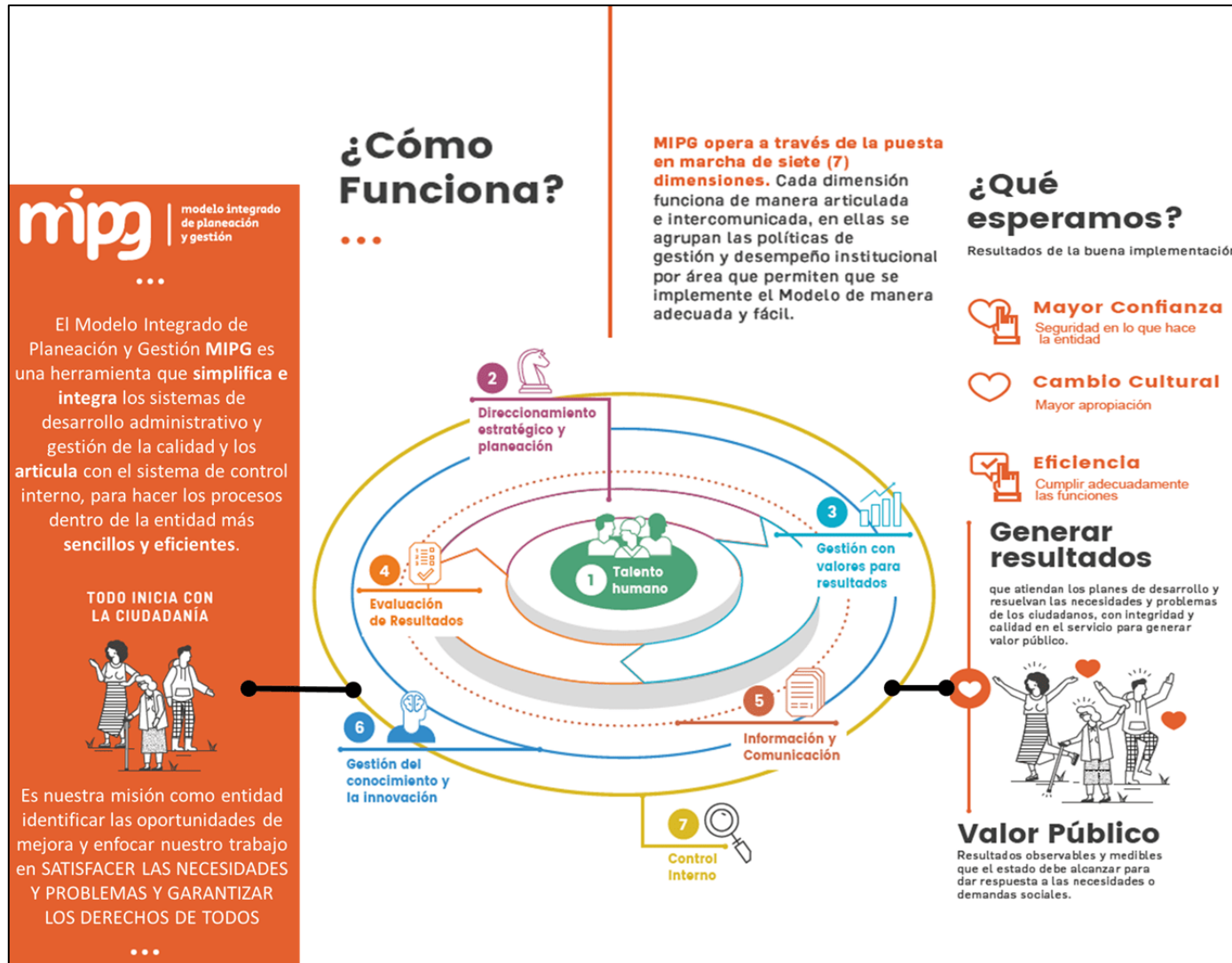


Figura 10. Modelo Integrado de Gestión Pública – MIPG- para entidades gubernamentales

Fuente: (Función Pública, 2022)

El Modelo Integrado de Planeación y Gestión -MIPG- en su versión actualizada se define como un marco de referencia para dirigir, planear, ejecutar, hacer seguimiento, evaluar y controlar la gestión de las entidades y organismos públicos, con el fin de generar resultados que atiendan los planes de desarrollo y resuelvan las necesidades y problemas de los ciudadanos, con integridad y calidad en el servicio (Función Pública, 2022). Los objetivos del MIPG son:

- Fortalecer el liderazgo y el talento humano bajo los principios de integridad y legalidad, como motores de la generación de resultados de las entidades públicas
- Agilizar, simplificar y flexibilizar la operación de las entidades para la generación de bienes y servicios que resuelvan efectivamente las necesidades de los ciudadanos.
- Desarrollar una cultura organizacional fundamentada en la información, el control y la evaluación para la toma de decisiones la mejora continua.
- Facilitar y promover la efectiva participación ciudadana en la planeación, gestión y evaluación de las entidades públicas.
- Promover la coordinación entre entidades públicas para mejorar su gestión y desempeño.

3.1 Levantamiento de información de campo de inventario y diagnóstico

La información de campo en cuanto al inventario y diagnóstico de la red vial determinará la longitud de vías que van a hacer parte del sistema, tipo de pavimento, dimensiones, evaluación de su estado funcional y estructural, tránsito que circula por cada uno de los tramos viales, entre otros datos; establecerá el estado real de la vía, así como también su comportamiento ante las solicitudes de tráfico actuales y a futuro, y como posiblemente evolucionará el deterioro de cada tramo vial. A continuación, se presentan los ensayos e información de campo que se requiere recopilar, y una propuesta del autor de periodicidad de actualización de la información dependiendo de la jerarquía del tramo vial.

Tabla 3. Ensayos de campo a ejecutar en SGPU.

JERARQUÍA VIA	LEVANTAMIENTO DE INFORMACION DE CAMPO O ENSAYOS Y PERIODICIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN					
	Deflexiones FWD	Espesores	IRI	Resistencia al deslizamiento	Deterioro superficial	Aforos de tránsito
Arteria principal	2 años	4 años	2 años	4 años	2 años	4 años
Arteria secundaria	4 años	8 años	4 años	4 años	2 años	4 años
Colectora	4 años	8 años	4 años	4 años	2 años	4 años
Vía de servicios industrial	4 años	8 años	N/A	4 años	4 años	8 años
Vía de servicios residencial	4 años	8 años	N/A	4 años	4 años	8 años
Vía peatonal	N/A	8 años	N/A	N/A	4 años	N/A

Para establecer la condición del pavimento se debe caracterizar el estado funcional y estructural de la vía urbana, a continuación, se realiza una descripción de los parámetros que son objeto de evaluación.

3.1.1 Medición de la condición estructural

La medición de la capacidad estructural de la vía es relevante dentro del SGPU, el cual determina la necesidad de intervenir un tramo vial a corto, mediano o largo plazo, arrojando resultados de la capacidad de la estructura de la vía para soportar las cargas vehiculares proyectadas, considerando además condiciones de clima y drenaje de la vía. Para la evaluación de la condición estructural del pavimento se utilizan equipos como el deflectómetro de impacto o la viga Benckelman, acompañado de apiques exploratorios que permite identificar la conformación, espesores y características de materiales de cada una de las capas de la estructura de pavimento, así como también la capacidad de soporte del suelo de fundación. También es utilizado el georradar para determinar los espesores de las capas de pavimento con el propósito de no realizar apiques exploratorios o como complemento de los mismos en la recolección de la información de campo. Aplicando la metodología de diseño de pavimentos AASHTO 93, con la información recolectada a partir de la deflectometría, acompañado de los espesores de la capa de pavimento y las condiciones de drenaje, así como también los datos del tránsito, se obtiene el Módulo Resiliente;

se calcula la capacidad estructural efectiva de la estructura de pavimento existente (SN_{efec}), así como también la capacidad estructural requerida para cumplir las solicitaciones del segmento vial (SN_{req}).

A la relación de los números estructurales, $(SN_{efec}) / (SN_{req})$ se le denominará Índice Estructural (I_e). Este índice permitirá identificar, en función de la posible vida remanente del pavimento, la condición estructural en la que se encuentra y clasificarla en función de la necesidad de refuerzo estructural o no.

$$\text{Entonces, } I_e = \frac{SN_{efec}}{SN_{req}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Cuando $I_e \geq 1$, la estructura no requiere ningún refuerzo para cumplir con las solicitaciones requeridas para el periodo de vida útil definido, siendo estructuralmente competente.

Pero se $I_e < 1$, quiere decir que la estructura de pavimento necesita reforzarse. Dentro de este grupo, se pueden identificar dos extremos, el primer caso cuando el (I_e) se acerca a cero (0), y el segundo cuando está cerca de uno (1). Para las dos situaciones las necesidades de refuerzo son diferentes, siendo la más crítica aquella en la que el (I_e) se acerca a cero (0), en la cual la estructura necesita reconstruirse (Instituto de Desarrollo Urbano, 2017).

De acuerdo al resultado del (I_e), el IDU propone una preclasificación estructural que se observa en la siguiente tabla:

Tabla 4. Preclasificación estructural

Código	Rango I_e	Calificación
1	$I_e \geq 1$	No requiere refuerzo
2	$1.0 > I_e \geq 0.7$	Requiere refuerzo
3	$0.7 > I_e \geq 0.5$	Requiere refuerzo
4	$I_e < 0.5$	Reconstrucción

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, 2017)

3.1.2 *Medición de la condición funcional*

Comúnmente, se utilizan los siguientes parámetros para la medición de la condición funcional de un pavimento:

- **Regularidad:** se determina por medio del valor del Índice de Regularidad Internacional (IRI), por medio de la deformación vertical acumulada medida en metros por cada kilómetro evaluado en cada carril de una calzada, se utilizan equipos de alto rendimiento como el perfilómetro laser, y otros de mediano o bajo rendimiento como el MERLIN, o comisión de topografía.

La medición de la rugosidad en vías urbanas es más subjetiva dado que se presenta infraestructura complementaria en la superficie de rodadura como cámaras de inspección de alcantarillado y telecomunicaciones, sumideros, válvulas de acueducto, estoperoles, reductores de velocidad, entre otros, dichos elementos generan distorsión en los datos obtenidos y aumenta el valor de IRI al momento de realizar la medición con equipos de mediano o alto rendimiento, considerando adicionalmente la velocidad de operación de la vía, que en áreas urbanas es más baja que en carreteras, por lo cual el valor del IRI es determinante en vías que por características y jerarquía pueden desarrollar de medias a altas velocidades (entre 50 y 80 KPH), transmitiendo al conductor la sensación de comodidad y seguridad.

El valor del IRI obtenido se convierte en un valor de verificación de perfil longitudinal, que para vías urbanas. La Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial -UMV- establece la siguiente caracterización de los valores de IRI (Unidad administrativa especial de rehabilitación y mantenimiento vial, 2019).

Tabla 5. Caracterización del IRI

Clasificación	Rango (m/km)	Calificación
Verde	0-4	Bueno
Amarillo	4-8	Regular
Rojo	>8	Malo

Fuente: (Unidad administrativa especial de rehabilitación y mantenimiento vial, 2019)

- **Resistencia al deslizamiento:** este valor permite determinar las condiciones de seguridad vial de una vía, mediante la capacidad que tiene la llanta de un vehículo de oponerse al desplazamiento al momento de frenar en condiciones normales, y se evalúa mediante el ensayo del péndulo británico, pero su valor también incide en las condiciones de macro textura y micro textura de la superficie del pavimento. El INVIAS en su última actualización de las especificaciones de construcción de carreteras del año 2022 determina los siguientes rangos de aceptación de pavimentos mediante el ensayo de resistencia al deslizamiento.

Tabla 6. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

Tipo de capa	Coeficiente de resistencia al deslizamiento, mínimo		
	NT1	NT2	NT3
Glorietas; curvas con radios menores 200 m; pendientes > 5% en longitudes de 100 metros o más, intersecciones; zonas de frenado frecuente	50	55	60
Otras secciones	45	45	50

Fuente: . (INVIAS, 2022)

- **Fallas superficiales:** en el inventario de fallas o deterioros superficiales para vías urbanas se presentan patologías de carácter funcional o estructural de una vía, los más comunes son hundimientos o depresiones, ahuellamiento, rizado, deformaciones o corrimientos de la superficie de rodadura, presencia de baches y parcheos ejecutados de una forma inadecuada, brechas de servicios públicos domiciliarios, entre otros. El levantamiento de la información

de deterioros se realiza por cada segmento vial, el cual se delimita entre intersecciones, y la recolección de la información de campo se puede efectuar de forma manual por medio de personal técnico capacitado que cuente con la capacidad de identificar el tipo de falla, dimensiones y nivel de severidad, o también se realiza de manera automatizada mediante equipos de alto rendimiento que capturan imágenes y videos del tramo a evaluar, y mediante un software especializado se realiza la identificación y clasificación de los fallas, dimensiones y grados de severidad. Con el inventario, medición y determinación de la severidad de las fallas superficiales se calcula el índice de condición del pavimento PCI. En la tabla No. 6 se relaciona la clasificación del estado de condición superficial de la vía.

Tabla 7. Clasificación por Índice de Condición del Pavimento.

Código	Estado superficial del segmento vial	Valor PCI
A	Excelente	100 - 86
B	Bueno	85 - 56
C	Regular	55 - 26
D	Malo	25 - 0

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, 2017)

3.1.3 Ensayos de laboratorio y recopilación de información de campo para el diagnóstico de una red vial urbana

De acuerdo a la revisión y recopilación de bibliografía, para determinar la condición funcional y estructural del pavimento, , se propone en este trabajo de investigación un listado de ensayos de laboratorio y recopilación de información de campo que permita dentro de la implementación metodológica para la implementación del SGPU, capturar la información que determine las condiciones actuales de la red vial y validar su comportamiento a futuro, información

que facilitará la toma de decisiones para el administrador de la red vial urbana. Los ensayos propuestos se pueden observar en la tabla No. 8.

Tabla 8. Ensayos a ejecutar para recopilación de información del diagnóstico de la red vial urbana.

No.	DESCRIPCION	NUMERO DE ENSAYOS	EQUIPO A EMPLEAR	RESULTADO
1	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO			
1,1	Medición de deflexiones	Cada 25 m por segmento a tresbolillo. Mínimo 2 ensayos por segmento	deflectómetro de impacto (FWD)	Numero estructural efectivo "SN eff", Modulo resiliente, CBR
1,2	Determinación de espesores y tipo de material. Apiques y georradar, según el caso.	Medida continua con georradar por un carril	Georradar	Espesores existentes de las capas que conforman la estructura de pavimento
		Sondeo de verificación en 10% de los segmentos	Extractor de núcleos, PDC	Espesores existentes de las capas que conforman la estructura de pavimento, Modulo resiliente, CBR
2	EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO			
2,1	Determinación del índice de regularidad internacional (IRI)	Medida continua por cada carril	perfilómetro láser	IRI del segmento vial urbano
2,2	Medición del coeficiente de resistencia al deslizamiento	2 Medidas por segmento	Péndulo británico	CRD del segmento vial urbano
3	EVALUACIÓN DETERIORO SUPERFICIAL			
3.1	Inventario de daños en superficie. Método de alto rendimiento con cámara de alta resolución y método manual, según el caso.	Medida continua en el segmento	equipo de alto rendimiento	Inventario y medición de fallas en el pavimento para calculo de índice de Condición del Pavimento PCI para vías urbanas
		Medida continua en el segmento de difícil acceso para la el equipo de alto rendimiento	Levantamiento con cuadrilla personal experto.	
4	ESTUDIO DE TRANSITO			
4.1	Levantamiento de la información y las proyecciones de transito con lo cual se determinará las demandas de transito actuales y futuras de las vías que conforman el área de influencia directa, mediante estaciones de conteo	Aforo de transito en intersección durante 1 día de aforo, 16 horas continuas, en el 1% de los segmentos viales	Personal para aforos o cámara de grabación	asignación de transito en segmentos que conforman la red vial, calcular TPD y ejes equivalentes proyectados a 10 años

3.1.4 Almacenamiento de información

Para el SGPU tiene relevancia la recolección de la información de campo, y el adecuado almacenamiento de la misma en una base de datos, con contenido de calidad y georreferenciada espacialmente, que permita realizar el procesamiento de la misma para la toma de decisiones.

La red vial del SGPU está dividido en segmentos viales, cada segmento es un tramo con una identificación única, y se delimita en las intersecciones.

La recolección de la información para un SGPU, mínimamente debe contar con lo siguiente:

- Código de identificación único del tramo o segmento vial el cual se acota entre intersecciones viales.
- Nomenclatura de la vía, en el cual se identifique la dirección y entre que intersecciones o vías esta acotado el segmento vial.
- Jerarquía de la vía, de acuerdo a su caracterización en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de cada ente territorial.
- Condiciones geométricas de la vía: longitud, ancho y pendiente.
- Tipo de pavimento con sus respectivos espesores.
- Condiciones de drenaje de la vía, en donde se identifique las obras civiles que permiten evacuar las aguas de precipitaciones hacia un sistema de recolección de aguas lluvias.
- Levantamiento de fallas, que dependen del tipo de la estructura del pavimento.
- Tránsito del segmento vial, en el cual se almacene los valores de Tránsito Promedio Diario (TPD) y el tránsito acumulado calculado en Ejes Equivalentes en un periodo de diseño determinado.
- Valores de condiciones funcionales, entre las que está el IRI (para vías con altas velocidades de operación) y la resistencia al deslizamiento.
- Valores de condiciones estructurales existentes, con la medición de la deflectometría y por medio del retro calculo o por medición en campo de los valores de capacidad de soporte del suelo establecer el Módulo Resiliente de la subrasante, y la determinación de la capacidad estructural efectiva del pavimento, aplicando la metodología de la AASHTO.
- Cálculo de la condición estructural requerida para un segmento vial, contando con las condiciones de tránsito proyectadas en el periodo de diseño.

- Determinación del índice de Condición del Pavimento PCI, en cuanto a su estado superficial.

3.1.5 Homogenización de tramos

La red vial urbana puede estar compuesta de un gran número de segmentos viales, cada tramo vial tiene unas condiciones particulares en cuanto a su composición de estructura de pavimento debido a que los pavimentos de una red vial se van construyendo a medida que se va disponiendo de recursos, por eso la importancia de homogenizar los tramos, partiendo de la jerarquía vial, dado que permite caracterizar el tipo de vehículos que hacen uso de estas vías, determinando variables de similares resultados como el volumen de tránsito, las condiciones estructurales del pavimento existente, entre otros.

La importancia de cada vía, determina la prioridad de mantenerlas en buenas condiciones, para estandarizar las intervenciones.

3.2 Variables que impactan el desempeño del pavimento

Las variables que impactan el desempeño de pavimento son las siguientes:

3.2.1 Transito.

Es la variable que causa mayor incertidumbre en una red vial urbana, dado que está sometida a variaciones significativas como desarrollo urbanístico, construcciones civiles colindantes a la vía, desvíos permanentes por arreglos de vías cercanas, o construcción de nuevas vías que tenderán a alivianar la carga vehicular de la vía a evaluar.

3.2.2 Condición estructural y funcional de la vía existente.

La condición estructural considera la capacidad de soporte del suelo y la conformación de las capas de la estructura del pavimento; y la condición funcional es evidenciada por estado de la superficie de rodadura.

El IDU en el “Anexo técnico de diagnóstico para la conservación de infraestructura vial para Bogotá” propone una matriz de Calificación de Condición del Pavimento, en la cual se considera en la combinación de valores y clasificaciones el Índice estructural (Ie) que proviene de la tabla 4 y el Índice de Condición de Pavimento (PCI) que proviene de la Tabla No. 7. A esta combinación se denomina CLASE, identificada mediante colores que se relacionan con un tipo de intervención determinado, ya sea mantenimiento (periódico o rutinario), rehabilitación o reconstrucción (Instituto de Desarrollo Urbano, 2017). La clasificación por colores se presenta en la siguiente tabla, donde se indican todas las posibles combinaciones:

Tabla 9. Matriz para determinar la condición del pavimento

Ie	PCI	CLASE (TABLAS No. 4 Y 7)	COLOR	CLASE	INTERVENCIÓN
< 0,5 (4)	0-25	4D	Rojo	4D	Reconstrucción
	26-55	4C	Rojo	4C	
	56-85	4B* Poco probable	Rojo	4B*	
	86-100	4A* Poco probable	Rojo	4A*	
0,5<0,7 (3)	0-25	3D	Naranja	3D	Rehabilitación
	26-55	3C	Naranja	3C	
	56-85	3B Poco probable	Naranja	3B*	
	86-100	3A Poco probable	Naranja	3A*	
0,7<1,0 (2)	0-25	2D	Naranja	2D	Rehabilitación
	26-55	2C	Naranja	2C	
	56-85	2B	Naranja	2B	
	86-100	2ª	Naranja	2A	
> 1,0 (1)	0-25	1D	Amarillo	1D	Mantenimiento
	26-55	1C	Amarillo	1C	
	56-85	1B	Amarillo	1B	
	86-100	1A	Verde	1A	

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, 2017)

Se observa que prima la condición estructural, y dependiendo del estado superficial, es posible establecer alcance y tipo de intervención esperada. Es importante anotar que existen combinaciones poco probables, como 3A, 3B, 4A y 4B, las cuales si se llegan a presentar requieren de un análisis particular para definir el tipo y momento de intervención (Instituto de Desarrollo Urbano, 2017).

3.2.3 Estado de las redes de servicios públicos.

En el subsuelo o dentro de la estructura de pavimento de una vía pública urbana convergen diferentes tipos de redes de servicios públicos domiciliarios como acueducto, alcantarillado, gas, telecomunicaciones y energía; y en la operación de las mismas (en especial redes húmedas) se presentan diferentes eventualidades como fallas del sistema, reemplazo o instalación de redes nuevas, conexión a nuevos usuarios de los servicios públicos domiciliarios, situaciones que impactan el estado superficial de la vía, en varias ocasiones por la calidad de los trabajos o materiales en los reemplazos de la estructura terminan afectando a corto plazo el desempeño del pavimento.

3.2.4 Clima y efectos medioambientales.

La evaluación del presente estudio considera la ubicación en zona tropical, con cuatro temporadas en el año, dos de lluvias que son de mayor duración que las dos restantes de clima seco, por lo que se tiene que prestar mayor importancia a la evolución del deterioro del pavimento en temporada de lluvias. La temperatura de la zona influye en la presencia de fallas en el pavimento que se presentan por los cambios de temperatura durante el día y la noche.

3.2.5 Drenaje de la vía.

Un adecuado drenaje superficial que evacúe eficientemente las aguas lluvias y el subdrenaje a nivel de subsuelo prolongan la durabilidad de la estructura del pavimento, por lo cual

es importante identificar dichas condiciones al momento de realizar el inventario o diagnóstico de la red vial.

3.3 Análisis multicriterio para la toma de decisiones

La toma de decisiones multicriterio es un problema que a diario se tiene que afrontar en la vida real. Cualquier actividad involucra de una u otra manera, la evaluación de un conjunto de alternativas en términos de un conjunto de criterios de decisión, donde muy frecuentemente estos criterios están en conflicto unos con otros.

Cuando se enfrenta el proceso de toma de decisiones o selección de alternativas, generalmente se tienen múltiples objetivos, que se contraponen entre ellos, haciendo más complejo este proceso y generándose entonces la necesidad de una herramienta o un método que permita comparar esos múltiples criterios frente a la gama de alternativas posibles (Osorio Gómez & Orejuela Cabrera, 2008).

El análisis multicriterio (AMC) es un método para la ayuda a la toma de decisiones que establece preferencias entre distintas opciones en relación a un set explícito de objetivos. Esto lo realiza a través de modelos que ayudan a predecir cómo una serie de aspectos del mundo real se van a comportar y ayuda a describir las relaciones entre los elementos de información con el fin de predecir cómo los eventos del mundo real van a ocurrir. La calidad o resultados que se obtiene son determinados por la información y criterios seleccionados por el usuario de este método. (Aronoff, 1993)

En la optimización multiobjetivo plurianual, el objetivo es identificar un plan de trabajo plurianual que mejor pueda cumplir los múltiples objetivos y las limitaciones (por ejemplo, el presupuesto). Para hacer que la complejidad del problema sea manejable, el conjunto de posibles tratamientos para cada tramo de carretera se puede restringir utilizando árboles de decisión (u otros

métodos) para identificar un subconjunto razonable de posibles tratamientos. Por lo tanto, la estrategia puede considerarse la aplicación de un criterio de decisión de mantenimiento (por ejemplo, árbol de decisión) para definir una serie de tratamientos durante un período “T” en una sección (Augeri, Greco, & Nicolosi, 2019)

Un aspecto de suma importancia para este método es que se basa en el juicio de un equipo de tomadores de decisiones que establecen objetivos, criterios y pesos de importancia para cada criterio de desempeño. Es una herramienta flexible e interactiva que permite al tomador de decisiones enfrentar las dificultades de manejar una gran cantidad de información compleja de forma consistente (Malczewski, 1999).

Dentro de este marco, es vital contar con la información adecuada para tomar la mejor decisión, la cual se determinará dentro de un conjunto de posibles alternativas, las cuales deben ser evaluadas frente a múltiples criterios que se definan para este propósito. El resultado entonces, es un proceso complejo y delicado en el cual la subjetividad y la dependencia de la información juegan un papel preponderante. Por esta razón es necesario contar con herramientas que mejoren este proceso y permitan un análisis más científico de las alternativas. (Osorio Gómez & Orejuela Cabrera, 2008).

Para el AMC se debe establecer criterios y alternativas para buscar la solución más efectiva a un problema determinado, para lo cual existen diferentes métodos que son aplicables dependiendo de la complejidad de la información que debe ser analizada. Los métodos multicriterio de mayor reconocimiento y aplicación son los siguientes:

3.3.1 Matriz de pesos ponderados.

También denominada matriz de criterios, esta matriz consiste en un arreglo de filas y columnas que enfrentadas permiten realizar una elección, que con base en la selección, ponderación y aplicación de criterios debería ser la mejor.

Para elegir la que se supone es la mejor elección, y digo se supone, porque será la mejor opción según la definición, ponderación y aplicación de criterios.

Su utilidad se ve maximizada cuando se tiene más de 5 opciones y no menos de 4 criterios, que es cuando ya se va tornando complejo elegir una opción «a ojo».

Entre las ventajas de la matriz de priorización vas a encontrar que:

Es flexible. Puede involucrar pocas opciones, pocos criterios o muchas opciones y muchos criterios.

De fácil trabajo en equipo: Es una herramienta con que se puede trabajar en equipo, bien sea en una pantalla o en un tablero.

Parametrizable. Las matrices de priorización más complejas (cientos de opciones y criterios) se pueden parametrizar en un software y dejar que el software decida con base en órdenes. Esto ya involucra programación.

Facilita el consenso: Cuando es difícil ponerse de acuerdo, una matriz de priorización puede solucionarlo todo. (INGENIOEMPRESA, 2023)

3.3.2 Método AHP.

El método Analytic Hierarchy Process (AHP), propuesto por Thomas Saaty en 1980 es un método cuantitativo para la toma de decisiones multicriterio que permite generar escalas de prioridades basándose en juicios expertos manifestados a través de comparaciones por pares mediante una escala de preferencia. Esta escala permite incorporar en un modelo de decisión juicios sobre intangibles, representando la dominancia o preferencia de una alternativa frente a otra

en relación con un atributo. Según Saaty (2008) el proceso de decisión con AHP se puede descomponer en los siguientes 4 pasos esenciales o básicos:

La definición del problema y el tipo de conocimiento que se quiere obtener.

La estructuración del problema través de la descomposición jerárquica en subproblemas (criterios y subcriterios), que deben resolverse para arribar a una solución satisfactoria. Las alternativas se encuentran en el nivel más bajo de dicha jerarquía.

La construcción de matrices de comparación, en las que se cargan los juicios expertos mediante el método de comparación uno a uno con la escala sugerida del método.

Por último, la síntesis de cada una de las matrices y finalmente del modelo completo para obtener la prioridad global de cada alternativa.

El método AHP ha sido implementado como soporte para resolver problemas de decisión de diferente tipo, nivel y alcance. AHP se ha aplicado a una amplia gama de situaciones: la selección entre alternativas competitivas en un entorno con múltiples objetivos, la asignación de recursos escasos y la generación de pronósticos (Nantes, 2019).

3.3.3 Método ELECTRE.

Consiste en un procedimiento para reducir el tamaño del conjunto de soluciones eficientes. Tal reducción se realiza por medio de una partición del conjunto eficiente en un subconjunto de alternativas más favorables para el centro decisor (el núcleo) y en otro subconjunto de alternativas menos favorables. Para abordar tal tarea, se introduce el concepto de «relación de sobre clasificación» (outranking relationship) que es consustancial al ELECTRE en todas sus variantes.

Para la aplicación del ELECTRE hace falta conocer entre otras cosas, los umbrales de concordancia y de discordancia. Indudablemente, la fijación de estos parámetros conlleva una

fuerte carga arbitraria, lo que reduce considerablemente la fiabilidad de los resultados obtenidos con este método (Romero, 1996).

3.4 Estructura del SGPU para el caso de estudio

En el desarrollo del SGPU al integrar una serie de variables que permiten abrir el panorama no solo en el aspecto técnico, sino que a su vez permita correlacionar otros aspectos que influyen en la toma de decisiones, que busca finalmente definir de la manera más adecuada la ruta de trabajo para priorizar los segmentos viales a intervenir dentro de los trabajos programados de Preservación, Mantenimiento o Rehabilitación (P+M+R), para elevar gradualmente la servicialidad de los tramos que componen la red vial.

La priorización es una parte del proceso de planificación vial que implica el uso de una metodología que facilite la toma de decisiones para establecer cuáles caminos se construyen o intervienen antes, cuáles después o, en última instancia, cuáles no. Es además una etapa esencial para la asignación y distribución de recursos, generalmente escasos, que permite seleccionar, jerarquizar, valorar, analizar y tomar decisiones en función de diversas variables. La priorización se realiza con el propósito fundamental de optimizar el uso de los recursos, buscando una mayor eficacia en los resultados, de manera que todas las acciones converjan hacia el logro de las políticas establecidas. Se trata de orientar adecuadamente las inversiones para poder alcanzar los objetivos sociales, económicos o institucionales, para los cuales sirve de soporte la infraestructura vial. (Corporación Andina de Fomento, 2010).

Para el trabajo de grado se estructuró una matriz multicriterio que permita la selección tipo de intervención en gestión de pavimentos asfálticos. El modelo de gestión de pavimentos urbanos a desarrollar aplicando la matriz multicriterio, parte de la premisa de optimizar la inversión de recursos (que por lo general son limitados) para mejorar y/o mantener la servicialidad de toda la

red vial urbana, aplicando estrategias de intervención (alternativas) para lograr el objetivo de mantener la condición de vías que se encuentran en excelente o buen estado y mejorar la condición de las vías que se encuentren en regular o mal estado.

La matriz multicriterio está compuesta por cuatro categorías, las cuales contienen criterios de decisión para ser ponderados para determinar su importancia en cada categoría, y así como también las alternativas de intervención en pavimentos asfálticos para resolver cada criterio, que para el caso de estudio comprenden el 89,61% de toda la red vial urbana, de acuerdo a los datos suministrados por la Secretaría de Infraestructura de la ciudad de Itagüí (Colombia).

3.4.1 Categorías

Todos los aspectos sostenibles que deben considerarse en el SGPU deben tener un objetivo asociado a este nivel e incluirán los criterios de priorización y optimización. Algunos de estos objetivos se presentan a continuación:

- *Desempeño y confort:* La calidad de un pavimento puede definirse en términos del grado de satisfacción que este proporciona a los usuarios. Esta se puede estimar en términos del servicio que presta al usuario, su resistencia, y su durabilidad. Estos atributos, tanto desde el punto de vista del usuario como de la agencia vial, se pueden estimar de manera objetiva mediante el uso de índices e indicadores que describan el desempeño presente del pavimento y la progresión de este desempeño en el tiempo (Solminihac T., Echavegúren N., & Chamorro G., 2018). El confort está asociado al comportamiento funcional de la vía y esto transmite comodidad y seguridad al usuario de la vía.
- *Ambiental:* En esta categoría se consideran la incidencia del pavimento a nivel ambiental desde la producción de ruido, el uso de materiales de reciclaje de pavimentos antiguos, así como

también la producción de polución y emisión de gases que pueden producir por el estado de la superficie de rodadura de la vía y el volumen de vehículos que podrían circular por la misma.

- *Político y Social:* en los últimos tiempos la participación comunitaria juega un papel muy importante en el desarrollo de ciudad y los pavimentos no son ajenos a esta situación, siendo las vías y su estado un medio de comunicación que puede representar desarrollo de un sector así como también completo abandono del estado, por lo cual es fundamental beneficiar a gran parte de la ciudadanía cuando cuentan con vías en buen estado, que permitan contar con una mejor accesibilidad vehicular y muchas veces peatonal, concentrando esfuerzos de contar con vías en buen estado en sitios atractores de gran influencia, así como también en los focos de dinámica comercial y económica.
- *Economía y Transporte:* Determina los corredores viales por los cuales se moviliza la mayor cantidad de vehículos, factor que va ligado directamente con la jerarquía o importancia de la vía dadas sus condiciones de conectividad y el tipo de vehículos que circulan por esta vía, y con ello el desarrollo económico que genera cada tipo de vía. Conservar las vías en buen estado en los tramos por los cuales circulan gran cantidad de vehículos, representa la reducción de gastos de operación y mantenimiento vehicular (Menores tiempos de viaje, disminución de los contaminantes vehiculares, mantenimiento, consumo de combustible y lubricantes, etc.), lo que finalmente simboliza una mejora económica en el sector transporte.

3.4.2 Criterios.

Una vez definida las categorías, el autor establece un primer grupo de criterios por cada categoría, que hacen parte de la estructura del AMC.

- **Desempeño y confort:** Partiendo de la evaluación funcional y estructural de la vía, así como también la vida útil y las condiciones de seguridad vial, se establecen los siguientes criterios para ser ponderados:
 - ✓ Prolongar la vida útil pavimento
 - ✓ Mejorar la calidad de la superficie de la rodadura
 - ✓ Mejorar condición estructural de la vía
 - ✓ Aumentar seguridad vial

- **Ambientales:** Vías que por el estado de la superficie de rodadura genera niveles altos o bajos de polución, para lo cual se establecen los siguientes criterios de evaluación:
 - ✓ Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con baja circulación vehicular
 - ✓ Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con baja circulación vehicular
 - ✓ Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular
 - ✓ Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular

En el aspecto ambiental no se tiene en cuenta la pluviosidad, porque en una zona urbana se consideran condiciones homogéneas de pluviosidad.

- **Político y Social:** Identifica los criterios para satisfacer las necesidades demandadas por la comunidad ante las reiterativas denuncias por el mal estado de las vías, así como también los compromisos que establezca el mandatario local en ejercicio de su actividad política, el beneficio de la población impactada con el proyecto, sumado a esto que se

consideran que las vías cercanas a puntos de interés o de alta afluencia deber ser más relevantes para que permanezcan en buen estado. Los criterios son los siguientes:

- ✓ Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, Peticiones, Quejas, Reclamos, Sugerencias, Denuncias -PQRSD-, redes sociales).
- ✓ Atender compromisos adquiridos por el mandatario local.
 - ✓ Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.
 - ✓ Aumentar población beneficiada.
- **Economía y Transporte:** Considera la jerarquía de la vía y el tipo de vehículos que la usan para determinar con mayor precisión la prioridad de intervención de la misma, que a su vez potencializan el desarrollo económico de un sector. Los criterios son los siguientes:
 - ✓ Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.
 - ✓ Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.
 - ✓ Mejorar condición de pavimento en vía colectora: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga
 - ✓ Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.
 - ✓ Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.

Una vez planteados estos criterios, se requirió en primera instancia una validación de criterios por parte un panel de expertos en infraestructura vial, aplicando una

metodología de escala de Likert, el cual es un método de investigación de campo que permite medir la opinión de un individuo sobre un tema a través de un cuestionario, que identifica la frecuencia con la que el cliente realiza una actividad, la dificultad que tiene para llevar a cabo una tarea, el grado de importancia que le atribuye a un aspecto, la probabilidad de que realice una acción a futuro, entre otras cosas. (Hammond, 2022)

Existen diferentes escalas de Likert, y la que se usó para este trabajo fue la denominada Escala de Likert “de acuerdo”, la cual cuenta con la siguiente escala de calificación:

Tabla 10. Valoración de criterios

VALORACION CRITERIO	Valor
Totalmente en desacuerdo	1
Indeciso	2
Totalmente de acuerdo	3

Al experto adicionalmente se le brinda unos criterios de evaluación para asignar puntaje a cada uno de los criterios que se postulan para estructuración de la matriz multicriterio. A continuación, se presenta la tabla con los criterios para establecer el puntaje:

Tabla 11. Descripción de criterios para asignación de puntaje

PUNTUACIÓN	CRITERIO DE EVALUACIÓN
1	No es pertinente, por lo que debe ser eliminado
	El criterio no es claro
	El criterio no tiene relación lógica con la categoría
	El criterio puede ser eliminado sin que se cea afectada la medición de la categoría
2	Debe ser replanteado
	El criterio requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por una ordenación de las mismas.
	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	El criterio tiene una relación moderada con la categoría que se está midiendo.

PUNTUACIÓN	CRITERIO DE EVALUACIÓN
	El criterio es relativamente importante.
3	Es pertinente
	El criterio es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
	El criterio se encuentra totalmente relacionado con la categoría que está midiendo.
	El criterio es muy relevante y debe ser incluido.

Para la validación de los criterios que van a conformar la matriz multicriterio se realizó la encuesta con un muestreo no probabilístico que se define como una técnica de muestreo en la cual el investigador selecciona muestras basadas en un juicio subjetivo en lugar de hacer la selección al azar. Los diseños muestrales no probabilísticos no siguen la teoría de la probabilidad en la elección de elementos de la población de muestreo. Los diseños de muestreo no probabilísticos se utilizan cuando el número de elementos de una población es desconocido o no puede identificarse individualmente. (Kumar, 2011) El muestreo no probabilístico es más útil para estudios exploratorios como la encuesta piloto (una encuesta que se implementa en una muestra más pequeña, en comparación con el tamaño de muestra predeterminado). Uno de los tipos de muestreo no probabilístico y aplicado para el desarrollo de la encuesta es el muestreo por conveniencia que consiste en una técnica donde las muestras de la población se seleccionan solo porque están convenientemente disponibles para el investigador. Estas muestras se seleccionan solo porque son fáciles de reclutar y porque el investigador no consideró seleccionar una muestra que represente a toda la población. Esta es una de las razones por las que los investigadores confían en el muestreo por conveniencia, que es la técnica de muestreo no probabilística más común, debido a su velocidad, costo-efectividad y facilidad de disponibilidad de la muestra. (Ortega, s.f.)

Basado en lo anterior, y con la convocatoria realizada se logró encuestar a cinco expertos, lo anterior, se sustenta en factores como la dificultad para acceder a más personas o entidades que pudieran atender la encuesta, la limitación de tiempo para el desarrollo del trabajo de grado,

disponibilidad de profesionales en el medio con la experiencia y el conocimiento en gestión de pavimentos. El proceso de tabulación, observaciones y definición de criterios se presenta de forma tabulada en el Anexo No. 1 del presente trabajo, y el resultado final de validación de criterios se presenta en la tabla No. 12.

Tabla 12. Validación de criterios por cada experto

CATEGORÍA	No. CRITERIO	CRITERIO	PUNTUACIÓN					SUMATORIA
			EXPERTO 1 (E1)	EXPERTO 2 (E2)	EXPERTO 3 (E3)	EXPERTO 4 (E4)	EXPERTO 5 (E5)	
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Prolongar vida útil pavimento	2	3	2	3	2	12
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	3	3	3	2	3	14
	3	Mejorar condición estructural de la vía	3	2	2	3	1	11
	4	Aumentar seguridad vial	3	3	2	3	3	14
AMBIENTAL	5	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con baja circulación vehicular	2	2	1	3	1	9
	6	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con baja circulación vehicular	2	2	1	3	2	10
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	3	2	2	3	3	13
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	3	3	3	3	3	15
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	3	3	1	3	3	13
	10	Atender compromisos adquiridos por el mandatario local.	2	2	1	3	1	9
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	3	3	3	3	3	15
	12	Aumentar población beneficiada.	3	2	3	3	2	13
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	3	3	2	3	3	14
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	3	3	2	3	3	14
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colector: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	3	2	2	3	3	13
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	3	2	2	3	3	13
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	3	3	2	3	2	13
Sumatoria por experto			47	43	34	50	41	

Para continuar con el procesamiento de la información, en la tabla No 13 se traspone el contenido de la información plasmada la tabla No. 12 en la primera columna se establece los encuestados y en la primera fila la numeración consecutiva de los criterios.

Tabla 13. Valores asignados a cada criterio con la Escala de Likert

ENCUESTADO CRITERIO No.	VALORES DE ACUERDO A LA ESCALA DE LIKERT PARA CADA CRITERIO EVALUADO																VALOR POR EXPERTO	
	Desempeño y confort				Ambiental				Político y social				Economía y transporte					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
EXPERTO 1 (E1)	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	47
EXPERTO 2 (E2)	3	3	2	3	2	2	2	3	3	2	3	2	3	3	2	2	3	43
EXPERTO 3 (E3)	2	3	2	2	1	1	2	3	1	1	3	3	2	2	2	2	2	34
EXPERTO 4 (E4)	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	50
EXPERTO 5 (E5)	2	3	1	3	1	2	3	3	3	1	3	2	3	3	3	3	2	41
VALOR POR CRITERIO	12	14	11	14	9	10	13	15	13	9	15	13	14	14	13	13	13	

Se calcula la frecuencia de los elementos en la tabla No. 12, en donde se realizará la valoración del criterio de acuerdo a la escala de valores de la tabla No. 10. El término «frecuencia» indica el número de veces que un factor se repite dentro de una serie (Hammond, 2022). Para cada criterio se calcula la frecuencia por medio del conteo de acuerdo a las alternativas planeadas en la escala de Likert, y el resultado es el siguiente:

Tabla 14. Contabilización de la frecuencia de cada criterio

VALORACION CRITERIO	CONTABILIZACION DE LA FRECUENCIA DE VALORACION POR CADA CRITERIO																SUMATORIA VALORACION	% DE INCIDENCIA	
	Desempeño y confort				Ambiental				Político y social				Economía y transporte						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Totalmente en desacuerdo	0	0	1	0	2	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	7	8,2%
Indeciso	3	1	2	1	2	3	2	0	0	2	0	2	1	1	2	2	2	26	30,6%
Totalmente de acuerdo	2	4	2	4	1	1	3	5	4	1	5	3	4	4	3	3	3	52	61,2%
	TOTAL																85	100,0%	

Al realizar la sumatoria por cada alternativa de acuerdo a la escala de Likert planteada, y calculando el porcentaje de incidencia se obtienen los siguientes resultados, tal como se observa en la figura 11.

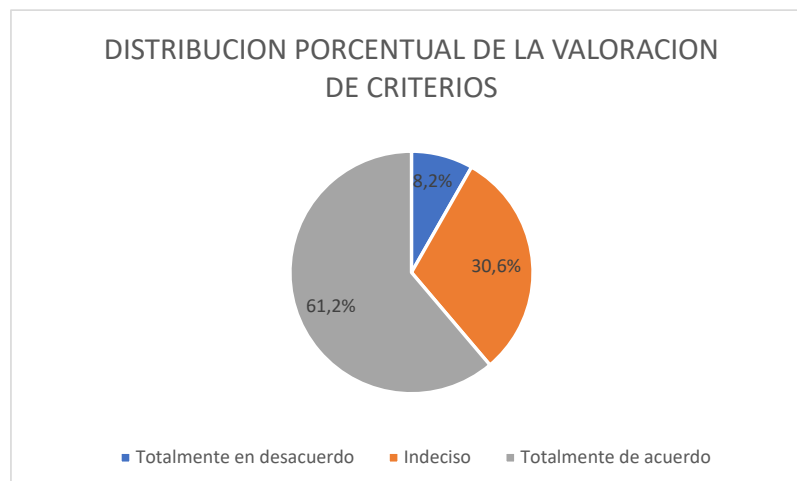


Figura 11. Distribución porcentual de valoración de criterios.

El 61.2% de los criterios evaluados son acordes para los expertos, el 30,6% de los criterios generan indecisión en los expertos, y con 8,2% de los criterios los expertos no están de acuerdo.

En la figura 12 se observa gráficamente los resultados por diagrama de barras, en las abscisas están los criterios, y en las ordenadas el total de los resultados de conteo de acuerdo a las alternativas de la escala de Likert.

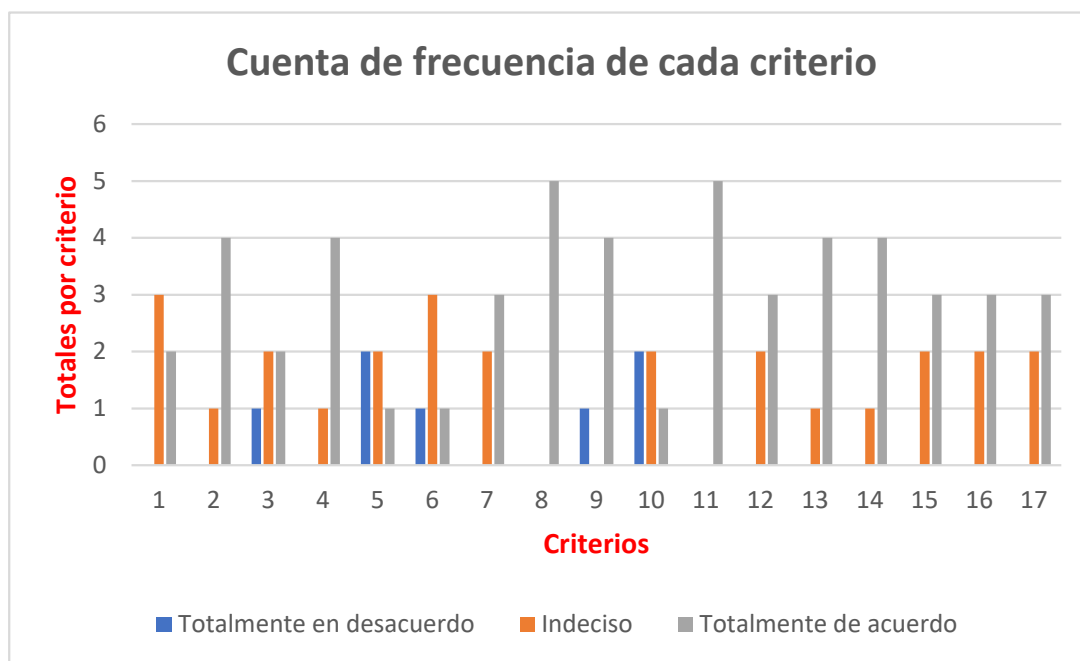


Figura 12. Contabilización de la frecuencia por criterios.

Con los resultados calculados y graficados se puede concluir que definitivamente los criterios 5 y 10 requieren ser reformulados, y los criterios 1, 3 y 6 requieren ajustes en su formulación, y el resto de los criterios se consideran validados para la construcción de la matriz multicriterio.

Tabla 15. Resultado final de validación de criterios

CATEGORÍA	No. CRITERIO	CRITERIO	CRITERIO AJUSTADO
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Prolongar vida útil pavimento	Alcanzar los periodos de vida útil esperados
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	
	3	Mejorar condición estructural de la vía	Mantener la condición estructural de la vía
	4	Aumentar seguridad vial	
AMBIENTAL	5	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con baja circulación vehicular	Reducir el ruido
	6	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con baja circulación vehicular	Reducir congestión vehicular
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	
	10	Atender compromisos adquiridos por el mandatario local.	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	
	12	Aumentar población beneficiada.	
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal : Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria : Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras : Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales : Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales : Para circulación de vehículos de carga.	

Atendiendo las observaciones y sugerencias de los expertos (Anexo 2), se realiza los ajustes pertinentes que definen los criterios como se observa en la tabla No. 15, para los criterios No. 1 y 3 se ajusta la redacción de los mismos tomando como referencia las observaciones de los expertos, lo anterior dado que se presentaban resultados de indecisión o duda tal como se puede observar en la figura No. 12. Para el caso de los criterios No. 5, 6 y 10 se realizó una modificación total de los

criterios dado que los expertos no estaban de acuerdo a que los mismos hicieran parte de la matriz multicriterio y se reemplazaron por otros criterios que los expertos consideraron que fueran de mayor utilidad para la estructuración de dicha matriz.

3.4.3 Alternativas:

En la matriz multicriterio se propone las alternativas comúnmente conocidas, disponibles en el medio y empleadas que hacen parte de las actividades de P+M+R (Prevención, Mantenimiento, Rehabilitación) del pavimento en una red vial, las cuales se relacionan a continuación:

Tabla 16. Descripción de las alternativas para el AMC

ALTERNATIVA	DESCRIPCIÓN
Alternativa 1	<u>Reconstrucción</u> de estructura de pavimento, intervención del pavimento a nivel estructural por el estado de deterioro de sus capas granulares y rodadura, sumado a la insuficiencia estructural. (Rehabilitación)
Alternativa 2	<u>Rehabilitación</u> del pavimento, remoción de la capa asfáltica por deterioro superficial o deformaciones en el pavimento que no compromete su comportamiento estructural. (Rehabilitación)
Alternativa 3	<u>Repavimentación</u> o recapeo, Instalación de una capa asfáltica sobre una estructura de pavimento existente, cuyo propósito es realizar reforzamiento estructural y/o mejorar las condiciones de confort. Actividad de mantenimiento periódico. (Mantenimiento)
Alternativa 4	<u>Instalación de mezclas tipo microaglomerado</u> . Instalación de una capa asfáltica discontinua que no tiene aporte estructural, pero si aporta mayor agarre entre la llanta y el pavimento, drena con mayor rapidez la superficie del pavimento y reduce el ruido en comparación al uso de pavimentos con mezclas asfálticas convencionales. Todo esto aumenta el confort y seguridad vial para el conductor. Actividad de mantenimiento periódico. (Mantenimiento)
Alternativa 5	<u>Mantenimiento con obras de parcheo</u> , ejecución de reparación de la superficie del pavimento que presentan patologías que requieren ser atendidas para recuperar las condiciones de funcionalidad y en muchos casos mejorar la seguridad vial, la decisión de ejecutar labores de mantenimiento va ligado al porcentaje de afectación de la estructura del pavimento, en donde el índice de condición del pavimento debe estar por encima del valor de 55 puntos. para reparación de huecos en las vías y eliminar fallas presentes en

ALTERNATIVA	DESCRIPCIÓN
	la superficie del pavimento. Actividad de mantenimiento rutinario. (Prevención)
Alternativa 6	<u>Mantenimiento por medio de sello de fisuras</u> , trabajo ejecutado en fisuras aisladas cuyo propósito es evitar la filtración del agua hacia las capas subyacentes, prolongando la vida útil del pavimento. Actividad de mantenimiento rutinario. (Prevención)
Alternativa 7	<u>No hacer nada</u> y dejar que el pavimento siga en proceso de deterioro de acuerdo a lo establecido en su periodo de diseño.

A partir de estos criterios y con el planteamiento de alternativas de solución, se estructura la matriz multicriterio definitiva, en donde el paso a seguir fue convocar a un panel de expertos en el área de infraestructura vial y toma de decisiones para que cada uno de ellos establezca el puntaje por cada criterio en una escala de 1 a 10, siendo 10 el valor de importancia muy alta, y adicionalmente se califique en una escala de 1 a 10 cada alternativa planteada de acuerdo al criterio establecido, con el objetivo de medir la alternativa en la satisfacción del requerimiento de cada criterio.

Para emitir los juicios comparativos entre cada criterio y alternativa, el decisor asignó un puntaje en una escala de 1 a 10, en donde el valor de 1 es la alternativa menos probable para resolver el criterio, y el valor de 10 es la alternativa ideal para atender o resolver el criterio.

En la tabla 17 se observa la propuesta de encuesta para la recolección de datos que le permitió al panel de expertos ponderar y priorizar los factores que presentan mayor relevancia para cada uno de ellos.

Para establecer la priorización para la planificación de intervenciones, el autor realizó encuestas a expertos tomadores de decisiones en los diferentes roles en los cuales se desempeñan dentro del área de infraestructura vial. El soporte de las encuestas se consigna en los anexos del presente trabajo de grado.

3.4.4 Matriz de pesos de criterios.

Para el diligenciamiento de las encuestas de la matriz multicriterio, se realizó convocatoria masiva a un grupo de expertos mediante correo electrónico y chat de WhatsApp, de dicho procedimiento se obtuvo el diligenciamiento de un total de 17 encuestas, los resultados obtenidos se digitaron en la *Matriz de pesos de criterios*, tabla en donde se consignan las ponderaciones establecidas por cada uno de los encuestados (jugadores), se realiza la sumatoria de cada uno de los criterios, permitiendo identificar el criterio que genera mayor relevancia en la matriz multicriterio de acuerdo a la puntuación obtenida por cada una de las categorías. Las tablas 18 y 19 indican los datos consignados y los resultados obtenidos, permitiendo determinar los criterios de mayor incidencia por categorías.

Tabla 18. Matriz de pesos de criterios (parte 1)

Matriz de pesos de criterios									
	Jugador 1	Jugador 2	Jugador 3	Jugador 4	Jugador 5	Jugador 6	Jugador 7	Jugador 8	Jugador 9
Criterio 1	9	5	10	10	9	7	7	9	9
Criterio 2	8	10	6	7	8	9	9	7	8
Criterio 3	10	5	8	8	7	8	6	10	7
Criterio 4	6	6	9	9	10	10	8	5	10
Criterio 5	5	8	6	5	7	7	7	6	2
Criterio 6	10	3	5	9	8	8	9	8	6
Criterio 7	6	5	7	6	9	9	8	7	8
Criterio 8	8	5	10	8	10	10	5	5	10
Criterio 9	7	3	6	8	10	8	7	6	8
Criterio 10	10	8	8	7	9	7	8	7	9
Criterio 11	8	8	9	6	8	10	9	8	10
Criterio 12	6	8	8	5	7	9	6	4	7
Criterio 13	10	7	10	9	10	10	9	10	10
Criterio 14	9	5	8	8	9	9	10	9	8
Criterio 15	8	5	6	7	8	8	7	8	6
Criterio 16	6	5	4	6	7	7	4	6	4
Criterio 17	7	5	6	5	6	6	5	7	5
	Encuesta 1	Encuesta 2	Encuesta 3	Encuesta 4	Encuesta 5	Encuesta 6	Encuesta 7	Encuesta 8	Encuesta 9

Tabla 19. Matriz de pesos de criterios (parte 2)

Matriz de pesos de criterios									
	Jugador 10	Jugador 11	Jugador 12	Jugador 13	Jugador 14	Jugador 15	Jugador 16	Jugador 17	Sumatoria
Criterio 1	7	10	10	10	8	7	7	10	144
Criterio 2	10	9	7	5	10	8	9	6	136
Criterio 3	8	7	8	6	9	10	10	8	135
Criterio 4	9	8	9	8	5	9	8	7	136
Criterio 5	8	7	6	8	9	7	7	5	110
Criterio 6	9	9	10	9	10	10	10	9	142
Criterio 7	7	8	7	7	7	8	8	7	124
Criterio 8	10	10	8	10	8	9	9	6	141
Criterio 9	7	7	7	8	7	7	8	7	121
Criterio 10	10	8	9	9	10	10	7	8	144
Criterio 11	9	10	8	7	9	9	10	9	147
Criterio 12	8	9	10	10	8	8	9	10	132
Criterio 13	10	10	10	10	10	10	10	10	165
Criterio 14	8	9	8	8	9	9	9	8	143
Criterio 15	7	8	7	6	7	8	8	7	121
Criterio 16	6	6	6	5	6	6	6	4	94
Criterio 17	9	7	9	4	8	7	7	9	112
	Encuesta 10	Encuesta 11	Encuesta 12	Encuesta 13	Encuesta 14	Encuesta 15	Encuesta 16	Encuesta 17	

El siguiente diagrama de barras (Figura 13) permite determinar de una forma más didáctica como se distribuyen las ponderaciones por cada criterio.

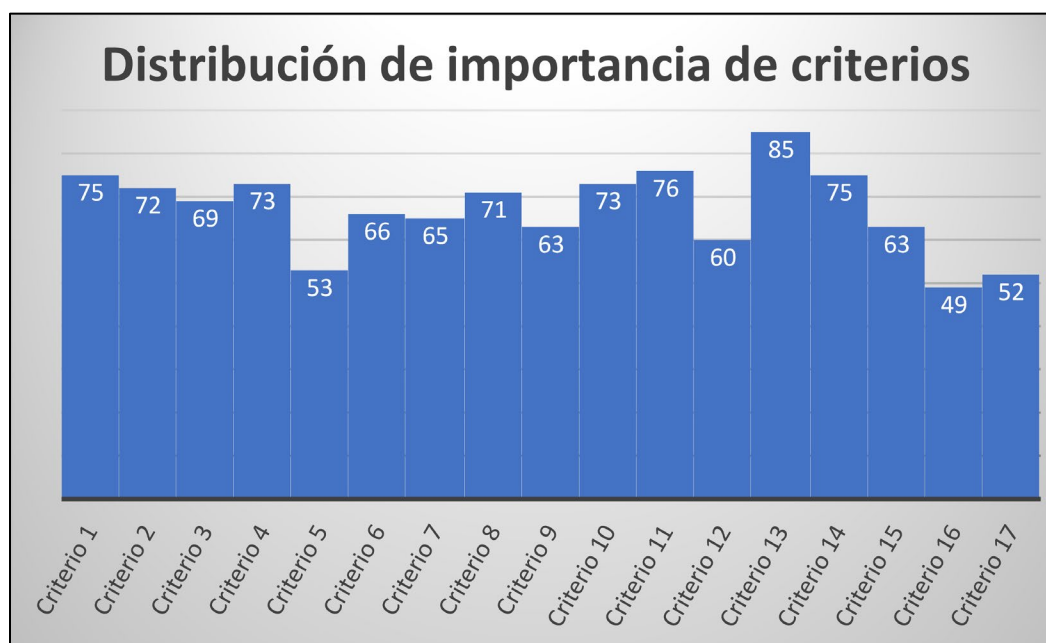


Figura 13. Distribución de importancia de criterios evaluados.

Con los datos obtenidos se concluye lo siguiente:

Para la categoría DESEMPEÑO Y CONFORT, el criterio que tiene mayor importancia es el número 1 “Alcanzar los periodos de vida útil esperados”.

Para la categoría AMBIENTAL, el criterio que tiene mayor importancia es el número 8 “Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular”.

Para la categoría POLITICO Y SOCIAL, el criterio que tiene mayor importancia es el número 11 “Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia”.

Para la categoría ECONOMÍA Y TRANSPORTE, el criterio que tiene mayor importancia es el número 13 “Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga”. Este fue el criterio que resultó con el mayor puntaje en la valoración general.

La distribución porcentual de todos los criterios que componen la matriz se presenta en la tabla No. 20.

Tabla 20. Resultado de la ponderación de los criterios y el porcentaje de incidencia.

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	CAPA SIG	SUMATORIA PONDERACION CRITERIO	% INCIDENCIA TOTALIDAD DE CRITERIOS	% INCIDENCIA AJUSTADO AL ENTERO
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	Via_Buen_Estado2	144	6,41%	7,0%
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	Via_Mal_Estado2	136	6,05%	6,0%
	3	Mantener la condición estructural de la vía	Via_Estructural	135	6,01%	6,0%
	4	Aumentar seguridad vial	Via_Textura	136	6,05%	6,0%
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	Ruido_Automotor_Noche_4m	110	4,90%	5,0%
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	Via_Reconstruccion	142	6,32%	6,0%
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	T3_Via_Buen_Estado2	124	5,52%	6,0%
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	T3_Via_Mal_Estado2	141	6,28%	6,0%
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	Reportes_daños	121	5,38%	5,0%
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	Uso_Suelo	144	6,41%	7,0%
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	Equipamiento	147	6,54%	7,0%
	12	Aumentar población beneficiada.	D_DensidadHabitacional_Barrio	132	5,87%	6,0%
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	Arteria_Principal	165	7,34%	7,0%
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	Arteria_Secundaria	143	6,36%	6,0%
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	Colectora	121	5,38%	5,0%
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	Via_Servicio_Res	94	4,18%	4,0%
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	Via_Servicio_Ind_Co	112	4,98%	5,0%
TOTAL				2.247	100%	100,0%

3.4.5 Matriz de pagos

Posteriormente, se procede a calcular la *Matriz de pagos (matriz doble entrada – criterios vs alternativas)*, en esta tabla se calcula el promedio de la calificación de cada alternativa redondeando el resultado al entero menor, de acuerdo al criterio establecido.

Con los resultados de la Matriz de pesos de criterios y la Matriz de pagos, se calcula el *Promedio de Alternativas*, en donde se realiza el producto de la ponderación de cada jugador para cada uno de los criterios con el promedio de la calificación de la alternativa por cada criterio, luego se realiza la sumatoria para todos los jugadores, y se finaliza realizando el promedio de la alternativa de acuerdo al número de jugadores.

En la Tabla 21, se presentan los resultados obtenidos de la elaboración de la matriz de pagos, con el promedio de las alternativas.

Tabla 21. Matriz de pagos (Matriz doble entrada – criterios vs alternativas)

Matriz de pagos (Matriz de doble entrada - criterios vs alternativas)							
	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	Alt 7
Criterio 1	4	7	7	5	7	7	1
Criterio 2	4	6	8	8	5	5	1
Criterio 3	5	6	7	5	6	6	1
Criterio 4	4	6	7	8	7	5	1
Criterio 5	4	6	8	8	6	4	1
Criterio 6	5	7	6	6	5	5	1
Criterio 7	2	3	5	6	6	5	1
Criterio 8	7	7	6	5	5	4	1
Criterio 9	4	5	7	4	7	6	1
Criterio 10	5	7	8	7	6	6	1
Criterio 11	5	6	8	7	7	6	1
Criterio 12	4	6	7	6	7	6	1
Criterio 13	6	8	8	6	6	6	1
Criterio 14	5	7	8	6	7	6	1
Criterio 15	4	6	7	6	8	7	1
Criterio 16	4	5	6	6	8	7	1
Criterio 17	5	7	8	4	7	6	1
	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	Alt 7
Promedio alternativas	603,69	822,50	940,13	798,94	845,13	750,00	131,56
orden de prioridad	6	3	1	4	2	5	7

La alternativa con el puntaje más alto, es la que se muestra como la solución más adecuada para el problema a solucionar en la toma de decisiones en primera instancia, la calificación de las alternativas se ordena en forma ascendente, permitiendo visualizar el orden de las alternativas a emplear en la solución de problemas de priorización de vías a intervenir. Adicionalmente, se calculó el porcentaje de incidencia o participación en la sumatoria total del promedio de las alternativas, lo que permite identificar las diferencias porcentuales en cada una de las alternativas para la toma de decisiones, tal como lo indica la Tabla No. 22.

Tabla 22. Orden de importancia de las alternativas.

Orden de importancia			
#	Alternativa		% de incidencia
1	Alt 3	Repavimentación o recapeo, Instalación de una capa asfáltica sobre una estructura de pavimento existente, cuyo propósito es realizar reforzamiento estructural y/o mejorar las condiciones de confort. Actividad de mantenimiento periodico.	19,22%
2	Alt 5	Mantenimiento con obras de parcheo, ejecución de reparación de la superficie del pavimento que presentan patologías que requieren ser atendidas para recuperar las condiciones de funcionalidad y en muchos casos mejorar la seguridad vial, la decisión de ejecutar labores de mantenimiento va ligado al porcentaje de afectación de la estructura del pavimento, en donde el índice de condición del pavimento debe estar por encima del valor de 55 puntos. para reparación de huecos en las vías y eliminar fallas presentes en la superficie del pavimento. Actividad de mantenimiento rutinario.	17,28%
3	Alt 2	Rehabilitación del pavimento, remoción de la capa asfáltica por deterioro superficial o deformaciones en el pavimento que no compromete su comportamiento estructural.	16,81%
4	Alt 4	Instalación de mezclas tipo microaglomerado. Instalación de una capa asfáltica discontinua que no tiene aporte estructural, pero si aporta mayor agarre entre la llanta y el pavimento, drena con mayor rapidez la superficie del pavimento y reduce el ruido en comparación al uso de pavimentos con mezclas asfálticas convencionales. Todo esto aumenta el confort y seguridad vial para el conductor. Actividad de mantenimiento periodico.	16,33%
5	Alt 6	Mantenimiento por medio de sello de fisuras, trabajo ejecutado en fisuras aisladas cuyo propósito es evitar la filtración del agua hacia las capas subyacentes, prolongando la vida útil del pavimento. Actividad de mantenimiento rutinario.	15,33%
6	Alt 1	Reconstrucción de estructura de pavimento, intervención del pavimento a nivel estructural por el estado de deterioro de sus capas granulares y rodadura, sumado a la insuficiencia estructural.	12,34%
7	Alt 7	No hacer nada y dejar que el pavimento siga en proceso de deterioro de acuerdo a lo establecido en su periodo de diseño.	2,69%

Cada una de estas actividades tiene un costo de ejecución, a excepción de la alternativa 7, como primer ejercicio presupuestal de asignación de recursos para cada una de las actividades de intervención propuestas para la gestión de pavimentos de una red vial urbana, se realiza el ejercicio de distribución porcentual teniendo en cuenta las 6 primeras alternativas, tal como se muestra en la tabla No. 23.

Tabla 23. Distribución porcentual para asignación presupuestal de recursos para gestión de pavimentos de red vial urbana.

Orden de importancia para asignación presupuestal			
#	Alternativa		% de incidencia
1	Alt 3	Repavimentación o recapeo, Instalación de una capa asfáltica sobre una estructura de pavimento existente, cuyo propósito es realizar reforzamiento estructural y/o mejorar las condiciones de confort. Actividad de mantenimiento periodico.	19,75%
2	Alt 5	Mantenimiento con obras de parcheo, ejecución de reparación de la superficie del pavimento que presentan patologías que requieren ser atendidas para recuperar las condiciones de funcionalidad y en muchos casos mejorar la seguridad vial, la decisión de ejecutar labores de mantenimiento va	17,75%
3	Alt 2	Rehabilitación del pavimento, remoción de la capa asfáltica por deterioro superficial o deformaciones en el pavimento que no compromete su comportamiento estructural.	17,28%
4	Alt 4	Instalación de mezclas tipo microaglomerado. Instalación de una capa asfáltica discontinua que no tiene aporte estructural, pero si aporta mayor agarre entre la llanta y el pavimento, drena con mayor rapidez la superficie del pavimento y reduce el ruido en comparación al uso de pavimentos	16,78%
5	Alt 6	Mantenimiento por medio de sello de fisuras, trabajo ejecutado en fisuras aisladas cuyo propósito es evitar la filtración del agua hacia las capas subyacentes, prolongando la vida útil del pavimento. Actividad de mantenimiento rutinario.	15,76%
6	Alt 1	Reconstrucción de estructura de pavimento, intervención del pavimento a nivel estructural por el estado de deterioro de sus capas granulares y rodadura, sumado a la insuficiencia estructural.	12,68%

El proyecto de investigación está encaminado a realizar la priorización de vías a intervenir con un presupuesto limitado, es por ello que teniendo en cuenta valores promedio del mercado en costos de inversión por kilómetro calzada de las diferentes alternativas propuestas, y teniendo fijado un valor presupuestal asignado “X” para los trabajos de intervención de la red vial urbana. Por ejemplo, en el evento de una asignación presupuestal de \$10.000.000.000 COP para un año determinado, y contando con los valores promedio de los costos de intervención de una calzada vehicular por kilómetro para cada alternativa de intervención (Para el ejemplo costos años 2023), el resultado del ejemplo en la distribución de los recursos se observa en la tabla No. 24.

Tabla 24. Ejemplo de distribución de recursos asignados sobre las alternativas propuestas para priorizar los kilómetros de vías urbanas a intervenir.

PRESUPUESTO VIGENCIA		\$		10.000.000.000		
Orden de importancia						
#	Alternativa		% de incidencia (A)	Valor / km-calzada (B)	Valor asignado (A) * (B) = (C)	Km-calzada para ejecutar (C) / (B) = (D)
1	Alt 3	Repavimentación o recapeo, Instalación de una capa asfáltica sobre una estructura de pavimento existente, cuyo propósito es realizar reforzamiento estructural y/o mejorar las condiciones de confort. Actividad de mantenimiento periódico.	19,75%	\$ 1.050.000.000	\$ 1.974.896.936	1,88
2	Alt 5	Mantenimiento con obras de parcheo, ejecución de reparación de la superficie del pavimento que presentan patologías que requieren ser atendidas para recuperar las condiciones de funcionalidad y en muchos casos mejorar la seguridad vial, la decisión de ejecutar labores de mantenimiento va ligado al porcentaje de afectación de la estructura del pavimento, en donde el índice de condición del pavimento debe estar por encima del valor de 55 puntos. para reparación de huecos en las vías y eliminar fallas presentes en la superficie del pavimento. Actividad de mantenimiento rutinario.	17,75%	\$ 525.000.000	\$ 1.775.332.826	3,38
3	Alt 2	Rehabilitación del pavimento, remoción de la capa asfáltica por deterioro superficial o deformaciones en el pavimento que no compromete su comportamiento estructural.	17,28%	\$ 1.540.000.000	\$ 1.727.805.057	1,12
4	Alt 4	Instalación de mezclas tipo microaglomerado. Instalación de una capa asfáltica discontinua que no tiene aporte estructural, pero si aporta mayor agarre entre la llanta y el pavimento, dreña con mayor rapidez la superficie del pavimento y reduce el ruido en comparación al uso de pavimentos con mezclas asfálticas convencionales. Todo esto aumenta el confort y seguridad vial para el conductor. Actividad de mantenimiento periódico.	16,78%	\$ 728.000.000	\$ 1.678.307.906	2,31
5	Alt 6	Mantenimiento por medio de sello de fisuras, trabajo ejecutado en fisuras aisladas cuyo propósito es evitar la filtración del agua hacia las capas subyacentes, prolongando la vida útil del pavimento. Actividad de mantenimiento rutinario.	15,76%	\$ 125.000.000	\$ 1.575.506.131	12,60
6	Alt 1	Reconstrucción de estructura de pavimento, intervención del pavimento a nivel estructural por el estado de deterioro de sus capas granulares y rodadura, sumado a la insuficiencia estructural.	12,68%	\$ 2.590.000.000	\$ 1.268.151.144	0,49
				TOTALES	\$ 10.000.000.000	21,78

La distribución de recursos del ejemplo permite como un primer ejercicio de planeación al administrador de la red vial priorizar los segmentos de la red vial por longitudes de intervención cuya estrategia de intervención este determinada en el proceso de evaluación y diagnóstico de cada tramo de vía.

Capítulo 4

Análisis multicriterio articulado al sistema de información geográfica para priorización de intervención de vías.

Los métodos de toma de decisiones multicriterio han sido ampliamente utilizados en los últimos años para ayudar a los directores de proyectos en los procesos de selección relacionados con la construcción. Las técnicas de toma de decisiones se pueden utilizar no solo para comparar o clasificar un conjunto de alternativas, sino también para incorporar las preferencias del tomador de decisiones en la búsqueda del plan de mantenimiento más óptimo. (García Segura, Montalbán Domingo, Llopis Castelló, Sanz Benlloch, & Pellicer, 2023). Los niveles de integración que pueden alcanzar entre un SIG y un AMC, se pueden clasificar en dos tipos principalmente, el primero de ellos con la manera en que se direccionan los flujos de información entre ellos y el segundo se centra en el alcance de la integración entre ambas. Con respecto a la primera, existen diferentes posibilidades entre las que se encuentran, la carencia de integración enfocada en una dirección con el SIG como software principal, la misma pero que ocupa el software de análisis multicriterio como software principal, la integración bidireccional y la integración dinámica. En relación al alcance existen distintos niveles de integración entre ambas herramientas, desde la carencia de ésta hasta la completa, pasando por una amplia gama de posibilidades intermedias, entre las cuales cabe destacar aquellas en las que la información que resulta del análisis de una de estas herramientas es ingresada como información de partida para la otra, u otras que ocupan una misma interface entre ambas y comparten archivos de comunicación. La integración más completa se logra cuando se crean rutinas específicas de análisis multicriterio que pueden ser agregadas a los sets de comandos propios del SIG (Godoy Camus, 2014).

La próxima generación de toma de decisiones de Mantenimiento y Rehabilitación - M&R- de pavimentos debe sopesar múltiples objetivos estratégicos para lograr el desarrollo sostenible a través del SGP. En la actualidad, campos como la minimización de costos, la maximización de los beneficios sociales, el mantenimiento verde y el desarrollo sostenible recibieron una amplia atención de las agencias de carreteras, que rara vez se han considerado simultáneamente en las últimas dos décadas todavía. Por lo tanto, las agencias de toma de decisiones deben adoptar métodos más efectivos para optimizar la planificación de M&R para lograr objetivos más estratégicos. En el campo de la ingeniería, este problema se clasifica como un problema de optimización multiobjetivo (MOO). Dado este complejo problema, es necesario establecer un modelo MOO para encontrar la mejor solución en aras de lograr una gestión sostenible del pavimento. (Chen & Zhengb, 2021).

Como se mencionó en el capítulo 3, el proceso para un SGPU parte de un inventario de la red vial, almacenada en una base de datos que para el caso de estudio se estructura en un SIG, y con la base de datos se establece un mapa de procesos que permite determinar los pasos a seguir para la toma de decisiones técnicas y retroalimentar las intervenciones realizadas en la red vial.

4.1 Base de datos en SIG para estructurar un SGPU

Una base de datos SIG para una red vial urbana debe estar estructurada en una “Geodatabase”, que a su vez contiene una capa georreferenciada en formato vectorial denominado “Feature Class”, las vías están representadas en el mapa como polilíneas, cada polilínea simboliza un segmento vial, delimitado entre intersecciones. La capa que representa la red vial contiene una tabla de atributos, que almacena la información de cada segmento vial. La información es única de ese segmento vial, el cual se identifica con un código único

numérico de 8 caracteres “ID_OP” que permite diferenciarlo del resto de los segmentos viales, y la codificación depende de la jerarquía vial (tres primeros dígitos) y del número consecutivo asignado. En la figura 4.1 se presenta un ejemplo de un segmento vial.

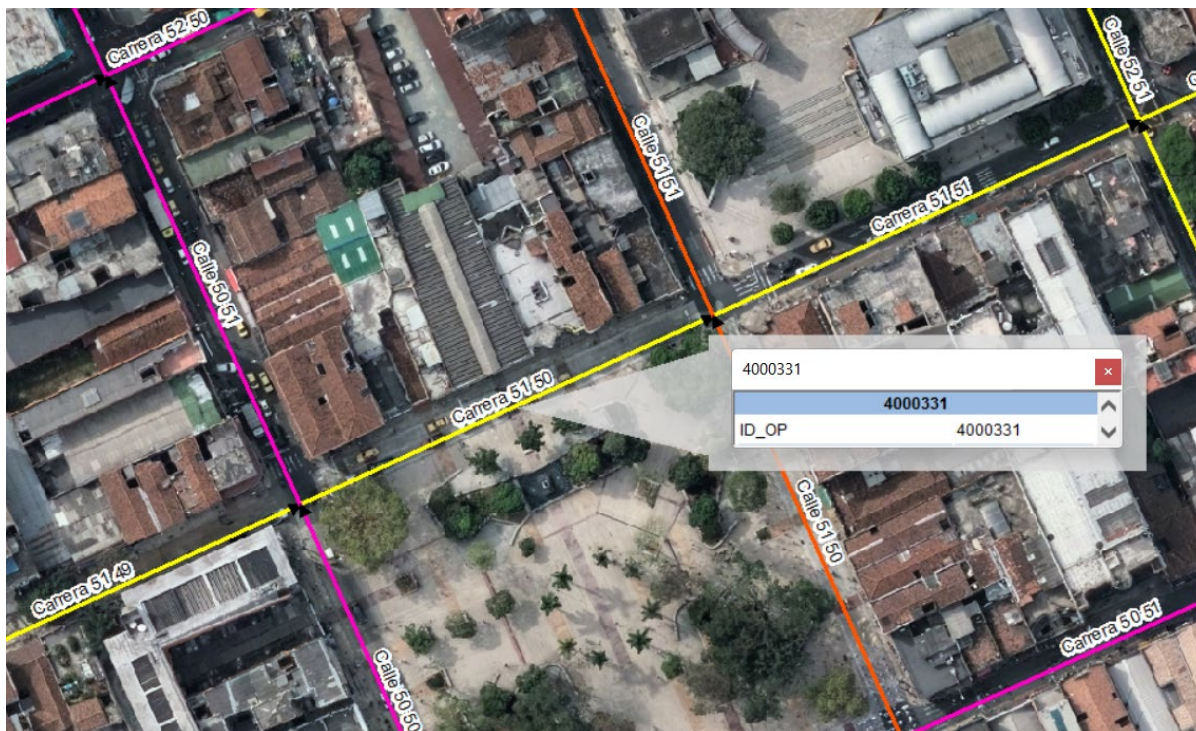


Figura 14. Representación de un segmento vial. Fuente: Secretaría de Infraestructura Itagüí.

La base de datos SIG para el SGPU debe contener dentro de su estructura mínimo la siguiente información:

- Identificación, dirección con nomenclatura, jerarquía vial, coordenadas de inicio y final, longitud y ancho de la vía, pendiente.
- Materiales y espesores que componen la estructura del pavimento.
- Aforos, caracterización del tránsito, Transito Promedio Diario -TPD-, transito proyectado a un periodo de diseño determinado expresado en ejes equivalentes.
- Inventario de fallas y clasificación del índice de condición del pavimento “PCI”

- Medición de regularidad “IRI” cuando el tipo de vía por su velocidad de operación y jerarquía vial lo requiera.
- Medición del Coeficiente de deslizamiento “CRD”, con su respectiva clasificación de estado.
- Medición de la textura del pavimento.
- Medición de la condición estructural existente del pavimento, que resulta de los ensayos de deflectometría y sus respectivos retro cálculos, de acuerdo a metodología AASHTO en el cual se calcula el número estructural “SN” efectivo y modulo resiliente.
- Clasificación final del estado del pavimento, teniendo en cuenta parámetros como el PCI, SN, IRI, CRD. En el caso de que no exista información relacionada con IRI y/o CRD se asumirá que estos parámetros para el segmento vial en evaluación no afectan la funcionalidad de la vía.
- Diseños de los tramos viales que requieran procesos de rehabilitación o reconstrucción.
- Historial de intervención de los segmentos viales que conforman la red vial para retroalimentar el SGPU.

Los datos recopilados y procesados deben estar contenidos en tablas, las cuales se deben relacionar por medio del identificador único ID_OP, con la fecha de cargue de la información para conservar la trazabilidad de la misma; la relación de las tablas permite la interacción y geoprocésamiento de la información para el mismo segmento vial.

4.2 Priorización de vías en el SIG

A nivel mundial, el uso de SIG ha logrado importante aceptación debido a la facilidad de localización e introducción de información necesaria en la toma de decisiones para los proyectos. El modelo o sistema de datos georreferenciados permite el ingreso y el procesamiento de información en tiempo real acerca de parámetros establecidos en la evaluación del pavimento. Las aplicaciones de SIG con los SGP llegan a una selección o interpretación de la priorización de recursos que otorgan el mayor beneficio a la región. La facilidad de consulta del SIG brinda eficiencia en el manejo de información para las autoridades a cargo de la red vial (Silva Balanguera, Daza Leguizamón, & Lopez Valiente, 2018).

Para el caso de estudio, cada criterio establecido en la matriz multicriterio cuenta con un archivo tipo shapefile (vectorial), el cual es un formato sencillo y no topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas. Las entidades geográficas de un shapefile se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas) (ESRI, 2023).

Cada criterio está plasmado espacialmente en un mapa con representación de elementos de forma vectorial, que estructuran un archivo tipo shapefile, el cual es transformado a un mapa tipo ráster, y posteriormente se realiza una reclasificación. En la tabla No. 25 se observa la relación de los criterios con los mapas tipo shape file que se adaptaron para el caso de estudio.

Tabla 25. Listado de criterios adoptados en shape file para el caso de estudio

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	CAPASIG
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	Via_Buen_Estado2
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	Via_Mal_Estado2
	3	Mantener la condición estructural de la vía	Via_Estructural
	4	Aumentar seguridad vial	Via_Textura
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	Ruido_Automotor_Noche_4m
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	Via_Reconstruccion
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	T3_Via_Buen_Estado2
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	T3_Via_Mal_Estado2
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	Reportes_daños
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	Uso_Suelo
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	Equipamiento
	12	Aumentar población beneficiada.	D_DensidadHabitacional_Barrio
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	Arteria_Principal
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	Arteria_Secundaria
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectora: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	Colectora
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	Via_Servicio_Res
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	Via_Servicio_Ind_Co

En el SIG se estructura un mapa cargando cada uno de los criterios representados en las capas en formato shapefile, los cuales contienen información que permite en un proceso de clasificación por rangos, establecer las condiciones favorables de cada atributo. Para el caso de estudio ciudad de Itagüí (Colombia) se cargaron al mapa de trabajo las 17 capas que fueron facilitados de las bases de datos de la Alcaldía de Itagüí, que representan cada uno de los criterios establecidos en la matriz multicriterio

Por ejemplo, el Criterio No.1 denominado “Alcanzar los periodos de vida útil esperados” lo representa el shapefile “Via_Buen_Estado2”, que contiene en su tabla de

atributos la información referente a las vías que se encuentran en buen o excelente estado en su Índice de Condición de Pavimento -PCI- (Sigla en inglés), para el caso de este criterio los expertos ponderaban la importancia que representa dicho el mismo dentro de la categoría establecida.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en muy mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado (Instituto de Desarrollo Urbano, 2017)

Los rangos establecidos en el PCI son los siguientes:

Tabla 26. Rangos de calificación del PCI.

Rango PCI	Estado de pavimento
0-25	Muy Malo
26-65	Regular
56-85	Bueno
86-100	Excelente

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, 2017).

De acuerdo a la clasificación las vías con un PCI por encima de 50 hasta 85 se representan con el color amarillo, para las vías entre un PCI de 86 a 100 se representan con color verde. Las vías que se encuentran en un rango de 0 a 50 representadas en color rosado se integran a la totalidad del área del territorio del caso de estudio, con el propósito de facilitar la clasificación en la escala de datos.

Para el caso de estudio ciudad de Itagüí, el criterio No. 1 se representa de la siguiente manera.

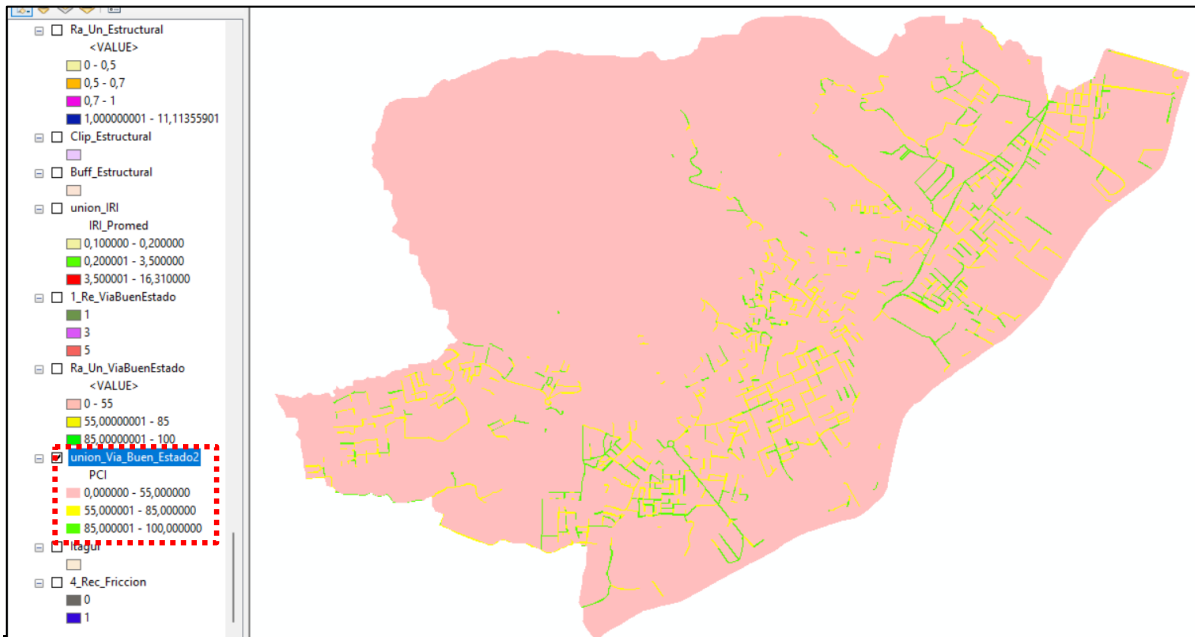


Figura 15. Representación de elementos vectoriales en mapa de Vías en Buen estado.

Cada una de estas capas fueron clasificadas en rangos de acuerdo al contenido de la información. Cada una de las capas fueron transformadas a formato ráster uniformizando el tamaño de los pixeles para cada una de las capas, y tomando para cada de ellas el campo que va a representar la información proveniente del shapefile, luego se realizó el proceso de reclasificación de la información. La reclasificación de los datos se puede observar en la tabla No .27.

Tabla 27. Rangos de clasificación de información por cada shapefile y reclasificación de la información.

CAPA SIG	RECLASIFICACION EN SIG PARA PROCESO DE SUPERPOSICIÓN PONDERADA (ASIGNACION DE PUNTAJES DE 1 A 9)									
	CAMPO A EVALUAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Via_Buen_Estado2	Indice de condicion de pavimento PCI vías en buen estado	<55				85 - 100				55 - <85
Via_IRI	Indice de regularidad internacional IRI	<4				4 - 8				>8
Via_Estructural	Indice estructural IE	<0,5		0,5 - <0,7			0,7- <1,0			>1,0
Via_Fricción	Coefficiente de resistencia al deslizamiento CRD	1				>45				>1 - 45
Ruido_Automotor_Noche_4m	Decibeles	30		35		40		60 - 65		70 - 75
Via_Reconstruccion	Indice estructural IE	>1				0,5 - <0,7				<0,5
T3_Via_Buen_Estado2	Indice de condicion de pavimento para vías con trafico superiores a 5x10^6 ejes equivalentes	<55				55 - <85				85 - 100
T3_Via_Mal_Estado2	Indice de condicion de pavimento para vías con trafico superiores a 5x10^6 ejes equivalentes	1				>1-25				>25-55
Reportes_daños	Puntos marcados como huecos en pavimento en un radio de 20 metros a la redonda	Fuera del radio de acción								Dentro del radio de acción
Uso_Suelo	Uso principal del suelo distribuido en todo el municipio	Residencial y Protección		Dotacional		Actividad múltiple		Industria pesada, Industria liviana e Industria mediana		Comercial y servicios
Equipamiento	Sitios de interés de alta afluencia de público en el que se proyecta un radio de acción de 100 alrededor del equipamiento	Fuera del radio de acción								Dentro del radio de acción
D_DensidadHabitacional_Barrio	Densidad poblacional vivienda/Hectarea	0-50		>50-100		>100-140		>140-200		>200
Arteria_Principal	Jerarquia vial	Resto del territorio								Vía Arteria principal
Arteria_Secundaria	Jerarquia vial	Resto del territorio								Vía Arteria secundaria
Colectora	Jerarquia vial	Resto del territorio								Vía colectora
Via_Servicio_Res	Jerarquia vial	Resto del territorio								Vía de servicio residencial
Via_Servicio_Ind_Co	Jerarquia vial	Resto del territorio								Vía de servicio industrial

La reclasificación es el proceso de reasignar uno o más valores de un conjunto de datos rasterizados a nuevos valores de salida. La herramienta “Reclassify” se utiliza para transformar los valores de varios conjuntos de datos ráster de entrada a una escala común. (Gabri, 2020)

Los mapas transformados a formato ráster se reclasifican en un rango de 1 a 9, que proviene de un rango determinado en la herramienta de geoprocésamiento de ArcGIS denominada “Weighted Overlay”, la cual se utiliza para realizar la superposición ponderada de los mapas.

Cada una de estas capas fueron clasificadas en rangos de acuerdo al contenido de la información, para luego ser convertidas en formato tipo ráster con un tamaño de celda de 2 x 2, para luego reclasificar la información y representarla gráficamente en un mapa tipo ráster donde cada celda representa un número en una escala de 1 a 9. Por convenciones en el mapa el valor de 1 es el sector que no requiere intervención, continuando con valor de 5 que requiere una intervención a mediano plazo y el valor de 9 que le da una mayor prioridad de intervención. En la figura No. 16 se observa el proceso final de reclasificación de la información contenida en el mapa.

El proceso es igual para el resto de los 16 criterios, en donde es esencial cubrir siempre la misma área de intervención y conservar el mismo tamaño de celda al momento de pasar de un mapa en formato shapefile a un mapa en formato ráster.

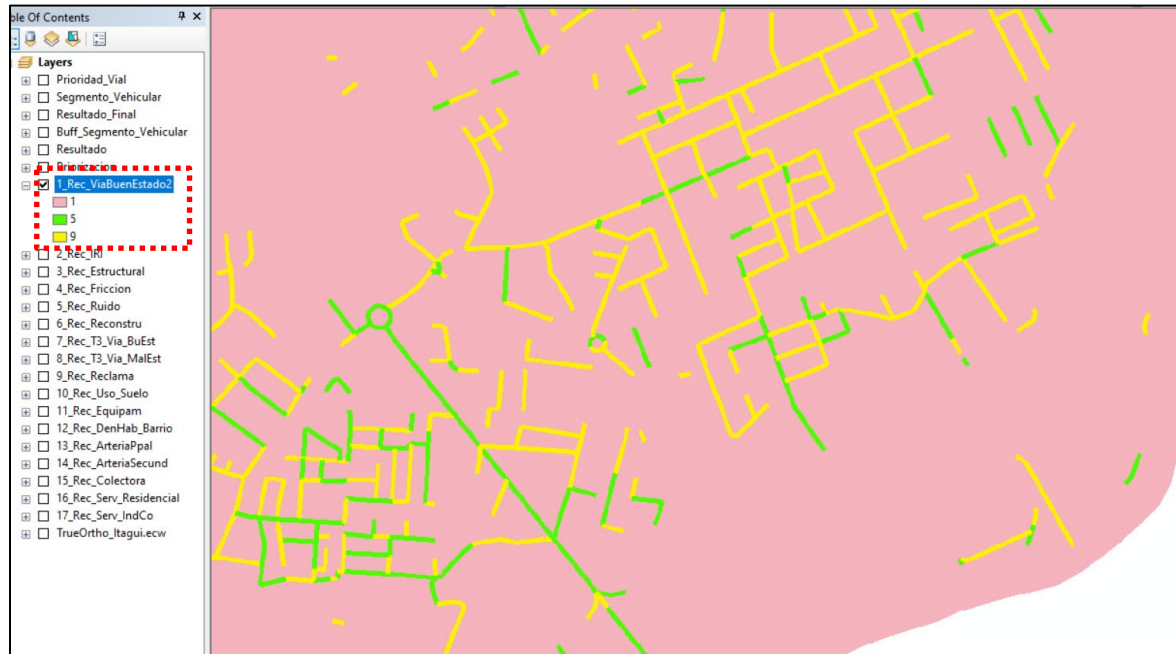


Figura 16. Geoprocetamiento en formato ráster para realizar reclasificación de las vías en buen o excelente estado.

Una vez consolidados y convertidos los mapas en formatos ráster con su respectiva reclasificación, se procede a aplicar la superposición ponderada de mapas, la cual permite realizar evaluaciones multicriterio para resolver problemas de decisión donde intervienen varios factores que además tendrán distintas valoraciones (GEASIG, 2023).

En la superposición ponderada cada ráster de entrada se pondera de acuerdo a la importancia o la influencia en todo el conjunto de criterios. La ponderación es un porcentaje relativo y la suma de las ponderaciones de influencia de porcentaje debe ser igual a 100. Las influencias se expresan solo mediante valores enteros (ArcGIS Pro, 2023).

Para el caso de estudio, en la sumatoria de la calificación de cada uno de los expertos por cada criterio se calcula el porcentaje de incidencia de cada criterio en la sumatoria total, por el

requerimiento del procedimiento los porcentajes de incidencia que cuentan con cifras decimales, se procede a redondear y a aproximar a un número entero, verificando al final que la sumatoria de los valores sea igual a 100. Los resultados de este ejercicio se presentan en la tabla No. 28.

Tabla 28. Resultado de la ponderación de los criterios y el porcentaje de incidencia.

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	CAPA SIG	SUMATORIA PONDERACION CRITERIO	% INCIDENCIA TOTALIDAD DE CRITERIOS	% INCIDENCIA AJUSTADO AL ENTERO
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	Via Buen Estado2	144	6,41%	7,0%
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	Via Mal Estado2	136	6,05%	6,0%
	3	Mantener la condición estructural de la vía	Via Estructural	135	6,01%	6,0%
	4	Aumentar seguridad vial	Via Textura	136	6,05%	6,0%
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	Ruido Automotor Noche 4m	110	4,90%	5,0%
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	Via Reconstruccion	142	6,32%	6,0%
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	T3 Via Buen Estado2	124	5,52%	6,0%
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	T3 Via Mal Estado2	141	6,28%	6,0%
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	Reportes daños	121	5,38%	5,0%
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	Uso Suelo	144	6,41%	7,0%
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	Equipamiento	147	6,54%	7,0%
	12	Aumentar población beneficiada.	D_DensidadHabitacional_Barrío	132	5,87%	6,0%
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	Arteria Principal	165	7,34%	7,0%
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	Arteria Secundaria	143	6,36%	6,0%
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	Colectora	121	5,38%	5,0%
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	Via Servicio Res	94	4,18%	4,0%
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	Via Servicio Ind_Co	112	4,98%	5,0%
TOTAL				2.247	100%	100,0%

Para determinar las vías priorizadas a partir del AMC se emplea los resultados obtenidos en la tabla No. 28, aplicando la superposición ponderada en el software ArcGIS, se utiliza en la caja de herramientas “Spatial Analysis Tools” la herramienta

“Weighted Overlay”, la cual permite asignar a cada criterio el porcentaje de influencia, así como también asignar una escala de valores, que para el caso de estudio se emplea una escala de 1 a 9 para obtener unos resultados más adecuados para la interpretación en el geoprocesamiento de los mapas. Lo anteriormente descrito se observa en la figura No. 17 .

Raster	% Influence	Field	Scale Value
1_Rec_ViaBuenEs	7	Value	
		1	1
		5	5
		9	9
		NODATA	NODATA
2_Rec_IRI	6	Value	
		1	1
		5	5
		9	9
		NODATA	NODATA
3_Rec_Estructural	6	Value	
		1	1
		3	3
		6	6
		9	9
		NODATA	NODATA
4_Rec_Fraccion	6	Value	
		1	1

Sum of influence: 100

Set Equal Influence:

Evaluation scale: 1 to 9 by 1

From: To: By:

Figura 17. Información cargada para la superposición ponderada de los 17 criterios en la herramienta de GIS “Weighted Overlay”.

El resultado final de priorización de vías usando la superposición ponderada se observa en las figuras No. 18 y 19, en los cuales se identifica espacialmente en convención de colores tipo semáforo en una escala de 1 a 6 siendo el valor más alto, las prioridades de la red urbana de pavimentos para el caso de estudio ciudad de Itagüí.

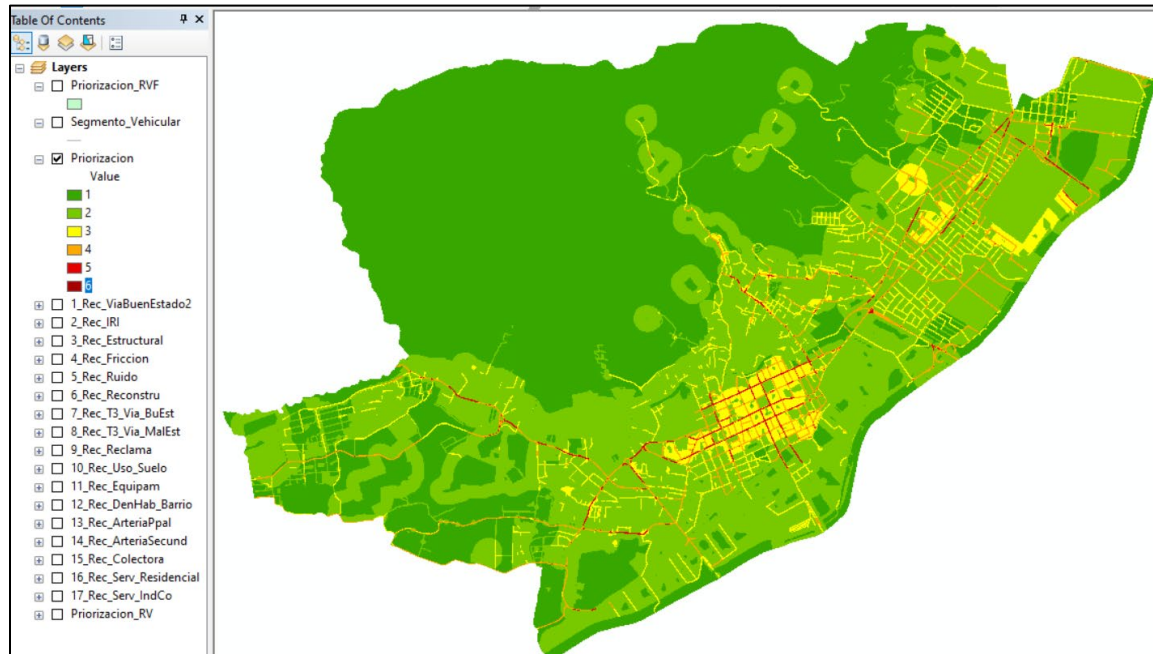


Figura 18. Resultado de la superposición ponderada de los criterios representados en Ráster “Priorización”.

Con los resultados obtenidos del Ráster “Priorización”, se agrupa los valores de las celdas en cuatro categorías de prioridad, de acuerdo a lo indicado en la tabla No. 29.

Tabla 29. Reclasificación de valores de celda del mapa ráster de priorización

Valor celda agrupada	Prioridad	Convención
1 a 2	Baja	
2,001 a 3	Media	
3,001 a 4	Alta	
4,001 a 6	Muy Alta	



Figura 19. Detalle del resultado de la superposición ponderada de los criterios representados Ráster “Priorización”.

Para obtener un mapa que presente una mayor claridad sobre los tramos viales a priorizar, excluyendo las áreas que no hacen parte de la red vial y contando con un buffer de la red vial vehicular del caso de estudio, se emplea en la caja de herramientas GIS “Zonal” la herramienta “Zonal Statistics”. Esta herramienta permite agrupar dentro del segmento vial las celdas aplicando la MEDIANA, que determina el valor medio de todas las celdas del ráster de valores que pertenecen a la misma zona que la celda de salida.



Figura 20. Resultado final de priorización de la red vial del caso de estudio Ciudad de Itagüí.

En el proceso ejecutado de “Zonal Statistics”, realiza una depuración de los valores de celdas, agrupando para un segmento vial los valores de celdas que en mayor porcentaje están contenidos en dicho segmento, por lo cual se genera una nueva escala de valores de 1 a 5. Con los resultados obtenidos, se agrupa los valores de las celdas en cuatro categorías de prioridad, de acuerdo a lo indicado en la tabla No. 30.

Tabla 30. Reclasificación de valores de celda del mapa ráster de priorización

Valor celda agrupada	Prioridad	Convención
1 a 2	Baja	
2,001 a 3	Media	
3,001 a 4	Alta	
4,001 a 5	Muy Alta	

Una vez realizada la depuración de la información, los resultados de la priorización con mayor detalle se observan en la figura No. 21, la cual presenta los tramos totalmente definidos en los valores de la celda por cada segmento vial, situación que se puede comparar con la figura No. 19 en donde se presentaba diferentes valores de celda para un mismo segmento vial.

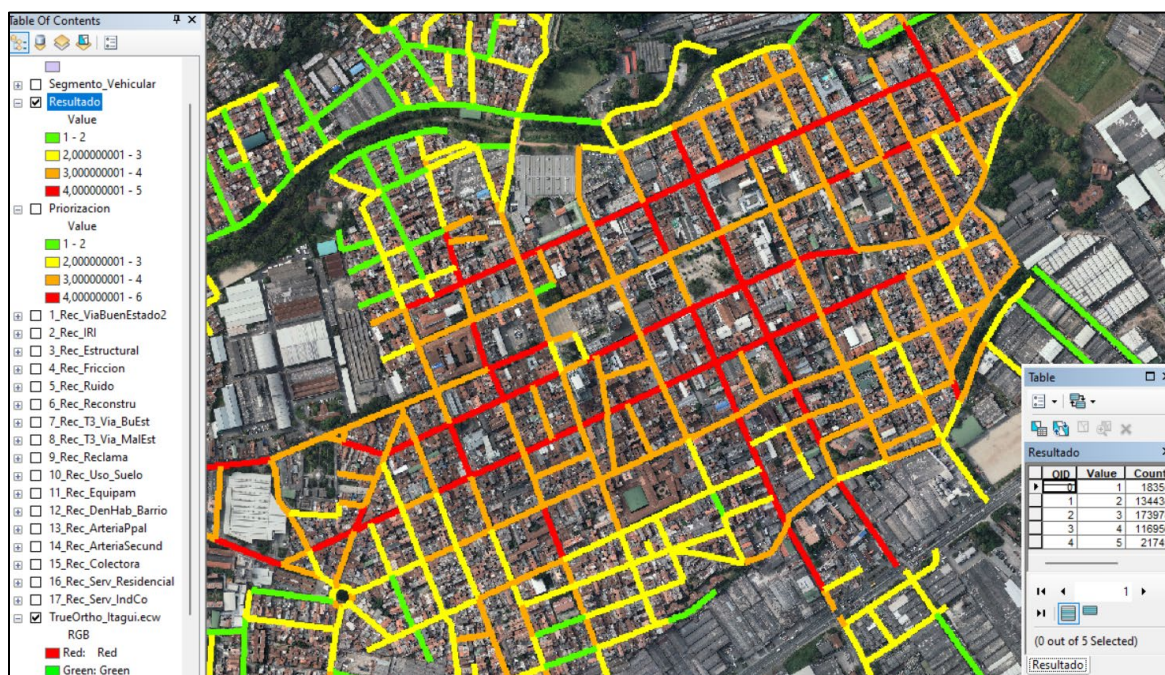


Figura 21. Detalle del resultado final de priorización de la red vial del caso de estudio Ciudad de Itagüí.

El siguiente proceso para visualizar la información de una manera más adecuada es trasladar los valores de prioridad, transformando el mapa de formato ráster a formato shapefile generando el archivo “Resultado_Final”, luego empleando en la caja de herramientas “Overlay” se emplea la herramienta “Spatial Join”, al abrir la caja de dialogo se ingresan los shapefile “segmento_vehicular” y “Resultado_Final” y aquí es muy importante escoger la opción de

coincidencia que para este caso es “have their center in (tiene su centro en)”, la cual permite que las entidades de unión coincidirán si el centro de una entidad de destino se encuentra dentro de ellas. Al realizar el procesamiento se origina un nuevo mapa, el cual contiene la información del segmento vehicular más la escala de priorización que en este caso es el campo o columna “gridcode”, los mapas e información generada se puede observar en las figuras No. 22, 23 y 24.

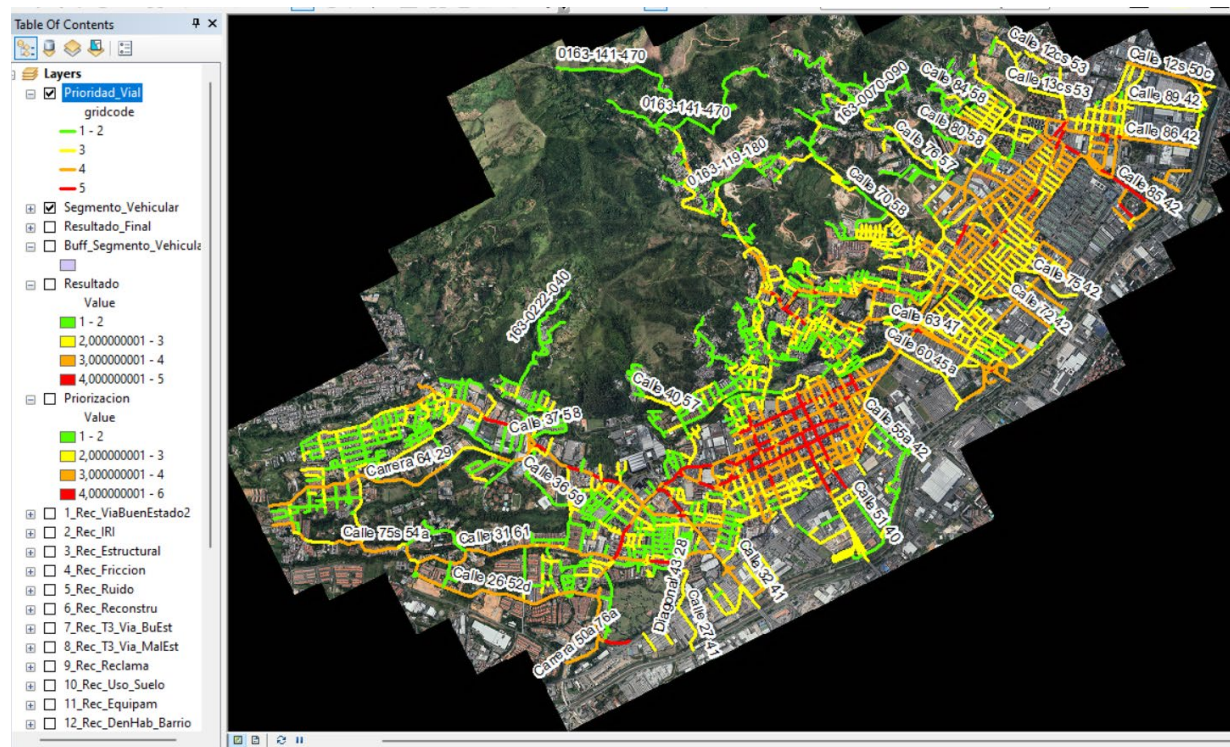


Figura 22. Resultado final de priorización de la red vial en formato vectorial del caso de estudio Ciudad de Itagüí.

En la tabla 31 se observa los valores a considerar para priorizar la intervención de la red vial urbana de Itagüí.

Tabla 31. Clasificación de valores campo “gridcode” del mapa vectorial de priorización

Valor celda agrupada	Prioridad	Convención
1 a 2	Baja	
3	Media	
4	Alta	
5	Muy Alta	

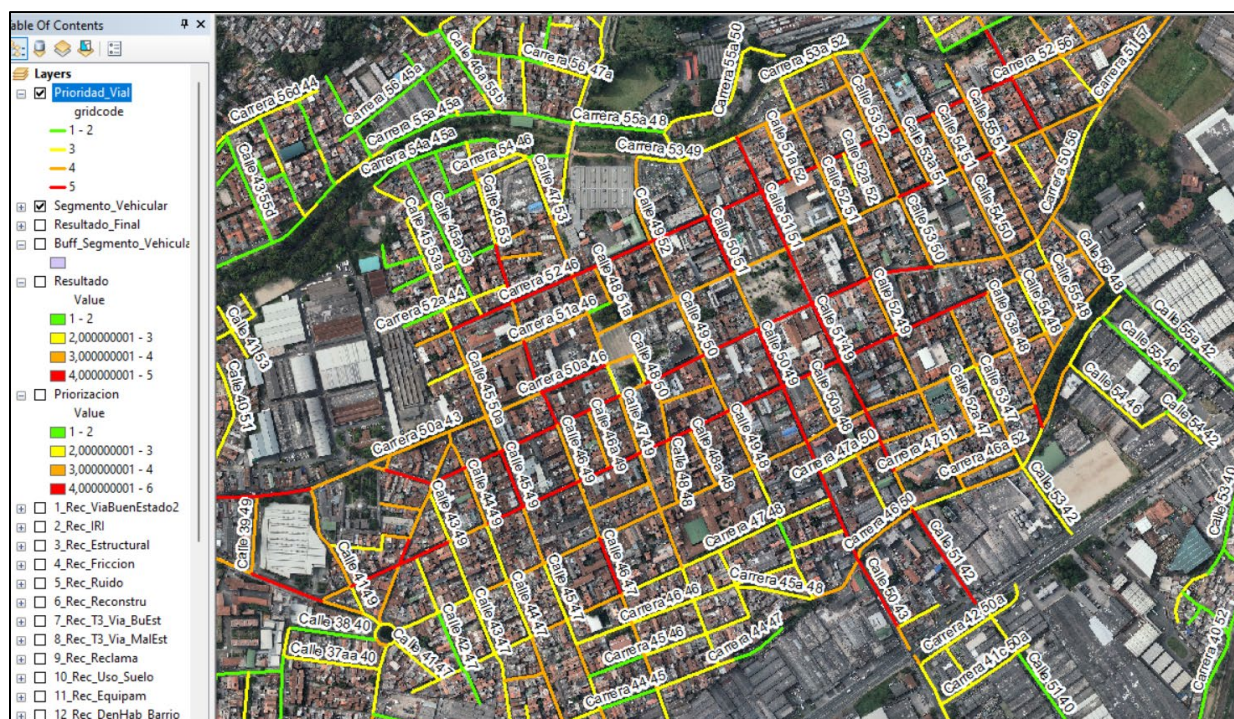


Figura 23. Detalle de resultado final de priorización de la red vial en formato vectorial del caso de estudio Ciudad de Itagüí.

Al realizar la consulta en la tabla de atributos es posible filtrar los valores para determinar el número de segmentos vial de acuerdo su clasificación de prioridad, así como también la longitud total de los tramos a intervenir por categorías. En la tabla No. 32 se discriminan las categorías de priorización, con los datos estadísticos mencionados:

Tabla 32. Cantidad de segmentos viales y longitud a intervenir clasificados por categoría.

Valor celda agrupada	Prioridad	Convención	No. Segmentos viales	Longitud (km)
1 a 2	Baja		1.014	64,04
3	Media		1.110	73,36
4	Alta		654	49,26
5	Muy Alta		137	9,46
TOTALES			2.915	196,12

La figura No. 24 muestra el detalle de priorización final en donde no solo es posible identificar por los colores la priorización, sino también en la tabla de atributos es posible verificar esta información.

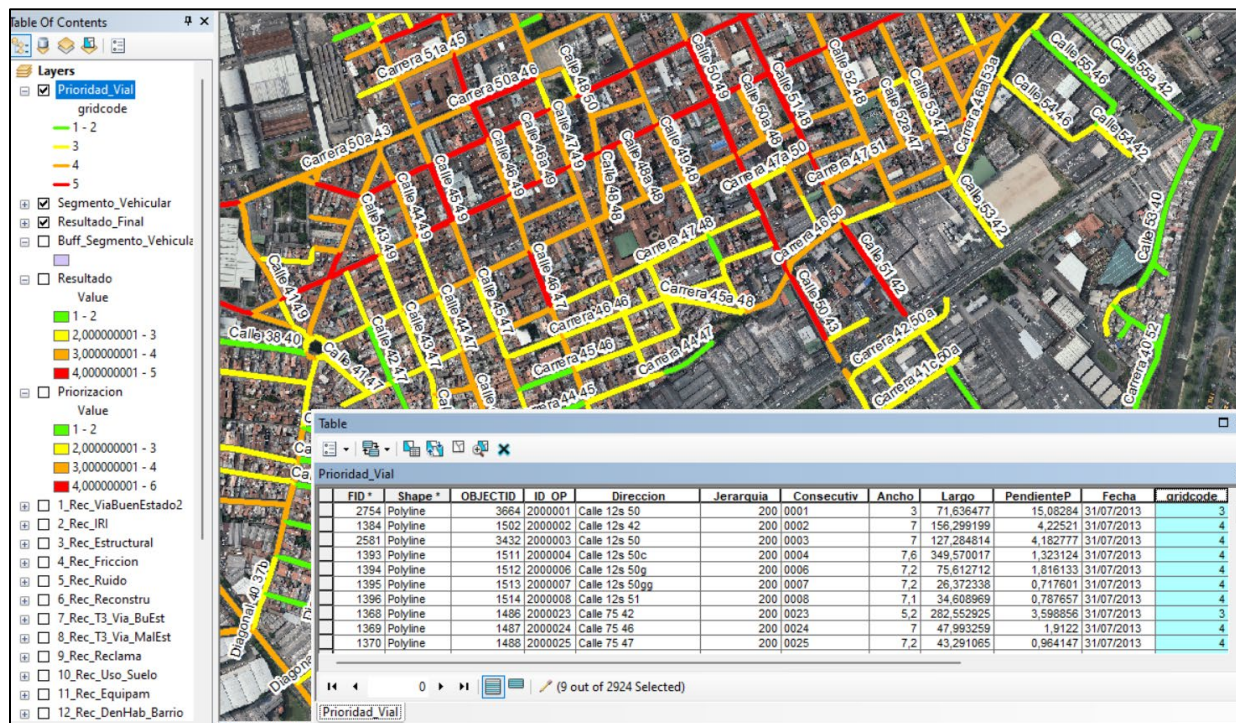


Figura 24. Detalle de resultado final con tabla de atributos para la priorización de la red vial en formato vectorial del caso de estudio Ciudad de Itagüí.

Discusión

Con la información obtenida es posible planificar las prioridades de intervención no solamente asociado al estado de las vías, sino que también a factores adicionales que inciden finalmente en el que la red vial vehicular sea mantenida en buen estado sea acorde a las necesidades y dinámica de la ciudad en donde se consideran factores técnicos, ambientales, sociales, políticos, económicos y de transporte.

Por cada grupo de vías priorizadas de acuerdo a su ponderación se debe revisar el estado funcional y estructural de cada segmento vial para determinar a nivel de proyecto la alternativa de intervención que conlleve elevar el nivel de servicio de la vía.

Comúnmente en nuestro medio se prioriza la intervención de las vías urbanas considerando su estado superficial en relación a los daños, sin considerar en algunas ocasiones la verdadera vocación de servicio que presta la vía, por ello el desarrollo de esta investigación considera un enfoque mas global sobre otros factores a tener en cuenta y que se pueden ajustar o complementar de acuerdo a la necesidad de cada ciudad y a la disponibilidad de la información que permita estructurar un sistema de toma de decisiones para el administrador de la red vial priorizando las intervenciones de los segmentos viales dado que gran parte de los entes territoriales son limitados en recursos presupuestales.

Capítulo 5

Conclusiones.

- ✓ Con el desarrollo de este trabajo de grado, se concluye que si es posible y viable realizar la priorización de vías en la puesta en funcionamiento de un SGPU aplicando análisis multicriterio cuyo objetivo principal es elevar las condiciones de servicio de los segmentos viales que conforman la red vial urbana, empleando Sistemas de Información Geográfica.
- ✓ El listado de orden de prioridades de los segmentos viales que conforman la red vial urbana de acuerdo con los puntajes obtenidos facilita la toma de decisiones del administrador de la red vial, y podrá ejecutar la alternativa requerida de acuerdo al estado del segmento vial.
- ✓ La estructuración de la matriz multicriterio se puede ajustar o complementar en criterios de acuerdo con la disponibilidad de información cartográfica con la que cuente el ente territorial, pero para ello deberá diligenciar las encuestas de AMC con expertos en infraestructura vial.
- ✓ La preferencia de los expertos para resolver los criterios planteados es la de emplear la alternativa número 3 *“Repavimentación o recapeo sobre estructuras de pavimento existentes”*, que dentro del desarrollo del SGPU es una alternativa muy viable económica y técnicamente, dado que permite restaurar las condiciones de pavimento a bajo costo, así como también refuerza la estructura de pavimento existente, prolongando su vida útil, la limitante de esta alternativa son las cotas de los bordes de vía existente, que en algunos casos por repetición de los procesos de repavimentación, y dependiendo de la altura de los andenes ubicados en los costados de la vía existente, el nivel o cota de la nueva capa de pavimento en el proceso de pavimentación podría estar a nivel o por encima de los andenes existentes.

- ✓ El criterio que indica el valor más alto en la ponderación general es el número 13 *“Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga”*, y validando los datos de la matriz de pagos (tabla No. 21), las alternativas de intervención a emplear para este criterio con un puntaje promedio de 8 puntos cada una, son las alternativas No. 2 *“Rehabilitación del pavimento”* y No. 3 *“Repavimentación o recapeo sobre estructuras de pavimento existentes”*, esto permite concluir que estas deben ser las alternativas de preferencia para ejecutar el SGPU sobre vías arterias principales.
- ✓ En cada una de las categorías, con los resultados obtenidos en el desarrollo de la matriz multicriterio, el SGPU debe estar orientado a *“Alcanzar los periodos de vida útil esperados”* (criterio No. 1, categoría No 1), *“Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía”* (criterio No. 6, categoría No. 2), *“Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia”* (criterio No. 11, categoría No. 3), *“Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga”* (criterio No. 13, categoría No. 4), estos criterios deben representar la mayor atención para la puesta en funcionamiento de un SGPU de acuerdo a las necesidades calificadas por el panel de expertos.
- ✓ En los resultados de la matriz de pago, se calcula la distribución porcentual de las alternativas planteadas, lo que permite realizar un ejercicio inicial de asignación de recursos limitados para que de acuerdo a la incidencia porcentual y al costo de ejecución promedio de cada una de las alternativas, permita calcular los kilómetros de intervención de la red vial. Estos pesos

porcentuales de cada alternativa deben ser susceptibles a ajustes de acuerdo a las necesidades que se vayan determinando a medida que se vaya realizando intervenciones en la red vial urbana, ejercicio planteado en la tabla No. 24.

- ✓ La distribución de los recursos para cada alternativa de intervención le permite al ente territorial planificar las vías a intervenir, con el objetivo de avanzar en su proceso de gestión de la red vial urbana, y aumentar los kilómetros de vías en buen estado.
- ✓ Los porcentajes de distribución de los recursos para cada alternativa de intervención deberán ajustarse en el tiempo, en la medida de que los segmentos viales que conforman la red vial urbana dentro del proceso de evaluación y diagnóstico ya no requieran este tipo de intervenciones.
- ✓ El desarrollo de la matriz multicriterio para pavimentos asfálticos en su estructura de criterios también puede ser empleado para la intervención de pavimentos en concreto, en donde se tendrán que modificar las alternativas de intervención de acuerdo a la oferta de materiales y equipos disponibles en el sector a evaluar.
- ✓ El proceso de priorización de la red vial empleando la matriz multicriterio deberá actualizarse periódicamente, debido a que a medida que los segmentos de la red vial se vayan interviniendo y su estado cambie, su puntaje en la priorización también se irá modificando.
- ✓ El uso de las herramientas tecnológicas de geoprocésamiento espacial, combinado con los conocimientos en el área de pavimentos, facilita la toma de decisiones sobre las bases de datos de la red vial del ente territorial, con el propósito de ejecutar una gestión vial activa y eficiente.

- ✓ La priorización de vías a intervenir fue posible establecerla con las categorías de Desempeño y Confort, Ambientales, Político y Social, Economía y Transporte, arrojando resultados interesantes sobre el territorio evaluado como caso de estudio al momento de realizar la articulación en el Sistema de Información Geográfica.

Recomendaciones.

- ✓ El modelo de gestión de pavimentos urbanos deberá a futuro como una segunda etapa, almacenar los estados de las vías de acuerdo a un proceso de diagnóstico e inventario de la red vial, para evaluar en el tiempo el desempeño de los pavimentos y llegar a establecer una curva de deterioro, la cual sería de gran utilidad para planificar las inversiones de mantenimiento y rehabilitación a mediano y largo plazo prediciendo su deterioro.
- ✓ Con la recolección de la información sugerida en el presente trabajo de grado, para la ejecución de un proyecto de diagnóstico e inventario de una red vial urbana se propone como una investigación posterior el desarrollo un “Índice de Condición General de Pavimento Urbano”, en el que se califique en conjunto el comportamiento estructural, las fallas superficiales, regularidad del pavimento, y resistencia al deslizamiento del pavimento, dado que actualmente en nuestro medio.
- ✓ El desarrollo de este trabajo puede ser ampliado en el desarrollo de encuestas adicionales para la validación de los criterios que permitan perfeccionar la matriz multicriterio, de la misma manera es necesario ampliar la recolección de datos de la encuesta multicriterio con expertos adicionales que permita dar mayor confianza al desarrollo del proceso de priorización de vías mediante la metodología empleada.

Bibliografía

- Aguilar Vián, Á. (2013). *Sistema de apoyo a la toma de decisión sobre ArcGIS*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- ArcGIS Pro*. (04 de 02 de 2023). Obtenido de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/weighted-overlay.htm#:~:text=La%20herramienta%20Superposici%C3%B3n%20ponderada%20permite,criterios%20y%20sus%20respectivas%20propiedades>.
- Aronoff, S. (1993). *Geographic information systems, a management perspective*. Ottawa Ontario: WDL publications Canada.
- Augeri, M., Greco, S., & Nicolosi, V. (2019). Planning urban pavement maintenance by a new interactive multiobjective optimization approach. *European Transport Research Review*, 11(17), 1-14. doi:<https://doi.org/10.1186/s12544-019-0353-9>
- Benzadón et. al. (2007). Diseño e implementación de un sistema de gestión vial y de espacio público para Bogotá, Colombia. *Infraestructura vial No. 17*, 4-12.
- Chavarro Acuña, W., & Molina Pinzón, C. (2015). *Evaluación de alternativas de pavimentación para vías de bajos volúmenes de tránsito*. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia.

Chen, W., & Zhengb, M. (2021). Multi-objective optimization for pavement maintenance and rehabilitation decision-making: A critical review and future directions. *Automización en construcción*, 130(103840). doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103840>

Corporación Andina de Fomento. (2010). *Soluciones e innovaciones tecnológicas de mejoramiento de vías de bajo tránsito*. CAF.

Espinoza, M. (8 de Octubre de 2016). *Análisis de decisión multicriterio y toma de decisiones en salud*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=QhD7J1G7dIY>

ESRI. (18 de 01 de 2023). *ArcGIS for desktop*. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm>

Fernandez Bustillo, A. (2008). *Diseño de una herramienta de evaluación multicriterio*. Madrid. Obtenido de https://oa.upm.es/7304/1/PFC_ANA_FERNADEZ_BUSTILLO.pdf

Función Pública. (24 de 07 de 2022). *Modelo Integrado de Planeación y Gestión*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/web/mipg>

Gabri. (16 de 10 de 2020). *ArcGeek*. Obtenido de <https://acolita.com/reclasificar-los-datos-raster-con-spatial-analyst-de-arcgis-pro/#:~:text=La%20reclasificaci%C3%B3n%20es%20el%20proceso,ArcMap%20como%20en%20ArcGIS%20Pro.>

García Segura, T., Montalbán Domingo, L., Llopis Castelló, D., Sanz Benlloch, A., & Pellicer, E. (2023). Integration of deep learning techniques and sustainability-based concepts into an urban pavement management system. *Expert Systems Applications*, 1-18. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120851>

GEASIG. (04 de 02 de 2023). Obtenido de <https://www.geasig.com/superposicion-ponderada-con-arccgis/>

Godoy Camus, P. A. (2014). Priorización socio-política de proyectos de mantenimiento de pavimentos urbanos basada en Sistemas de Información Geográfica. Santiago de Chile.

Hammond, M. (03 de 05 de 2022). *HubSpot*. Obtenido de <https://blog.hubspot.es/service/escala-likert>

IDU, I. d. (2001). *Actualización del Manual de fallas*. Bogotá D.C.

INGENIOEMPRESA. (19 de 02 de 2023). *Matriz de priorización para elegir la mejor opción*. Obtenido de https://www.ingenioempresa.com/matriz-de-priorizacion/#En_que_consiste_la_matriz_de_priorizacion

Instituto de Desarrollo Urbano. (2017). Anexo técnico de diagnóstico para la conservación de infraestructura vial para Bogotá. Bogotá D.C.

Instituto de Desarrollo Urbano IDU. (21 de 04 de 2021). *Componente Geomática*. Obtenido de <https://www.idu.gov.co/page/siipviales/geomatica/estructura>

- Instituto de Desarrollo Urbano IDU. (21 de 04 de 2021). *SIIPVIALES. Sistema de Información Integral para la Planeación y Seguimiento de la Infraestructura Vial y el Espacio Público*. Obtenido de <https://www.idu.gov.co/page/transparencia/informacion-de-interes/siipviales>
- INVIAS. (2008). *Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos en carreteras*. Bogotá D.C.
- INVIAS. (2022). *Especificaciones generales de construcción de carreteras*. Bogotá D.C.
- INVIAS, I. N. (2019). *Manual TAQUI*. Bogotá: INVIAS.
- INVIAS, I. N., & Nacional, U. (2006). *Manual para l inspección visual de pavimentos flexibles*. Bogotá D.C.
- INVIAS, I. N., & Nacional, U. (2006). *Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos*. Bogotá D.C.
- Kumar, R. (2011). *Research Methodology* (3 ed.). Chennai, India: Sage.
- Loprencipe, G., Pantuso, A., & Di Mascio, P. (2017). Sustainable Pavement Management System in Urban. *Sustainability*, 1-16.
- Madrid, U. A. (2011). *Tutorial (nivel básico) para la elaboración de mapas con ArcGIS*. Obtenido de <http://biblioteca.uam.es/cartoteca>.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons.

- Molano C., J., & Batista C., J. M. (1967). Calendario climatológico aeronáutico colombiano. *Sociedad Geográfica de Colombia*.
- Nantes, E. A. (2019). El método Analytic Hierarchy Process para la toma de decisiones. Repaso de la metodología y aplicaciones. *INVESTIGACION OPERATIVA*, 54 a 73.
- Ortega, C. (s.f.). *Questionpro*. Recuperado el 20 de 09 de 2023, de <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-no-probabilistico/>
- Osorio Gómez, J. C., & Orejuela Cabrera, J. P. (2008). EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Y LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO. EJEMPLO DE APLICACIÓN. *Scientia Et Technica, Vol. XIV, núm. 39*, 247-252.
- Osorio Lird, A. (2015). *Development of performance models and maintenance standards of urban pavements for network management*. Santiago de Chile.
- R. Kerali, H. (2000). *Visión General de HDM-4. Volumen 1. Versión 1*. Paris, Washington D.C.
- Romero, C. (1996). *Análisis de las decisiones multicriterio*. Madrid: Isdefe.
- Shah, Y., Jain, S., Tiwari, D., & Jain, M. (2013). Development of Overall Pavement Condition Index for Urban Road Network . *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 332-341.
- Silva Balanguera, A., Daza Leguizamón, O., & Lopez Valiente, L. (2018). Gestión de Pavimentos basado en sistemas de información geográfica (SIG): una revisión. *Ingeniería Solidaria*.

- Solminihac T., H., Echavegúren N., T., & Chamorro G., A. (2018). *GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL*. Santiago: Ediciones UC.
- TNM Limited. (2008). *Inventario y diagnóstico de la malla vial de la ciudad de Medellín, Fase 2, y formulación del un sistema de gestión vial e infraestructura asociada*. Medellín.
- Torres Machi, C. (2015). *Optimización heurística multiobjetivo para la gestión de activos de infraestructura de transporte terrestre*. Santiago de Chile.
- Torres Machi, C., Pellicer, E., Yepes, V., & Chamorro, A. (2017). Towards a sustainable optimization of pavement maintenance programs under budgetary restrictions. *148*, 90-102. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.100>
- Torres-Machi, C., Chamorro, A., & Yepes, V. P. (2014). CURRENT MODELS AND PRACTICES OF ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL EVALUATION. *Revista de la Construcción*, 49-56.
- Unidad administrativa especial de rehabilitación y mantenimiento vial. (2019). *Modelo de gestión de pavimentos, para la conservación sostenible de la malla vial local*. Bogotá D.C.: UMV.
- Universidad Autonoma de Madrid. (2011). *Tutorial (nivel básico) para la elaboración de mapas con ArcGIS*. Obtenido de <http://biblioteca.uam.es/cartoteca>
- Vásquez Varela, L. R. (2002). Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Manizales: INGEPAV ingeniería de pavimentos.

www.andemos.org. (05 de Noviembre de 2019). Recuperado el 02 de Diciembre de 2019, de <https://www.andemos.org/index.php/2019/11/05/octubre-2019-continua-el-buen-comportamiento-del-sector-automotor/>

Zapata Duque, J., & Cardona Londoño, G. (30 de 12 de 2012). Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica para la gestión de la malla vial de la ciudad de Medellín. *Ing. USBMed, Vol. 3, No. 2, 77-84.*

ANEXOS

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS

ENCUESTA DE VALIDACION DE CRITERIOS PARA ELABORACIÓN DE UNA MATRIZ MULTICRITERIO PARA ESTABLECER LOS CRITERIOS DE MAYOR IMPORTANCIA Y LA SELECCIÓN TIPOS DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS

Nombre del encuestado: _____

Profesión y postgrado: _____

Empleo o rol actual: _____

Años de experiencia en área de pavimentos: _____

Objetivo del estudio: El objetivo de este estudio es medir la percepción de profesionales expertos en infraestructura vial y toma de decisiones, acerca de los criterios que más influyen en la toma de decisiones para realizar intervenciones en una red vial urbana. Con los resultados esperados se busca determinar los criterios de mayor relevancia para priorizar la intervención de vías urbanas, empleando la alternativa de mantenimiento más adecuada.

Pregunta de investigación: ¿Cuáles criterios impactan en la toma de decisiones para mejorar la gestión de pavimentos en una red vial urbana?

A continuación, se presenta la definición de cuatro categorías a evaluar y cada una de ellas contiene los criterios planteados, que pretende establecer cuáles de ellos son más representativos para realizar la priorización de la intervención de pavimentos a nivel urbano.

El propósito es que usted valore cada uno de los ítems marcando una X en la casilla que considere adecuada de acuerdo con los siguientes criterios:

Puntuación	Criterio de evaluación
1	No es pertinente, por lo que debe ser eliminado El criterio no es claro El criterio no tiene relación lógica con la categoría El criterio tiene una relación tangencial con la categoría El criterio puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la categoría
2	Debe ser replanteado El criterio requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de las mismas Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem El criterio tiene una relación moderada con la categoría que está midiendo El criterio es relativamente importante
3	Es pertinente El criterio es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada El criterio se encuentra completamente relacionado con la categoría que está midiendo El criterio es muy relevante y debe ser incluido

En caso que considere necesario, anote las observaciones tendientes a mejorar el ítem en la columna de Observaciones.

CATEGORÍA No. 1. DESEMPEÑO Y CONFORT: : Partiendo de la evaluación funcional y estructural de la vía, así como también la vida útil, confort y las condiciones de seguridad vial, se establecen los siguientes criterios para ser evaluados:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 1 considera como criterios:				
Prolongar vida útil pavimento				
Mejorar la calidad de la superficie de rodadura				
Mejorar condición estructural de la vía				
Aumentar seguridad vial				

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?
 SI ___ NO ___

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementaría la investigación:

1.
2.
3.

CATEGORÍA No. 2: AMBIENTALES: En esta categoría se consideran criterios que impactan el medio ambiente, por el estado de la superficie de rodadura la cual puede generar niveles altos o bajos de polución, por lo cual se establecen los siguientes criterios para ser evaluados:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 2 considera como criterios:				
Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con baja circulación vehicular				
Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con baja circulación vehicular				
Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular				
Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular				

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?
 SI ___ NO ___

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1.
2.
3.

CATEGORÍA No. 3: Político y Social: Identifica los criterios para satisfacer las necesidades demandadas por la comunidad ante las reiterativas denuncias por el mal estado de las vías, así como también los compromisos que establezca el mandatario local en ejercicio de su actividad política, el beneficio de la población impactada con el proyecto, sumado a esto que se consideran que las vías cercanas a puntos de interés o de alta afluencia deber ser más relevantes para que permanezcan en buen estado. Los criterios son los siguientes:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 3 considera como criterios:				
Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).				
Atender compromisos adquiridos por el mandatario local.				
Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.				
Aumentar población beneficiada.				

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?
 SI ___ NO ___

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1.
2.
3.

CATEGORÍA No. 4: Economía y Transporte: Considera la jerarquía de la vía y el tipo de vehículos que la usan para determinar con mayor precisión la prioridad de intervención de la misma, que a su vez potencializan el desarrollo económico de un sector. Los criterios son los siguientes:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 4 considera como criterios:				
Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.				
Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.				
Mejorar condición de pavimento en vía colectora: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga				
Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.				
Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.				

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI ___ NO ___

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementaría la investigación:

1.
2.
3.

Con los criterios verificados, validados o ajustados, se llevarán a la matriz multicriterio que para este caso pretende ponderar cada criterio y establecer la alternativa más adecuada para atender la generalidad de los criterios establecidos, con el objetivo fundamental de gestionar una red vial urbana para que esta conserve unas buenas condiciones de servicialidad. A manera de ejemplo para ilustrar al encuestado, se presenta a continuación el modelo de la matriz multicriterio que para este caso corresponde a la priorización de tramos viales urbanos en pavimento asfáltico, con el propósito de que el encuestado visualice hacia donde está orientada la validación de la encuesta.

Sugerencias o aportes adicionales que permitan mejorar la investigación.

- 1.
- 2.
- 3.

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS

ENCUESTA DE VALIDACION DE CRITERIOS PARA ELABORACIÓN DE UNA MATRIZ MULTICRITERIO PARA ESTABLECER LOS CRITERIOS DE MAYOR IMPORTANCIA Y LA SELECCIÓN TIPOS DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS

Nombre del encuestado: John Byron Guevara Solarte

Profesión y postgrado: Ingeniero Civil - Magister en Vías

Empleo o rol actual: Profesional Infraestructura - Alcaldía Pasto

Años de experiencia en área de pavimentos: 23 Años

Objetivo del estudio: El objetivo de este estudio es medir la percepción de profesionales expertos en infraestructura vial y toma de decisiones, acerca de los criterios que más influyen en la toma de decisiones para realizar intervenciones en una red vial urbana. Con los resultados esperados se busca determinar los criterios de mayor relevancia para priorizar la intervención de vías urbanas, empleando la alternativa de mantenimiento más adecuada.

Pregunta de investigación: ¿Cuáles criterios impactan en la toma de decisiones para mejorar la gestión de pavimentos en una red vial urbana?

A continuación, se presenta la definición de cuatro categorías a evaluar y cada una de ellas contiene los criterios planteados, que pretende establecer cuáles de ellos son más representativos para realizar la priorización de la intervención de pavimentos a nivel urbano.

El propósito es que usted valore cada uno de los ítems marcando una X en la casilla que considere adecuada de acuerdo con los siguientes criterios:

Puntuación	Criterio de evaluación
1	No es pertinente, por lo que debe ser eliminado El criterio no es claro El criterio no tiene relación lógica con la categoría El criterio tiene una relación tangencial con la categoría El criterio puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la categoría
2	Debe ser replanteado El criterio requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de las mismas Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem El criterio tiene una relación moderada con la categoría que está midiendo El criterio es relativamente importante
3	Es pertinente El criterio es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada El criterio se encuentra completamente relacionado con la categoría que está midiendo El criterio es muy relevante y debe ser incluido

En caso que considere necesario, anote las observaciones tendientes a mejorar el ítem en la columna de Observaciones.

CATEGORÍA No. 1. DESEMPEÑO Y CONFORT: : Partiendo de la evaluación funcional y estructural de la vía, así como también la vida útil, confort y las condiciones de seguridad vial, se establecen los siguientes criterios para ser evaluados:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 1 considera como criterios:				
Prolongar vida útil pavimento		X		Relativo
Mejorar la calidad de la superficie de rodadura			X	
Mejorar condición estructural de la vía			X	
Aumentar seguridad vial			X	

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?
 SI NO

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementaría la investigación:

1. Determinar el tipo de pavimento ya sea rígido flexible, articulado acorde al uso y destinación de la vía.
2.
3.

CATEGORÍA No. 2: AMBIENTALES: En esta categoría se consideran criterios que impactan el medio ambiente, por el estado de la superficie de rodadura la cual puede generar niveles altos o bajos de polución, por lo cual se establecen los siguientes criterios para ser evaluados:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 2 considera como criterios:				
Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con baja circulación vehicular		X		Relativo
Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con baja circulación vehicular		X		Relativo
Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular			X	
Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular			X	

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI ___ NO

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1.
2.
3.

CATEGORÍA No. 3: Político y Social: Identifica los criterios para satisfacer las necesidades demandadas por la comunidad ante las reiterativas denuncias por el mal estado de las vías, así como también los compromisos que establezca el mandatario local en ejercicio de su actividad política, el beneficio de la población impactada con el proyecto, sumado a esto que se consideran que las vías cercanas a puntos de interés o de alta afluencia deber ser más relevantes para que permanezcan en buen estado. Los criterios son los siguientes:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 3 considera como criterios:				
Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).			X	
Atender compromisos adquiridos por el mandatario local.		X		Rebato
Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.			X	
Aumentar población beneficiada.			X	

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI ___ NO

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1.
2.
3.

CATEGORÍA No. 4: Economía y Transporte: Considera la jerarquía de la vía y el tipo de vehículos que la usan para determinar con mayor precisión la prioridad de intervención de la misma, que a su vez potencializan el desarrollo económico de un sector. Los criterios son los siguientes:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 4 considera como criterios:				
Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.			X	
Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.			X	
Mejorar condición de pavimento en vía colectora: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga			X	
Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.			X	
Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.			X	

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI ___ NO

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementaría la investigación:

1.
2.
3.

Con los criterios verificados, validados o ajustados, se llevarán a la matriz multicriterio que para este caso pretende ponderar cada criterio y establecer la alternativa más adecuada para atender la generalidad de los criterios establecidos, con el objetivo fundamental de gestionar una red vial urbana para que esta conserve unas buenas condiciones de servicialidad. A manera de ejemplo para ilustrar al encuestado, se presenta a continuación el modelo de la matriz multicriterio que para este caso corresponde a la priorización de tramos viales urbanos en pavimento asfáltico, con el propósito de que el encuestado visualice hacia donde está orientada la validación de la encuesta.

**MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.**

INSTRUCCIONES

1. Establecer ponderación de los criterios en una escala de 1 a 10, de acuerdo a la importancia que en general para usted represente.
2. Calificar en cada celda con un valor de 1 a 10 la solución del criterio con la alternativa propuesta

Nombre del encuestado: John Byron Guevara Solarte Profesión (y postgrado si aplica): Ing. Civil - Magister en vías
 Empleo o rol actual: Profesional Infraestructura - Alcaldía Pasto Tiene experiencia obras de pavimentos: 23 años

CATEGORÍA	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS					
			Reconstrucción	rehabilitación	Repavimentación	Mantenimiento parcheo	Mantenimiento sello de fisuras	No hacer nada
DESEMPEÑO Y CONFORT	Prolongar vida útil pavimento	7.5	10	7.5	10	5	5	1
	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	10	10	8	10	7	7	1
	Mejorar condición estructural de la vía	10	10	8	10	7	7	1
AMBIENTAL	Aumentar seguridad vial	10	10	10	10	8	7	1
	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con baja circulación vehicular	7.5	9	9	9	9	9	5
	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con baja circulación vehicular	7.5	9	9	9	9	9	5
	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	10	10	10	10	9	9	5
	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	10	10	10	10	9	9	5
POLITICO Y SOCIAL	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	10	10	10	10	8	8	1
	Atender compromisos adquiridos por el mandatario local.	7.5	10	10	10	8	8	1
	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	10	10	10	10	10	10	1
	Aumentar población beneficiada.	10	10	10	10	9	9	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	10	10	10	8	8	1
	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	10	10	10	8	8	1
	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	10	10	10	8	8	1
	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	10	10	10	10	8	8	1
	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	10	10	10	10	8	8	1

Sugerencias o aportes adicionales que permitan mejorar la investigación.

- 1.
- 2.
- 3.

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS

ENCUESTA DE VALIDACION DE CRITERIOS PARA ELABORACIÓN DE UNA MATRIZ MULTICRITERIO PARA ESTABLECER LOS CRITERIOS DE MAYOR IMPORTANCIA Y LA SELECCIÓN TIPOS DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS

Nombre del encuestado: CLAUDIO FONSECA IBARRA

Profesión y postgrado: ING. CONSTRUCTOR, MAGISTER EN CONSTRUCCIÓN

Empleo o rol actual: JEFE CONSERVACIÓN MAYOR (PAVIMENTOS-ESTRUCTURAS)

Años de experiencia en área de pavimentos: 20 AÑOS

Objetivo del estudio: El objetivo de este estudio es medir la percepción de profesionales expertos en infraestructura vial y toma de decisiones, acerca de los criterios que más influyen en la toma de decisiones para realizar intervenciones en una red vial urbana. Con los resultados esperados se busca determinar los criterios de mayor relevancia para priorizar la intervención de vías urbanas, empleando la alternativa de mantenimiento más adecuada.

Pregunta de investigación: ¿Cuáles criterios impactan en la toma de decisiones para mejorar la gestión de pavimentos en una red vial urbana?

A continuación, se presenta la definición de cuatro categorías a evaluar y cada una de ellas contiene los criterios planteados, que pretende establecer cuáles de ellos son más representativos para realizar la priorización de la intervención de pavimentos a nivel urbano.

El propósito es que usted valore cada uno de los ítems marcando una X en la casilla que considere adecuada de acuerdo con los siguientes criterios:

Puntuación	Criterio de evaluación
1	No es pertinente, por lo que debe ser eliminado El criterio no es claro El criterio no tiene relación lógica con la categoría El criterio tiene una relación tangencial con la categoría El criterio puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la categoría
2	Debe ser replanteado El criterio requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de las mismas Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem El criterio tiene una relación moderada con la categoría que está midiendo El criterio es relativamente importante
3	Es pertinente El criterio es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada El criterio se encuentra completamente relacionado con la categoría que está midiendo El criterio es muy relevante y debe ser incluido

En caso que considere necesario, anote las observaciones tendientes a mejorar el ítem en la columna de Observaciones.

CATEGORÍA No. 1. DESEMPEÑO Y CONFORT: : Partiendo de la evaluación funcional y estructural de la vía, así como también la vida útil, confort y las condiciones de seguridad vial, se establecen los siguientes criterios para ser evaluados:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 1 considera como criterios:				
Prolongar vida útil pavimento			X	
Mejorar la calidad de la superficie de rodadura			X	
Mejorar condición estructural de la vía		X		
Aumentar seguridad vial			X	

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?
 SI ___ NO X

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementaría la investigación:

1.
2.
3.

CATEGORÍA No. 2: AMBIENTALES: En esta categoría se consideran criterios que impactan el medio ambiente, por el estado de la superficie de rodadura la cual puede generar niveles altos o bajos de polución, por lo cual se establecen los siguientes criterios para ser evaluados:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 2 considera como criterios:				
Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con baja circulación vehicular		X		
Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con baja circulación vehicular		X		
Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular		X		
Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular			X	

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?
 SI ___ NO X

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1.
2.
3.

CATEGORÍA No. 3: Político y Social: Identifica los criterios para satisfacer las necesidades demandadas por la comunidad ante las reiterativas denuncias por el mal estado de las vías, así como también los compromisos que establezca el mandatario local en ejercicio de su actividad política, el beneficio de la población impactada con el proyecto, sumado a esto que se consideran que las vías cercanas a puntos de interés o de alta afluencia deber ser más relevantes para que permanezcan en buen estado. Los criterios son los siguientes:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 3 considera como criterios:				
Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).			X	
Atender compromisos adquiridos por el mandatario local.		X		
Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.			X	
Aumentar población beneficiada.		X		

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?
 SI ___ NO X

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1.
2.
3.

CATEGORÍA No. 4: Economía y Transporte: Considera la jerarquía de la vía y el tipo de vehículos que la usan para determinar con mayor precisión la prioridad de intervención de la misma, que a su vez potencializan el desarrollo económico de un sector. Los criterios son los siguientes:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 4 considera como criterios:				
Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.			X	
Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.			X	
Mejorar condición de pavimento en vía colectora: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga		X		
Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.		X		
Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.			X	

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI ___ NO X

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1.
2.
3.

Con los criterios verificados, validados o ajustados, se llevarán a la matriz multicriterio que para este caso pretende ponderar cada criterio y establecer la alternativa más adecuada para atender la generalidad de los criterios establecidos, con el objetivo fundamental de gestionar una red vial urbana para que esta conserve unas buenas condiciones de servicialidad. A manera de ejemplo para ilustrar al encuestado, se presenta a continuación el modelo de la matriz multicriterio que para este caso corresponde a la priorización de tramos viales urbanos en pavimento asfáltico, con el propósito de que el encuestado visualice hacia donde está orientada la validación de la encuesta.

MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.								
INSTRUCCIONES 1. Establecer ponderación de los criterios en una escala de 1 a 10, de acuerdo a la importancia que en general para usted represente. 2. Calificar en cada celda con un valor de 1 a 10 la solución del criterio con la alternativa propuesta								
Nombre del encuestado:			Profesión (y postgrado si aplica):					
Empleo o rol actual:			Tiene experiencia obras de pavimentos:					
CATEGORÍA	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS					
			Reconstrucción	rehabilitación	Repavimentación	Mantenimiento parqueo	Mantenimiento sello de fisuras	No hacer nada
DESEMPEÑO Y CONFORT	Prolongar vida útil pavimento							
	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura							
	Mejorar condición estructural de la vía							
	Aumentar seguridad vial							
AMBIENTAL	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con baja circulación vehicular							
	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con baja circulación vehicular							
	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular							
	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular							
POLITICO Y SOCIAL	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).							
	Atender compromisos adquiridos por el mandatario local.							
	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.							
	Aumentar población beneficiada.							
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.							
	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.							
	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga							
	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.							
	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.							

Sugerencias o aportes adicionales que permitan mejorar la investigación.

1. Los pavimentos urbanos tienen la característica que es muy compleja su intervención respecto a la operatividad, espacio y maniobra en lugares estrechos.
2. En las intervenciones de los pavimentos urbanos se manejan tiempos muy acotados, donde se deben lograr las calidades y resistencias adecuadas para poder dar al tránsito nuevamente lo más pronto.
3. Los pavimentos urbanos se deben intervenir con materiales de buena calidad y lo más durables para que la vida útil de ellos sea lo más extensa posible, con ello nos aseguramos de no tener que intervenir en el corto plazo el mismo sector. Y no provocar tantas molestias a los usuarios de la vía.
4. En el área urbana a veces es complejo diseñar pavimentos, por que las estructuras de pavimentos son heterogéneas, existen muchos servicios (agua, luz, etc) y variadas canalizaciones bajo la superficie. Es muy importante contar con un inventario adecuada y realista de cada uno de los sectores de la red vial.
5. Como son tan complejas las intervenciones mayores (rehabilitaciones o reconstrucciones) en el área urbana, se recomienda que se realice un adecuado mantenimiento para conservar lo existente, ya que las intervenciones de mantenimiento son menos invasivas e incluso más económicas. No se debe esperar a que se deteriore (baches o similares) para realizar intervenciones.
6. Los pavimentos urbanos la mayoría de las veces depende de estamentos públicos donde los procesos muchas veces son muy burocráticos, y pueden pasar desde meses hasta años desde que se pensó el que se debía ejecutar hasta la ejecución misma. Esto afecta directamente a la solución a abordar, ya que el tiempo juega en contra respecto al deterioro evolutivo que van teniendo los pavimentos.
7. Los deterioros existentes en los pavimentos urbanos suelen ser distintos a los que se encuentran en autopistas o rutas de alta velocidad. En los pavimentos urbanos los deterioros están más enfocados a deformaciones permanentes, ondulaciones, abrasión por giro de buses, reflexión de grietas de pavimentos existentes bajo la superficie, deterioro por derrame de combustibles, etc. Es por ello que se deben definir claramente estándares aceptables para los pavimentos urbanos, una política de conservación y auscultaciones periódicas mediante medición de indicadores que también se deben definir.

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS

ENCUESTA DE VALIDACION DE CRITERIOS PARA ELABORACIÓN DE UNA MATRIZ MULTICRITERIO PARA ESTABLECER LOS CRITERIOS DE MAYOR IMPORTANCIA Y LA SELECCIÓN TIPOS DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS

Nombre del encuestado: Mauricio Salgado Torres

Profesión y postgrado: Ingeniero Civil – Magister en Ciencias de la Ingeniería

Empleo o rol actual: CEO y Socio Director en Gesinfra Consultores

Años de experiencia en área de pavimentos: 25 años

Objetivo del estudio: El objetivo de este estudio es medir la percepción de profesionales expertos en infraestructura vial y toma de decisiones, acerca de los criterios que más influyen en la toma de decisiones para realizar intervenciones en una red vial urbana. Con los resultados esperados se busca determinar los criterios de mayor relevancia para priorizar la intervención de vías urbanas, empleando la alternativa de mantenimiento más adecuada.

Pregunta de investigación: ¿Cuáles criterios impactan en la toma de decisiones para mejorar la gestión de pavimentos en una red vial urbana?

A continuación, se presenta la definición de cuatro categorías a evaluar y cada una de ellas contiene los criterios planteados, que pretende establecer cuáles de ellos son más representativos para realizar la priorización de la intervención de pavimentos a nivel urbano.

El propósito es que usted valore cada uno de los ítems marcando una X en la casilla que considere adecuada de acuerdo con los siguientes criterios:

Puntuación	Criterio de evaluación
1	No es pertinente, por lo que debe ser eliminado El criterio no es claro El criterio no tiene relación lógica con la categoría El criterio tiene una relación tangencial con la categoría El criterio puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la categoría
2	Debe ser replanteado El criterio requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de las mismas Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem El criterio tiene una relación moderada con la categoría que está midiendo El criterio es relativamente importante
3	Es pertinente El criterio es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada El criterio se encuentra completamente relacionado con la categoría que está midiendo El criterio es muy relevante y debe ser incluido

En caso que considere necesario, anote las observaciones tendientes a mejorar el ítem en la columna de Observaciones.

CATEGORÍA No. 1. DESEMPEÑO Y CONFORT: : Partiendo de la evaluación funcional y estructural de la vía, así como también la vida útil, confort y las condiciones de seguridad vial, se establecen los siguientes criterios para ser evaluados:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 1 considera como criterios:				
Prolongar vida útil pavimento		X		Fusionar con el 3
Mejorar la calidad de la superficie de rodadura			X	
Mejorar condición estructural de la vía		X		Fusionar con el 1
Aumentar seguridad vial		X		

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI X NO

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1. El confort es un criterio valido también el contexto urbano, siempre y cuando se trate de la gestión de vías principales (por su categoría vial), donde la longitud en la cual se puede transitar en una condición continua y sin interrupciones sea significativa, por ejemplo vías troncales expresas y segregadas.
2.
3.

CATEGORÍA No. 2: AMBIENTALES: En esta categoría se consideran criterios que impactan el medio ambiente, por el estado de la superficie de rodadura la cual puede generar niveles altos o bajos de polución, por lo cual se establecen los siguientes criterios para ser evaluados:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 2 considera como criterios:				
Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con baja circulación vehicular	X			
Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con baja circulación vehicular	X			

Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular		X		
Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular			X	

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI X NO

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1. El ruido también es una causal de contaminación y podría ser considerado como un criterio sabiendo que su relación con la condición y textura de la superficie pudieran eventualmente incidir en vías en donde al circular a una velocidad determinada y constante (nota: lo anterior a nivel de sugerencia, pero no es para que se entienda como un criterio determinante)
2.
3.

CATEGORÍA No. 3: Político y Social: Identifica los criterios para satisfacer las necesidades demandadas por la comunidad ante las reiterativas denuncias por el mal estado de las vías, así como también los compromisos que establezca el mandatario local en ejercicio de su actividad política, el beneficio de la población impactada con el proyecto, sumado a esto que se consideran que las vías cercanas a puntos de interés o de alta afluencia deber ser más relevantes para que permanezcan en buen estado. Los criterios son los siguientes:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 3 considera como criterios:				
Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	X			Si bien podría considerarse eventualmente, su peso específico no debiera ser tan alto para no generar distorsiones.
Atender compromisos adquiridos por el mandatario local.	X			Podría considerarse siempre y cuando responda a una política pública más que un compromiso electoral.

Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.			X	
Aumentar población beneficiada.			X	

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI X NO ___

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1. .Eventualmente se podría incluir un criterio dirigido a valorar los aportes al mejoramiento de la calidad de vida de los beneficiados, quizás este punto deba ir integrado y/o asociado al uso del suelo donde estén localizadas las vías a gestionar.
2. Afectaciones debidas a los cierres por trabajos de mantenimiento
3.

CATEGORÍA No. 4: Economía y Transporte: Considera la jerarquía de la vía y el tipo de vehículos que la usan para determinar con mayor precisión la prioridad de intervención de la misma, que a su vez potencializan el desarrollo económico de un sector. Los criterios son los siguientes:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 4 considera como criterios:				
Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.		X		El comentario es el mismo para todas las opciones, en este sentido si bien todos los escenarios planteados por si mismos tienen una importancia relativa, inferir su peso específico debería darse por su definición y su compatibilidad con los objetivos y prioridades de la gestión por ello se sugiere
Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.		X		
Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga		X		
Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.		X		
Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.		X		

				considerar los criterios que se enumeran
--	--	--	--	--

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI X NO ___

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1. ...Categorización vial.....
2. ...Función de la vía en el sistema de transporte
3. ...Uso del suelo donde se encuentra localizada la vía.....

Con los criterios verificados, validados o ajustados, se llevarán a la matriz multicriterio que para este caso pretende ponderar cada criterio y establecer la alternativa más adecuada para atender la generalidad de los criterios establecidos, con el objetivo fundamental de gestionar una red vial urbana para que esta conserve unas buenas condiciones de servicialidad. A manera de ejemplo para ilustrar al encuestado, se presenta a continuación el modelo de la matriz multicriterio que para este caso corresponde a la priorización de tramos viales urbanos en pavimento asfáltico, con el propósito de que el encuestado visualice hacia donde está orientada la validación de la encuesta.

Categoría	Criterio	Ponderación	Alternativas					
			Reconstrucción	Rehabilitación	Repavimentación	Mantenimiento Parcheo	Mantenimiento Sello de Fisuras	No hacer nada
Desempeño y confort	Prolongar vida útil pavimento	5	8	7	6	1	1	1
	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	9	7	8	8	8	8	8
	Mejorar condición estructural de la vía	5	9	8	7	1	1	1
	Aumentar seguridad vial	6	4	4	4	4	4	2
Ambiental	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con baja circulación vehicular	2	2	2	2	4	4	4
	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con baja circulación vehicular	2	2	2	2	4	4	4
	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	6	8	8	8	4	4	6
	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	6	8	8	8	4	4	6
Político y social	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	3	3	3	3	5	5	3
	Atender compromisos adquiridos por el mandatario local.	4	4	4	4	6	6	4
	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	8	8	8	8	2	2	8
	Aumentar población beneficiada.	7	8	8	8	2	2	8
Economía y Transporte	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	7	7	7	7	7	7	7
	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	6	7	6	6	5	5	6
	Mejorar condición de pavimento en vía colectora: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	6	7	6	6	5	5	6
	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	6	7	6	6	5	5	6
	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	6	7	6	6	5	5	6

Sugerencias o aportes adicionales que permitan mejorar la investigación.

- 1. Explicar mejor el alcance de cada una de las alternativas dentro de un contexto urbano.....
- 2.
- 3.

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS

ENCUESTA DE VALIDACION DE CRITERIOS PARA ELABORACIÓN DE UNA MATRIZ MULTICRITERIO PARA ESTABLECER LOS CRITERIOS DE MAYOR IMPORTANCIA Y LA SELECCIÓN TIPOS DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS

Nombre del encuestado: _____PAULA MARCELA SIERRA GABER_____

Profesión y postgrado: _ING. CIVIL, MSC GEOTECNIA, ESP. EN VIAS Y PAVIMENTOS_____

Empleo o rol actual: __CONSULTOR INDEPENDIENTE_____

Años de experiencia en área de pavimentos:
_20_____

Objetivo del estudio: El objetivo de este estudio es medir la percepción de profesionales expertos en infraestructura vial y toma de decisiones, acerca de los criterios que más influyen en la toma de decisiones para realizar intervenciones en una red vial urbana. Con los resultados esperados se busca determinar los criterios de mayor relevancia para priorizar la intervención de vías urbanas, empleando la alternativa de mantenimiento más adecuada.

Pregunta de investigación: ¿Cuáles criterios impactan en la toma de decisiones para mejorar la gestión de pavimentos en una red vial urbana?

A continuación, se presenta la definición de cuatro categorías a evaluar y cada una de ellas contiene los criterios planteados, que pretende establecer cuáles de ellos son más representativos para realizar la priorización de la intervención de pavimentos a nivel urbano.

El propósito es que usted valore cada uno de los ítems marcando una X en la casilla que considere adecuada de acuerdo con los siguientes criterios:

Puntuación	Criterio de evaluación
1	No es pertinente, por lo que debe ser eliminado El criterio no es claro El criterio no tiene relación lógica con la categoría El criterio tiene una relación tangencial con la categoría El criterio puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la categoría
2	Debe ser replanteado El criterio requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de las mismas Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem El criterio tiene una relación moderada con la categoría que está midiendo El criterio es relativamente importante
3	Es pertinente

El criterio es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada
 El criterio se encuentra completamente relacionado con la categoría que está midiendo
 El criterio es muy relevante y debe ser incluido

En caso que considere necesario, anote las observaciones tendientes a mejorar el ítem en la columna de Observaciones.

CATEGORÍA No. 1. DESEMPEÑO Y CONFORT: : Partiendo de la evaluación funcional y estructural de la vía, así como también la vida útil, confort y las condiciones de seguridad vial, se establecen los siguientes criterios para ser evaluados:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 1 considera como criterios:				
Prolongar vida útil pavimento			X	
		x		Considero que es una pregunta muy ambigua, dado que una carpeta puede tener baja calidad pero en el momento de la inspección estar en buenas condiciones. Der hecho podría ser un aspecto que no inflencie la toma de decisiones en cuanto a priorización u optimización de las actividades a programar y/o planificar en la red vial.
Mejorar la calidad de la superficie de rodadura				
Mejorar condición estructural de la vía			X	
Aumentar seguridad vial			X	

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?
 SI __ X __ NO __

En el confort es muy importante la macroestructura (rugosidad) que se refleja en como la regularidad superficial del pavimento es percibida por el usuario de ésta.

En la seguridad vial deben tenerse en cuenta aspectos de inventario de señalización junto con su estado actual, resistencia al deslizamiento, índices de accidentalidad (esto impacta el diseño geométrico, la señalización y semaforización).

Es importante incluir aspectos como el drenaje, tipo de rodadura,

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

Sugiero incluir los comentarios anteriores para acotar el alcance de cada criterio.

1.
2.
3.

CATEGORÍA No. 2: AMBIENTALES y sociales: En esta categoría se consideran criterios que impactan el medio ambiente, por el estado de la superficie de rodadura la cual puede generar niveles altos o bajos de polución, por lo cual se establecen los siguientes criterios para ser evaluados:

Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 2 considera como criterios:	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con baja circulación vehicular			x	Me parece pertinente el criterio pero la incidencia de la circulación vehicular debe reflejarse en el coeficiente de calibración que se use en el modelo final.
Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con baja circulación vehicular			x	Me parece pertinente el criterio pero la incidencia de la circulación vehicular debe

				reflejarse en el coeficiente de calibración que se use en el modelo final.
Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular			x	Me parece pertinente el criterio pero la incidencia de la circulación vehicular debe reflejarse en el coeficiente de calibración que se use en el modelo final.
Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular			x	Me parece pertinente el criterio pero la incidencia de la circulación vehicular debe reflejarse en el coeficiente de calibración que se use en el modelo final.

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI X NO

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementaría la investigación:

Como se va a medir la polución (mediciones de gases?).

1.Ruido.....(metodología de medición).....
2.Posible impacto ambiental de intervenir el corredor o red, pues ello dependerá de la localización geográfica.....
3.Impacto social: Importancia de la vía, relevancia estratégica del corredor para el entorno socioeconómico, población beneficiada (directa o indirectamente) . Riesgo social (este factor es clave, pues si la comunidad no esta de acuerdo o existen riesgos de seguridad, cualquier proyecto puede paralizarse o impactar en su viabilidad, e impactar el costo de gestión social.
4. Calificación de la seguridad del entorno del proyecto....

5. Impacto de las posibles intervenciones sobre el corredor en materia ambiental.....

CATEGORÍA No. 3: Político y Social: Identifica los criterios para satisfacer las necesidades demandadas por la comunidad ante las reiterativas denuncias por el mal estado de las vías, así como también los compromisos que establezca el mandatario local en ejercicio de su actividad política, el beneficio de la población impactada con el proyecto, sumado a esto que se consideran que las vías cercanas a puntos de interés o de alta afluencia deber ser más relevantes para que permanezcan en buen estado. Los criterios son los siguientes:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 3 considera como criterios:				
Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).			X	
Atender compromisos adquiridos por el mandatario local.			X	
Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.			X	
Aumentar población beneficiada.			X	

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?
 SI_X_NO__

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementaría la investigación:

1. .Buscar como valorar el beneficio social (pues no solo depende de la cantidad de beneficiarios, sino de aspectos como cambios futuros en el uso del suelo, valoración de las propiedades en la zona de influencia del corredor ante una eventual intervención.....

2.Creo conveniente revisar la posibilidad de incluir como criterio, existencia o posibilidad de proyectos de mantenimiento, construcción o rehabilitación en la zona, pues a los ojos de una entidad gubernamental este podría ser un dato importante a la hora de priorizar algún corredor o red.....
3.

CATEGORÍA No. 4: Economía y Transporte: Considera la jerarquía de la vía y el tipo de vehículos que la usan para determinar con mayor precisión la prioridad de intervención de la misma, que a su vez potencializan el desarrollo económico de un sector. Los criterios son los siguientes:

Además de la jerarquía vial me parece importante incluir que tan estratégico es el corredor es decir si este no existiera que tanto impacta la región en materia de movilidad y desarrollo socioeconómico actual y futuro (teniendo en cuenta proyectos macro en potencia), localización geográfica.

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 4 considera como criterios:				
Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.			x	Me parece pertinente el criterio pero la incidencia de la circulación vehicular debe reflejarse en el coeficiente de
Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.			x	Me parece pertinente el criterio pero la incidencia de la circulación vehicular debe reflejarse en el coeficiente de
Mejorar condición de pavimento en vía colectora: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga			x	Me parece pertinente el criterio pero la incidencia de la circulación vehicular debe reflejarse en el coeficiente de
Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.			x	Me parece pertinente el criterio pero la incidencia de la circulación vehicular debe reflejarse en el coeficiente de
Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.			x	Me parece pertinente el criterio pero la incidencia de la circulación vehicular debe

				reflejarse en el coeficiente de
--	--	--	--	---------------------------------

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI__x_NO__

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1. Posición estratégica del corredor. Impacto socio económico macro y micro de intervenirlo.....
.....
2.Sentido de circulación.....
3.Que población se vería impactada durante las intervenciones y que tan importante sería este impacto.....

Me parece que sería pertinente añadir una nueva categoría referente a la relación costo/beneficio de intervenir cada corredor, junto con relación Valor presente neto/Inversión total y con ello añadir otro factor a la función multicriterio porque de lo contrario podría darse la condición de priorizar sin tener en cuenta la viabilidad o conveniencia financiera de intervenir el corredor o red.

Con los criterios verificados, validados o ajustados, se llevarán a la matriz multicriterio que para este caso pretende ponderar cada criterio y establecer la alternativa más adecuada para atender la generalidad de los criterios establecidos, con el objetivo fundamental de gestionar una red vial urbana para que esta conserve unas buenas condiciones de servicialidad. A manera de ejemplo para ilustrar al encuestado, se presenta a continuación el modelo de la matriz multicriterio que para este caso corresponde a la priorización de tramos viales urbanos en pavimento asfáltico, con el propósito de que el encuestado visualice hacia donde está orientada la validación de la encuesta.

Para mi la escala de valoración podría ser:

Desempeño y confort: 10
Ambiental: 8
Político y Social: 7
Economía y transporte: 8

Sugerencias o aportes adicionales que permitan mejorar la investigación.

1. ...Incluir dentro del inventario tipo de pavimento, estado del drenaje, señalización, tránsito.....
.....
2.Me parece importante investigar como sectorizar la red de acuerdo a los criterios levantados, y así mismo para el inventario de los deterioros y señalización y drenaje cuales serian los puntos de inicio y fin de cada segmento, y como ponderar esta info), y así mismo establecer una metodología de levantamiento de datos para la ponderación de los criterios la cual debe estar georreferenciada. La metodología de levantamiento de la info debe ser verificable, repetible. Determinar cuando estadísticamente un dato no es aceptable. Incluir un horizonte de análisis para el cual es aplicable cada levantamiento. Para que niveles de tráfico seria confiable?. En que casos no es aplicable la metodología?.....
.....
3. .Otro criterio que seria interesante incluir, puede ser si existen intervenciones en el corredor pues el sistema de gestión debe arrojar una retroalimentación sobre la eficacia de las intervenciones efectuadas en el corredor.....
4. Datos sobre el clima (pluviosidad de la zona, temperatura)
5.

Recuerda que el sistema de gestión debe apuntar a responder preguntas como: Cuanto invertir, cuando, donde, y como.

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS

ENCUESTA DE VALIDACION DE CRITERIOS PARA ELABORACIÓN DE UNA MATRIZ MULTICRITERIO PARA ESTABLECER LOS CRITERIOS DE MAYOR IMPORTANCIA Y LA SELECCIÓN TIPOS DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS

Nombre del encuestado: Rafael Menéndez Acurio

Profesión y postgrado: Ingeniero Civil, P.E., Ph.D.

Empleo o rol actual: Senior Geotechnical Engineer at Foresight Engineering & Planning en Dallas, Texas. Profesor de la Maestría de Transportes de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Años de experiencia en área de pavimentos: 25 años

Objetivo del estudio: El objetivo de este estudio es medir la percepción de profesionales expertos en infraestructura vial y toma de decisiones, acerca de los criterios que más influyen en la toma de decisiones para realizar intervenciones en una red vial urbana. Con los resultados esperados se busca determinar los criterios de mayor relevancia para priorizar la intervención de vías urbanas, empleando la alternativa de mantenimiento más adecuada.

Pregunta de investigación: ¿Cuáles criterios impactan en la toma de decisiones para mejorar la gestión de pavimentos en una red vial urbana?

A continuación, se presenta la definición de cuatro categorías a evaluar y cada una de ellas contiene los criterios planteados, que pretende establecer cuáles de ellos son más representativos para realizar la priorización de la intervención de pavimentos a nivel urbano.

El propósito es que usted valore cada uno de los ítems marcando una X en la casilla que considere adecuada de acuerdo con los siguientes criterios:

Puntuación	Criterio de evaluación
1	No es pertinente, por lo que debe ser eliminado El criterio no es claro El criterio no tiene relación lógica con la categoría El criterio tiene una relación tangencial con la categoría El criterio puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la categoría
2	Debe ser replanteado El criterio requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de las mismas Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem El criterio tiene una relación moderada con la categoría que está midiendo El criterio es relativamente importante
3	Es pertinente El criterio es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada

El criterio se encuentra completamente relacionado con la categoría que está midiendo
 El criterio es muy relevante y debe ser incluido

En caso que considere necesario, anote las observaciones tendientes a mejorar el ítem en la columna de Observaciones.

CATEGORÍA No. 1. DESEMPEÑO Y CONFORT: Partiendo de la evaluación funcional y estructural de la vía, así como también la vida útil, confort y las condiciones de seguridad vial, se establecen los siguientes criterios para ser evaluados:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una red vial urbana en la categoría 1 considera como criterios:				
Prolongar vida útil pavimento		X		“alcanzar los periodos de vida útil esperados”
Mejorar la calidad de la superficie de rodadura			x	“mantener la condición superficial de la vía en determinados niveles de servicio”
Mejorar condición estructural de la vía	X			“Mantener la condición estructural de la vía”
Aumentar seguridad vial			x	

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?
 SI_X_NO__

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1.Mantener el valor de los activos viales.....
2.
3.

CATEGORÍA No. 2: AMBIENTALES: En esta categoría se consideran criterios que impactan el medio ambiente, por el estado de la superficie de rodadura la cual puede generar niveles altos o bajos de polución, por lo cual se establecen los siguientes criterios para ser evaluados:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una red vial urbana en la categoría 2 considera como criterios:				
Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con baja circulación vehicular	X			
Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con baja circulación vehicular		X		
Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular			X	
Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular			X	

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?
 SI X NO

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementaría la investigación:

1.Reducir el ruido.....
2.Reducir congestión vehicular.....
3.

CATEGORÍA No. 3: Político y Social: Identifica los criterios para satisfacer las necesidades demandadas por la comunidad ante las reiterativas denuncias por el mal estado de las vías, así como también los compromisos que establezca el mandatario local en ejercicio de su actividad política, el beneficio de la población impactada con el proyecto, sumado a esto que se consideran que las vías cercanas a puntos de interés o de alta afluencia deber ser más relevantes para que permanezcan en buen estado. Los criterios son los siguientes:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una red vial urbana en la categoría 3 considera como criterios:				
Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).			X	Es un mecanismo de participación importante cuando la gestión ya se encuentra implementada
Atender compromisos adquiridos por el mandatario local.	X			
Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.			X	En caso de que prime los criterios técnicos de

			selección de soluciones
Aumentar población beneficiada.		X	

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI ___ NO ___

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1.
2.
3.

CATEGORÍA No. 4: Economía y Transporte: Considera la jerarquía de la vía y el tipo de vehículos que la usan para determinar con mayor precisión la prioridad de intervención de la misma, que a su vez potencializan el desarrollo económico de un sector. Los criterios son los siguientes:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una red vial urbana en la categoría 4 considera como criterios:				
Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.			X	
Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.			X	
Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga			X	
Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.			X	
Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.		X		

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI_X__NO___

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1. Puede establecerse también de área de influencia o población afectada adicional al tráfico
2.
3.

Con los criterios verificados, validados o ajustados, se llevarán a la matriz multicriterio que para este caso pretende ponderar cada criterio y establecer la alternativa más adecuada para atender la generalidad de los criterios establecidos, con el objetivo fundamental de gestionar una red vial urbana para que esta conserve unas buenas condiciones de servicialidad. A manera de ejemplo para ilustrar al encuestado, se presenta a continuación el modelo de la matriz multicriterio que para este caso corresponde a la priorización de tramos viales urbanos en pavimento asfáltico, con el propósito de que el encuestado visualice hacia donde está orientada la validación de la encuesta.

Sugerencias o aportes adicionales que permitan mejorar la investigación.

- 1.Es mejor ordenar los criterios en función de los objetivos institucionales
- 2.
- 3.

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS

ENCUESTA DE VALIDACION DE CRITERIOS PARA ELABORACIÓN DE UNA MATRIZ MULTICRITERIO PARA ESTABLECER LOS CRITERIOS DE MAYOR IMPORTANCIA Y LA SELECCIÓN TIPOS DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS

Nombre del encuestado: Silvia Pilar Forero Bonilla

Profesión y postgrado: Ing Civil Esp. Pavimentos, Esp. Gerencia de Proyectos, Ms Infraestructura vial y Abogada

Empleo o rol actual: Profesional Especializado Empresa Metro Bogotá y Docente en las Universidad Militar y la Universidad Santo Tomas

Años de experiencia en área de pavimentos: 24 años

Objetivo del estudio: El objetivo de este estudio es medir la percepción de profesionales expertos en infraestructura vial y toma de decisiones, acerca de los criterios que más influyen en la toma de decisiones para realizar intervenciones en una red vial urbana. Con los resultados esperados se busca determinar los criterios de mayor relevancia para priorizar la intervención de vías urbanas, empleando la alternativa de mantenimiento más adecuada.

Pregunta de investigación: ¿Cuáles criterios impactan en la toma de decisiones para mejorar la gestión de pavimentos en una red vial urbana?

A continuación, se presenta la definición de cuatro categorías a evaluar y cada una de ellas contiene los criterios planteados, que pretende establecer cuáles de ellos son más representativos para realizar la priorización de la intervención de pavimentos a nivel urbano.

El propósito es que usted valore cada uno de los ítems marcando una X en la casilla que considere adecuada de acuerdo con los siguientes criterios:

Puntuación	Criterio de evaluación
1	No es pertinente, por lo que debe ser eliminado El criterio no es claro El criterio no tiene relación lógica con la categoría El criterio tiene una relación tangencial con la categoría El criterio puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la categoría
2	Debe ser replanteado El criterio requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de las mismas Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem El criterio tiene una relación moderada con la categoría que está midiendo El criterio es relativamente importante
3	Es pertinente El criterio es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada

El criterio se encuentra completamente relacionado con la categoría que está midiendo
 El criterio es muy relevante y debe ser incluido

En caso que considere necesario, anote las observaciones tendientes a mejorar el ítem en la columna de Observaciones.

CATEGORÍA No. 1. DESEMPEÑO Y CONFORT: : Partiendo de la evaluación funcional y estructural de la vía, así como también la vida útil, confort y las condiciones de seguridad vial, se establecen los siguientes criterios para ser evaluados:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 1 considera como criterios:				
Prolongar vida útil pavimento			X	
Mejorar la calidad de la superficie de rodadura				
Mejorar condición estructural de la vía				
Aumentar seguridad vial				

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?
 SI ___ NO ___

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementaría la investigación:

1.
2.
3.

CATEGORÍA No. 2: AMBIENTALES: En esta categoría se consideran criterios que impactan el medio ambiente, por el estado de la superficie de rodadura la cual puede generar niveles altos o bajos de polución, por lo cual se establecen los siguientes criterios para ser evaluados:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 2 considera como criterios:				
Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con baja circulación vehicular				
Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con baja circulación vehicular				
Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular				

Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular		x		
--	--	---	--	--

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI ___ NO ___

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementaría la investigación:

- 1.
- 2.
3.

CATEGORÍA No. 3: Político Administrativas y Social: Identifica los criterios para satisfacer las necesidades demandadas por la comunidad ante las reiterativas denuncias por el mal estado de las vías, así como también los compromisos que establezca el mandatario local en ejercicio de su actividad política, el beneficio de la población impactada con el proyecto, sumado a esto que se consideran que las vías cercanas a puntos de interés o de alta afluencia deber ser más relevantes para que permanezcan en buen estado. Los criterios son los siguientes:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 3 considera como criterios:				
Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).				
Atender compromisos adquiridos por el mandatario local.				
Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.				
Aumentar población beneficiada.			x	

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI ___ NO ___

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementaría la investigación:

- 1.
- 2.
- 3.

CATEGORÍA No. 4: Economía y Transporte: Considera la jerarquía de la vía y el tipo de vehículos que la usan para determinar con mayor precisión la prioridad de intervención de

la misma, que a su vez potencializan el desarrollo económico de un sector. Los criterios son los siguientes:

	Puntuación			Observaciones
	1	2	3	
Para mejorar la gestión de pavimentos en una vial urbana en la categoría 4 considera como criterios:				
Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.				
Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.				
Mejorar condición de pavimento en vía colectora: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga			x	
Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.				
Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.				

¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales?

SI ___ NO ___

Si su respuesta es positiva, por favor enunciar los criterios que usted considera complementarían la investigación:

1.
2.
3.

Con los criterios verificados, validados o ajustados, se llevarán a la matriz multicriterio que para este caso pretende ponderar cada criterio y establecer la alternativa más adecuada para atender la generalidad de los criterios establecidos, con el objetivo fundamental de gestionar una red vial urbana para que esta conserve unas buenas condiciones de servicialidad. A manera de ejemplo para ilustrar al encuestado, se presenta a continuación el modelo de la matriz multicriterio que para este caso corresponde a la priorización de tramos viales urbanos en pavimento asfáltico, con el propósito de que el encuestado visualice hacia donde está orientada la validación de la encuesta.

Sugerencias o aportes adicionales que permitan mejorar la investigación.

- 1.
- 2.
- 3.

**ENCUESTA DE VALIDACION DE CRITERIOS
ENCUESTADOS**

No.	NOMBRE	PROFESION Y POSTGRADO	EMPLEO O ROL ACTUAL	AÑOS DE EXPERIENCIA AREA PAVIMENTOS
EXPERTO 1 (E1)	John Byron Guevara Solarte	Ingeniero Civil - Magister en vías	Profesional Infraestructura - Alcaldía de Pasto	23
EXPERTO 2 (E2)	Claudio Fonseca Ibarra	Ingeniero Constructor - Magister en construcción	Jefe Conservación Mayor (Pavimentos - Estructuras)	20
EXPERTO 3 (E3)	Mauricio Salgado Torres	Ingeniero Civil - Magister en ciencias de la ingeniería	CEO y socio Director en Gesinfra Consultores	25
EXPERTO 4 (E4)	Paula Marcela Sierra Gaber	Ingeniera Civil - Magister en Geotecnia - Esp. En vías y Pavimentos	Consultor Independiente	20
EXPERTO 5 (E5)	Rafael Menéndez Acurio	Ingeniero Civil, P.E., Ph.D.	Senior Geotechnical Engineer at Foresight Engineering & Planning en Dallas, Texas. Profesor de la Maestría de Transportes de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.	25

TABULACION DE RESULTADOS
ENCUESTA DE VALIDACION DE CRITERIOS

CATEGORÍA	No. CRITERIO	CRITERIO	PUNTUACIÓN					SUMATORIA	Observaciones de los expertos	¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales? Respuestas de los expertos:
			EXPERTO 1 (E1)	EXPERTO 2 (E2)	EXPERTO 3 (E3)	EXPERTO 4 (E4)	EXPERTO 5 (E5)			
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Prolongar vida útil pavimento	2	3	2	3	2	12	E1. Relativo E3. Fusionar con el 3 E5. Alcanzar los periodos de vida útil esperados	E1.1 Determinar el tipo de pavimento ya sea rígido, flexible, articulado acorde al uso y destinación de la vía. E3.1. El confort es un criterio valido también el contexto urbano, siempre y cuando se trate de la gestión de vías principales (por su categoría vial), donde la longitud en la cual se puede transitar en una condición continua y sin interrupciones sea significativa, por ejemplo vías troncales expresas y segregadas. E4.1 En el confort es muy importante la macroestructura (rugosidad) que se refleja en como la regularidad superficial del pavimento es percibida por el usuario de ésta. E4.2 En la seguridad vial deben tenerse en cuenta aspectos de inventario de señalización junto con su estado actual, resistencia al deslizamiento, índices de accidentalidad (esto impacta el diseño geométrico, la señalización y semaforización). E4.3 Es importante incluir aspectos como el drenaje, tipo de rodadura. E5.1. Mantener el valor de los activos viales
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	3	3	3	2	3	14	E4. Considero que es una pregunta muy ambigua, dado que una carpeta puede tener baja calidad pero en el momento de la inspección estar en buenas condiciones. Der hecho podría ser un aspecto que no inflencie la toma de decisiones en cuanto a priorización u optimización de las actividades a programar y/o planificar en la red vial. E5. mantener la condición superficial de la vía en determinados niveles de servicio	
	3	Mejorar condición estructural de la vía	3	2	2	3	1	11	E3. Fusionar con el 1 E5. Mantener la condición estructural de la vía	
	4	Aumentar seguridad vial	3	3	2	3	3	14		
AMBIENTAL	5	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con baja circulación vehicular	2	2	1	3	1	9	E1. Relativo E4. Me parece pertinente el criterio pero la incidencia de la circulación vehicular debe reflejarse en el coeficiente de calibración que se use en el modelo final.	E3.1. El ruido también es una causal de contaminación y podría ser considerado como un criterio sabiendo que su relación con la condición y textura de la superficie pudieran eventualmente incidir en vías en donde al circular a una velocidad determinada y constante (nota: lo anterior a nivel de sugerencia, pero no es para que se entienda como un criterio determinante) E4. Como se va a medir la polución (mediciones de gases?). E4.1. Ruido (metodología de medición) E4.2. Posible impacto ambiental de intervenir el corredor o red, pues ello dependerá de la localización geográfica E4.3. Impacto social: Importancia de la vía, relevancia estratégica del corredor para el entorno socioeconómico, población beneficiada (directa o indirectamente) . Riesgo social (este factor es clave, pues si la comunidad no esta de acuerdo o existen riesgos de seguridad, cualquier proyecto puede paralizarse o impactar en su viabilidad, e impactar el costo de gestión social. E4.4. Calificación de la seguridad del entorno del proyecto E4.5. Impacto de las posibles intervenciones sobre el corredor en materia ambiental E5.1. Reducir el ruido E5.2. Reducir congestión vehicular
	6	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con baja circulación vehicular	2	2	1	3	2	10	E1. Relativo E4. Me parece pertinente el criterio pero la incidencia de la circulación vehicular debe reflejarse en el coeficiente de calibración que se use en el modelo final.	
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	3	2	2	3	3	13	E4. Considero que es una pregunta muy ambigua, dado que una carpeta puede tener baja calidad pero en el momento de la inspección estar en buenas condiciones. Der hecho podría ser un aspecto que no inflencie la toma de decisiones en cuanto a priorización	

CATEGORÍA	No. CRITERIO	CRITERIO	PUNTUACIÓN						Observaciones de los expertos	¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales? Respuestas de los expertos:	
			EXPERTO 1 (E1)	EXPERTO 2 (E2)	EXPERTO 3 (E3)	EXPERTO 4 (E4)	EXPERTO 5 (E5)	SUMATORIA			
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	3	3	3	3	3	3	15	E4. Considero que es una pregunta muy ambigua, dado que una carpeta puede tener baja calidad pero en el momento de la inspección estar en buenas condiciones. Der hecho podría ser un aspecto que no inflencie la toma de decisiones en cuanto a priorización	
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	3	3	1	3	3	3	13	E3. Si bien podría considerarse eventualmente, su peso específico no debiera ser tan alto para no generar distorsiones. E5. Es un mecanismo de participación importante cuando la gestión ya se encuentra implementada	E3.1. Eventualmente se podría incluir un criterio dirigido a valorar los aportes al mejoramiento de la calidad de vida de los beneficiados, quizás este punto deba ir integrado y/o asociado al uso del suelo donde estén localizadas las vías a gestionar. E3.2. Afectaciones debidas a los cierres por trabajos de mantenimiento E4.1. Buscar como valorar el beneficio social (pues no solo depende de la cantidad de beneficiarios, sino de aspectos como cambios futuros en el uso del suelo, valoración de las propiedades en la zona de influencia del corredor ante una eventual intervención E4.2. Creo conveniente revisar la posibilidad de incluir como criterio, existencia o posibilidad de proyectos de mantenimiento, construcción o rehabilitación en la zona, pues a los ojos de una entidad gubernamental este podría ser un dato importante a la hora de priorizar algun corredor o red
	10	Atender compromisos adquiridos por el mandatario local.	2	2	1	3	1	1	9	E1. Relativo E3. Podría considerarse siempre y cuando responda a una política publica más que un compromiso electoral.	
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	3	3	3	3	3	3	15	E5. En caso de que prime los criterios técnicos de selección de soluciones	
	12	Aumentar población beneficiada.	3	2	3	3	2	2	13		
	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	3	3	2	3	3	3	14	E3. El comentario es el mismo para todas las opciones, en este sentido si bien todos los escenarios planteados por si mismos tienen una importancia relativa, inferir su peso específico debería darse por su definición y su compatibilidad con los objetivos y prioridades de la gestión por ello se sugiere E4. Me parece pertinente el criterio pero la incidencia de la circulación vehicular debe reflejarse en el coeficiente de	E3.1. Categorización vial E3.2. Función de la vía en el sistema de transporte E3.3. Uso del suelo donde se encuentra localizada la vía E4.1. Posición estratégica del corredor. Impacto socio económico macro y micro de intervenirlo E4.2. Sentido de circulación E4.3. Que población se vería impactada durante las intervenciones y que tan importante seria este impacto E4.4 Me parece que seria pertinente añadir una nueva categoría referente a la relación costo/beneficio de intervenir cada corredor, junto con relación Valor presente neto/Inversión total y con ello añadir otro factor a la función multicriterio porque de lo contrario podría darse la condición de priorizar sin tener en cuenta la

CATEGORÍA	No. CRITERIO	CRITERIO	PUNTUACIÓN						Observaciones de los expertos	¿Considera usted que en esta categoría se podrían agregar criterios adicionales? Respuestas de los expertos:
			EXPERTO 1 (E1)	EXPERTO 2 (E2)	EXPERTO 3 (E3)	EXPERTO 4 (E4)	EXPERTO 5 (E5)	SUMATORIA		
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	3	3	2	3	3	14	E3. El comentario es el mismo para todas las opciones, en este sentido si bien todos los escenarios planteados por si mismos tienen una importancia relativa, inferir su peso especifico debería darse por su definición y su compatibilidad con los objetivos y prioridades de la gestión por ello se sugiere	viabilidad o conveniencia financiera de intervenir el corredor o red. E5.1. Puede establecerse también de área de influencia o población afectada adiciona al tráfico
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectora: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	3	2	2	3	3	13	E3. El comentario es el mismo para todas las opciones, en este sentido si bien todos los escenarios planteados por si mismos tienen una importancia relativa, inferir su peso especifico debería darse por su definición y su compatibilidad con los objetivos y prioridades de la gestión por ello se sugiere	
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	3	2	2	3	3	13	E3. El comentario es el mismo para todas las opciones, en este sentido si bien todos los escenarios planteados por si mismos tienen una importancia relativa, inferir su peso especifico debería darse por su definición y su compatibilidad con los objetivos y prioridades de la gestión por ello se sugiere	
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	3	3	2	3	2	13		
		Sumatoria por experto	47	43	34	50	41			

Medellín, 14 de junio de 2022

Ingenieros(as)

EXPERTOS EN INFRAESTRUCTURA VIAL Y TOMA DE DECISIONES

Asunto: Colaboración para diligenciamiento de encuesta para elaboración de matriz multicriterio. Gestión de Pavimentos Urbanos.

Respetados(as) ingenieros(as).

Cordial saludo.

En su condición de experto(a) en el área temática de infraestructura vial y en toma de decisiones, le solicito muy amablemente su colaboración para la validación de un instrumento que pretende medir la percepción de profesionales en ingeniería civil expertos en el área de infraestructura vial para desarrollar una **MATRIZ MULTICRITERIO PARA ESTABLECER LOS CRITERIOS DE MAYOR IMPORTANCIA Y LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN REDES VIALES URBANAS**, la cual hace parte del trabajo de grado denominado **DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS**, que se viene desarrollando en la **Universidad de Medellín**.

Este estudio tiene como pregunta de indagación la siguiente: ¿Cuáles criterios son de mayor importancia la toma de decisiones para mejorar la gestión de pavimentos asfálticos en una red vial urbana y cuales se consideran como las mejores alternativas de intervención?

Para recolectar los datos relativos a dichos factores, se realizó una extensa revisión de la literatura y se eligieron unas definiciones teóricas para las cuatro categorías que se pretenden abordar, y para cada categoría se redactaron unos criterios que fueron validados por expertos en infraestructura vial en una primera etapa del estudio. Se empleará como técnica la encuesta por muestreo bajo la modalidad de cuestionario autoadministrado.

Adjunto el documento en hoja de cálculo que contiene la matriz multicriterio a desarrollar, los criterios de cada categoría y las alternativas que se definieron para resolver los criterios previamente validados por expertos en una primera etapa del trabajo.

Por cada criterio definido se le establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 que considera al criterio de menor importancia, y puede variar hasta el valor de 10 que considera al criterio establecido como de gran importancia.

El paso siguiente es asignar un puntaje a cada alternativa propuesta que busca atender cada uno de los criterios definidos, se establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 la alternativa menos favorable para atender el criterio, y puede variar hasta el valor de 10 que considera a la alternativa evaluada como la solución de fondo al criterio evaluado.

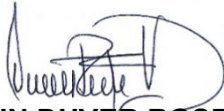
Con los datos obtenidos de los expertos, se elaborará una Matriz de pagos (Matriz de doble entrada - criterios vs alternativas) y de determinará mediante el promedio de las alternativas el orden de importancia que se establecerá para la intervención de la red vial urbana, así mismo se obtendrá la matriz de pesos de criterios para determinar el o los criterios de mayor relevancia al momento de programar las intervenciones en la red vial urbana.

Por favor diligenciar el archivo en formato de excel y devolverlo en respuesta a este correo en el mismo formato para facilitar el procesamiento de la información.

Se espera contar con su valiosa participación y se agradece, de antemano, su tiempo y disposición para ello, así como su respuesta de ser posible **antes del 24 de junio del año que calenda.**

Quedo atento a cualquier duda o inquietud al respecto.

Atentamente,



DARWIN DUVER ROSERO VEGA

Estudiante Maestría en Ingeniería Civil.

Universidad de Medellín.

Email: darwinroserovega@hotmail.com

Celular: 3176669704

**MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.**

Nombre del encuestado: Constantino Cuan Pertúz

Profesión y postgrado:

Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte

Empleo o rol actual: Ingeniero Secretaría de Movilidad Itagüí

Años de experiencia en área de pavimentos:

25 años

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
				1.Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo microaglomerado	5. Mantenimiento con obras de parcheo	6. Mantenimiento con sello de fisuras	7. No hacer nada
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	9	5	8	6	7	10	10	1
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	8	7	10	9	7	4	4	1
	3	Mantener la condición estructural de la vía	10	10	8	5	9	4	4	1
	4	Aumentar seguridad vial	6	6	5	5	5	10	5	1
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	5	5	10	9	5	8	5	1
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	10	6	10	8	7	4	4	1
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	6	3	4	5	7	10	8	1
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	8	10	8	7	10	2	2	1
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	7	4	8	8	4	8	8	1
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	10	10	7	8	9	7	7	1
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	8	7	8	8	5	5	4	1
	12	Aumentar población beneficiada.	6	8	8	7	4	3	3	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	10	8	7	6	4	4	1
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	9	9	10	8	5	7	7	1
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	8	9	10	7	5	8	7	1
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	6	8	10	9	5	8	7	1
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	7	7	9	10	5	8	8	1

INSTRUCCIONES

1. Establecer ponderación de los subcriterios en una escala de 1 a 10, de acuerdo a la importancia que en general para usted represente.
2. Calificar en cada celda con un valor de 1 a 10 la solución del subcriterio con la alternativa propuesta

**MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.**

Nombre del encuestado: Mauricio Salgado Torres

Profesión (y postgrado si aplica): Ingeniero Civil – Magister en Ciencias de la Ingeniería

Empleo o rol actual: CEO y Socio Director en Gesinfra Consultores

Años de experiencia en área de pavimentos: 25 años

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
				1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo	5. Mantenimiento con obras de	6. Mantenimiento con sello de	7. No hacer nada
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	5	10	9	6	1	3	2	1
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	10	8	10	8	6	3	2	1
	3	Mantener la condición estructural de la vía	5	10	8	7	2	1	1	1
	4	Aumentar seguridad vial	6	5	8	7	6	4	2	1
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	8	3	4	6	4	3	2	8
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	3	4	4	5	6	7	8	7
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	5	6	7	8	8	7	6	3
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	5	8	9	8	6	5	4	2
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	3	4	5	7	7	7	3	1
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	8	8	8	8	6	4	2	1
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	8	4	4	4	5	5	4	1
	12	Aumentar población beneficiada.	8	4	8	6	5	4	3	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	7	8	9	9	7	5	3	1
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	5	8	8	8	6	5	3	1
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	5	7	6	6	5	4	2	1
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	5	7	6	6	5	4	2	1
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	5	5	6	6	5	4	2	1

INSTRUCCIONES

1. Establecer ponderación de los subcriterios en una escala de 1 a 10, de acuerdo a la importancia que en general para usted represente.
2. Calificar en cada celda con un valor de 1 a 10 la solución del subcriterio con la alternativa propuesta

**MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.**

Nombre del encuestado: Rafael Menendez

Profesión y postgrado: Ingeniero Civil doctorado en pavimentos y gestión vial

Empleo o rol actual: Ingeniero Geotecnista Senior

Años de experiencia en área de pavimentos: 25 años

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
				1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo	5. Mantenimiento con obras de	6. Mantenimiento con sello de	7. No hacer nada
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	10	6	8	10	6	6	4	1
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	6	4	6	10	8	4	4	1
	3	Mantener la condición estructural de la vía	8	1	1	1	10	10	10	1
	4	Aumentar seguridad vial	9	2	1	2	8	8	6	1
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	6	1	1	10	8	4	3	1
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	5	1	4	6	8	10	10	1
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	7	1	1	2	6	10	10	1
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	10	6	8	6	10	8	8	1
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	6	1	4	6	8	10	10	1
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	8	3	5	8	6	4	4	1
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	9	3	6	8	8	6	6	1
	12	Aumentar población beneficiada.	8	1	1	1	10	8	8	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	6	10	8	6	8	8	1
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	8	4	8	10	6	9	9	1
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	6	4	6	10	8	9	9	1
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	4	2	6	8	10	9	9	1
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	6	5	10	8	6	6	1	1

**MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.**

Nombre del encuestado: JUAN DAVID HERNANDEZ HERNANDEZ

Profesión y postgrado: ING. CIVIL ESPECIALISTA EN VIAS Y TRANSPORTE

Empleo o rol actual: INGENIERO DE APOYO EN INVIAS

Años de experiencia en área de pavimentos: 12 AÑOS

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
				1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo microaglomerado	5. Mantenimiento con obras de parcheo	6. Mantenimiento con sello de fisuras	7. No hacer nada
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	10	7	8	9	6	5	4	1
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	7	9	7	8	6	4	5	1
	3	Mantener la condición estructural de la vía	8	8	6	7	4	3	9	1
	4	Aumentar seguridad vial	9	5	4	6	8	7	3	1
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	5	9	8	6	7	5	4	1
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	9	8	6	9	5	4	3	1
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	6	5	7	8	5	4	3	1
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	8	9	4	6	8	7	3	1
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	8	9	7	8	6	4	5	1
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	7	8	6	7	4	3	9	1
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	6	5	4	6	8	7	3	1
	12	Aumentar población beneficiada.	5	7	8	9	6	5	4	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	9	7	9	5	6	4	3	1
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	8	6	7	8	5	4	3	1
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	7	7	8	9	6	5	4	1
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	6	6	7	8	5	3	2	1
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	5	7	9	8	6	5	4	1

INSTRUCCIONES

1. Establecer ponderación de los subcriterios en una escala de 1 a 10, de acuerdo a la importancia que en general para usted represente.
2. Calificar en cada celda con un valor de 1 a 10 la solución del subcriterio con la alternativa propuesta

MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.

INSTRUCCIONES

1. Por cada criterio definido se le establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 que considera al criterio de menor importancia, y puede variar hasta el valor de 10 que considera al criterio establecido como de gran importancia.
2. asignar un puntaje a cada alternativa propuesta que busca atender cada uno de los criterios definidos, se establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 la alternativa menos favorable para atender el criterio, y puede variar hasta el valor de 10 que considera a la alternativa evaluada como la solución de fondo al criterio evaluado.

Nombre del encuestad LUIS FERNANDO MORENO ARTEAGA

Profesión y postgrado:

INGENIERO CIVIL

Empleo o rol actual: PROFESIONAL ESPECIALIZADO

Años de experiencia en área de pavimen

28

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
				1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo microaglomerado	5. Mantenimiento con obras de parcheo	6. Mantenimiento con sello de fisuras	7. No hacer nada
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	9	5	6	7	8	9	10	1
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	8	2	3	8	10	6	7	1
	3	Mantener la condición estructural de la vía	7	9	10	7	8	6	2	1
	4	Aumentar seguridad vial	10	2	3	8	9	10	7	1
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	7	8	6	10	7	9	2	1
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	8	6	10	5	4	3	2	1
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	9	1	1	1	1	1	1	1
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	10	8	8	10	10	10	10	1
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	10	1	1	1	1	1	1	1
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	9	8	8	8	8	10	10	1
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	8	6	6	10	10	10	10	1
	12	Aumentar población beneficiada.	7	6	6	10	6	10	10	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	6	10	10	10	1	1	1
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	9	6	6	10	10	10	10	1
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	8	2	2	2	2	10	10	1
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	7	2	2	2	2	10	10	1
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	6	2	2	2	2	10	10	1

MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.

El modelo de gestión de pavimentos urbanos a desarrollar aplicando la matriz multicriterio, parte de la premisa de optimizar la inversión de recursos (que por lo general son limitados) para mejorar y/o mantener la servicialidad de toda la red vial urbana, aplicando estrategias de intervención (alternativas) para lograr el objetivo de mantener la condición de vías que se encuentran en excelente o buen estado y mejorar la condición de las vías que se encuentren en regular o mal estado.

INSTRUCCIONES

1. Dentro de los criterios definidos se le establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 que considera al criterio de menor importancia, y puede variar hasta el valor de 10 que considera al criterio establecido como de gran importancia. **Nota: No se pueden repetir los valores calificación de criterios en cada categoría, lo anterior para determinar cual es el criterio de mayor relevancia por cada categoría.**

2. asignar un puntaje a cada alternativa propuesta que busca atender cada uno de los criterios definidos, se establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 la alternativa menos favorable para atender el criterio, y puede variar hasta el valor de 10 que considera a la alternativa evaluada como la solución de fondo al criterio evaluado.

Nombre del encuestado: JOHN BYRON GUEVARA SOLARTE

Profesión y postgrado: INGENIERO CIVIL - MAGISTER EN INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES

Empleo o rol actual: PROFESIONAL UNIVIERSIARIO - SECRETARÍA INFRAESTRUCTURA PASTO

Años de experiencia en área de pavimentos: VEINTITRES (23) AÑOS

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
				1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo microaglomerado	5. Mantenimiento con obras de parcheo	6. Mantenimiento con sello de fisuras	7. No hacer nada
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	7	10	8	10	7	5	5	1
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	9	10	8	10	10	7	7	1
	3	Mantener la condición estructural de la vía	8	10	8	10	7	7	7	1
	4	Aumentar seguridad vial	10	10	10	10	9	8	7	1
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	7	9	9	9	9	9	9	5
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	8	9	9	9	7	9	9	5
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	9	10	10	10	8	9	9	5
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	10	10	10	10	7	9	9	5
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	8	10	10	10	9	8	8	1
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	7	10	10	10	10	8	8	1
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	10	10	10	10	9	10	10	1
	12	Aumentar población beneficiada.	9	10	10	10	9	9	9	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	10	10	10	9	8	8	1
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	9	10	10	10	9	8	8	1
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	8	10	10	10	9	8	8	1
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	7	10	10	10	9	8	8	1
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	6	10	10	10	9	8	8	1

MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.

El modelo de gestión de pavimentos urbanos a desarrollar aplicando la matriz multicriterio, parte de la premisa de optimizar la inversión de recursos (que por lo general son limitados) para mejorar y/o mantener la servicialidad de toda la red vial urbana, aplicando estrategias de intervención (alternativas) para lograr el objetivo de mantener la condición de vías que se encuentran en excelente o buen estado y mejorar la condición de las vías que se encuentren en regular o mal estado.

INSTRUCCIONES

1. Dentro de los criterios definidos se le establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 que considera al criterio de menor importancia, y puede variar hasta el valor de 10 que considera al criterio establecido como de gran importancia. **Nota: No se pueden repetir los valores calificación de criterios en cada categoría, lo anterior para determinar cual es el criterio de mayor relevancia por cada categoría.**

2. asignar un puntaje a cada alternativa propuesta que busca atender cada uno de los criterios definidos, se establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 la alternativa menos favorable para atender el criterio, y puede variar hasta el valor de 10 que considera a la alternativa evaluada como la solución de fondo al criterio evaluado.

Nombre del encuestado: OSCAR AJVIER REYES ORTIZ

Profesión y postgrado:ING. CIVIL / DOCTOR EN INFRAESTRUCTURAS DEL TRASPORTE Y ORDENACION TERRITORIO

Empleo o rol actual: PROFESOR TITULAR / LIDER GRUPO INVESTIGACION GEOTECNIA

Años de experiencia en área de pavimentos: 23 AÑOS

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
				1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo microaglomerad	5. Mantenimiento con obras de parcheo	6. Mantenimiento con sello de fisuras	7. No hacer nada
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	7	2	3	4	8	9	10	1
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	9	2	3	4	9	8	10	1
	3	Mantener la condición estructural de la vía	6	7	8	9	10	2	1	1
	4	Aumentar seguridad vial	8	2	3	5	9	8	7	1
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	7	3	4	5	7	9	5	1
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	9	3	4	5	8	9	2	1
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	8	3	4	5	7	8	2	1
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	5	2	3	5	7	8	2	1
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	7	9	8	7	4	3	2	1
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	8	6	7	8	9	5	4	1
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	9	5	6	7	8	5	4	1
	12	Aumentar población beneficiada.	6	2	3	4	7	6	5	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	9	3	5	6	7	9	8	1
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	2	3	5	8	9	4	1
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	7	3	4	5	7	8	2	1
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	4	5	6	8	7	3	2	1
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	5	6	8	7	4	3	2	1

MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.

El modelo de gestión de pavimentos urbanos a desarrollar aplicando la matriz multicriterio, parte de la premisa de optimizar la inversión de recursos (que por lo general son limitados) para mejorar y/o mantener la servicialidad de toda la red vial urbana, aplicando estrategias de intervención (alternativas) para lograr el objetivo de mantener la condición de vías que se encuentran en excelente o buen estado y mejorar la condición de las vías que se encuentren en regular o mal estado.

INSTRUCCIONES

1. Dentro de los criterios definidos se le establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 que considera al criterio de menor importancia, y puede variar hasta el valor de 10 que considera al criterio establecido como de gran importancia. **Nota: No se pueden repetir los valores calificación de criterios en cada categoría, lo anterior para determinar cual es el criterio de mayor relevancia por cada categoría.**

2. asignar un puntaje a cada alternativa propuesta que busca atender cada uno de los criterios definidos, se establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 la alternativa menos favorable para atender el criterio, y puede variar hasta el valor de 10 que considera a la alternativa evaluada como la solución de fondo al criterio evaluado.

Nombre del encuestado: CESAR MAURICIO VALENCIA AGUILAR

Profesión y postgrado: INGENIERO CIVIL ESPECIALISTA EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS

Empleo o rol actual: PROFESIONAL UNIVERSITARIO SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA MUNICIPIO DE ITAGUI

Años de experiencia en área de pavimentos:

9

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
				1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo microaglomerado	5. Mantenimiento con obras de parcheo	6. Mantenimiento con sello de fisuras	7. No hacer nada
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	9	3	9	8	4	6	5	1
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	7	2	4	7	6	3	5	1
	3	Mantener la condición estructural de la vía	10	5	8	10	3	4	6	1
	4	Aumentar seguridad vial	5	2	6	5	9	7	8	1
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	6	3	6	8	10	5	4	2
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	8	6	9	4	2	1	5	3
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	7	1	3	4	2	7	6	5
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	5	9	8	7	5	2	3	1
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	6	4	5	8	2	7	6	3
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	7	1	7	9	3	4	5	2
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	8	2	5	7	3	6	4	1
	12	Aumentar población beneficiada.	4	1	6	5	4	9	8	2
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	4	8	7	6	3	2	1
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	9	1	5	6	4	7	3	2
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	8	1	6	5	4	8	7	4
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	6	1	4	7	6	8	5	3
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	7	5	6	8	4	3	1	2

MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.

El modelo de gestión de pavimentos urbanos a desarrollar aplicando la matriz multicriterio, parte de la premisa de optimizar la inversión de recursos (que por lo general son limitados) para mejorar y/o mantener la servicialidad de toda la red vial urbana, aplicando estrategias de intervención (alternativas) para lograr el objetivo de mantener la condición de vías que se encuentran en excelente o buen estado y mejorar la condición de las vías que se encuentren en regular o mal estado.

INSTRUCCIONES

1. Dentro de los criterios definidos se le establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 que considera al criterio de menor importancia, y puede variar hasta el valor de 10 que considera al criterio establecido como de gran importancia. **Nota: No se pueden repetir los valores calificación de criterios en cada categoría, lo anterior para determinar cual es el criterio de mayor relevancia por cada categoría.**

2. asignar un puntaje a cada alternativa propuesta que busca atender cada uno de los criterios definidos, se establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 la alternativa menos favorable para atender el criterio, y puede variar hasta el valor de 10 que considera a la alternativa evaluada como la solución de fondo al criterio evaluado.

Nombre del encuestado: Walter de Jesús Mejía Hernández

Profesión y postgrado: Ingeniero civil, Especialista en Vías y Transporte

Empleo o rol actual: Gerente SOLTEC ING LTDA.

Años de experiencia en área de pavimentos: 23

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
				1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo microaglomerad	5. Mantenimiento con obras de parcheo	6. Mantenimiento con sello de fisuras	7. No hacer nada
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	9	10	9	8	2	7	6	1
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	8	2	6	10	5	3	6	1
	3	Mantener la condición estructural de la vía	7	1	10	9	2	6	7	1
	4	Aumentar seguridad vial	10	9	10	10	6	5	4	1
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	2	4	9	10	8	2	3	1
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	6	1	6	8	2	3	5	1
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	8	1	2	3	10	4	5	3
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	10	8	10	9	3	4	2	1
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	8	5	7	8	6	10	9	1
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	9	6	8	9	3	5	8	1
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	10	8	10	9	4	6	7	1
	12	Aumentar población beneficiada.	7	10	9	8	4	3	2	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	5	9	10	2	6	8	1
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	8	6	8	9	3	6	9	1
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	6	7	6	8	4	8	9	1
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	4	8	5	6	6	9	10	1
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	5	7	6	8	4	8	9	1

MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.

El modelo de gestión de pavimentos urbanos a desarrollar aplicando la matriz multicriterio, parte de la premisa de optimizar la inversión de recursos (que por lo general son limitados) para mejorar y/o mantener la servicialidad de toda la red vial urbana, aplicando estrategias de intervención (alternativas) para lograr el objetivo de mantener la condición de vías que se encuentran en excelente o buen estado y mejorar la condición de las vías que se encuentren en regular o mal estado.

INSTRUCCIONES

1. Dentro de los criterios definidos se le establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 que considera al criterio de menor importancia, y puede variar hasta el valor de 10 que considera al criterio establecido como de gran importancia. **Nota: No se pueden repetir los valores calificación de criterios en cada categoría, lo anterior para determinar cual es el criterio de mayor relevancia por cada categoría.**

2. asignar un puntaje a cada alternativa propuesta que busca atender cada uno de los criterios definidos, se establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 la alternativa menos favorable para atender el criterio, y puede variar hasta el valor de 10 que considera a la alternativa evaluada como la solución de fondo al criterio evaluado.

Nombre del encuestado: MARIO ALBERTO RODRIGUEZ MORENO

Profesión y postgrado: Ing. Civil PHD en ingeniería Civil

Empleo o rol actual: Profesor universitario

Años de experiencia en área de pavimentos: 20 años

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
				1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo microaglomerad	5. Mantenimiento con obras de parcheo	6. Mantenimiento con sello de fisuras	7. No hacer nada
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	7	2	8	9	1	9	10	1
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	10	5	6	7	10	8	9	1
	3	Mantener la condición estructural de la vía	8	6	7	9	1	8	10	1
	4	Aumentar seguridad vial	9	6	7	8	10	9	1	1
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	8	1	3	9	10	4	2	1
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	9	9	9	10	9	5	1	1
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	7	1	1	9	10	1	1	1
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	10	10	9	8	1	1	1	1
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	7	3	3	7	5	10	9	1
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	10	4	5	10	4	5	3	1
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	9	4	4	9	6	10	9	1
	12	Aumentar población beneficiada.	8	3	3	4	3	10	10	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	6	8	10	2	5	9	1
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	8	3	3	5	7	10	10	1
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	7	2	3	4	10	10	10	1
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	6	2	3	4	10	10	10	1
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	9	3	4	10	5	8	9	1

MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.

El modelo de gestión de pavimentos urbanos a desarrollar aplicando la matriz multicriterio, parte de la premisa de optimizar la inversión de recursos (que por lo general son limitados) para mejorar y/o mantener la servicialidad de toda la red vial urbana, aplicando estrategias de intervención (alternativas) para lograr el objetivo de mantener la condición de vías que se encuentran en excelente o buen estado y mejorar la condición de las vías que se encuentren en regular o mal estado.

INSTRUCCIONES

1. Dentro de los criterios definidos se le establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 que considera al criterio de menor importancia, y puede variar hasta el valor de 10 que considera al criterio establecido como de gran importancia. **Nota: No se pueden repetir los valores calificación de criterios en cada categoría, lo anterior para determinar cual es el criterio de mayor relevancia por cada categoría.**

2. asignar un puntaje a cada alternativa propuesta que busca atender cada uno de los criterios definidos, se establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 la alternativa menos favorable para atender el criterio, y puede variar hasta el valor de 10 que considera a la alternativa evaluada como la solución de fondo al criterio evaluado.

Nombre del encuestado: DARWIN DUVER ROSERO VEGA

Profesión y postgrado:

Ingeniero civil - Especialista en Vías y Transporte

Empleo o rol actual: Jefe de Oficina de ejecución de proyectos - Alcaldía de Itagüí

Años de experiencia en área de pavimentos: 16 años

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
				1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo microaglomerad	5. Mantenimiento con obras de parcheo	6. Mantenimiento con sello de fisuras	7. No hacer nada
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	10	2	8	10	4	9	8	1
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	9	5	10	8	9	6	4	1
	3	Mantener la condición estructural de la vía	7	2	7	8	3	10	9	1
	4	Aumentar seguridad vial	8	4	8	7	10	9	5	1
	5	Reducir el ruido	7	5	9	8	10	7	3	4
AMBIENTAL	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	9	1	7	10	9	5	8	3
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	8	4	8	10	9	4	3	5
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	10	10	9	6	3	8	2	1
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	7	4	6	9	7	10	8	1
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	8	4	9	10	8	7	6	1
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	10	4	8	10	9	7	6	1
	12	Aumentar población beneficiada.	9	2	6	8	7	10	9	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	5	10	9	8	7	6	1
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	9	5	9	10	8	7	6	1
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	8	4	8	10	6	9	7	1
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	6	2	4	7	3	10	9	1
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	7	4	7	10	2	8	8	1

MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.

El modelo de gestión de pavimentos urbanos a desarrollar aplicando la matriz multicriterio, parte de la premisa de optimizar la inversión de recursos (que por lo general son limitados) para mejorar y/o mantener la servicialidad de toda la red vial urbana, aplicando estrategias de intervención (alternativas) para lograr el objetivo de mantener la condición de vías que se encuentran en excelente o buen estado y mejorar la condición de las vías que se encuentren en regular o mal estado.

INSTRUCCIONES

- Dentro de los criterios definidos se le establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 que considera al criterio de menor importancia, y puede variar hasta el valor de 10 que considera al criterio establecido como de gran importancia. **Nota: No se pueden repetir los valores calificación de criterios en cada categoría, lo anterior para determinar cual es el criterio de mayor relevancia por cada categoría.**
- asignar un puntaje a cada alternativa propuesta que busca atender cada uno de los criterios definidos, se establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 la alternativa menos favorable para atender el criterio, y puede variar hasta el valor de 10 que considera a la alternativa evaluada como la solución de fondo al criterio evaluado.

Nombre del encuestado: Hernán Otoniel Fernández Ordoñez

Profesión y postgrado:

Ingeniero civil - Master en Ingeniería - Especialista en vías terrestres

Empleo o rol actual:

Consultor y especialista de vías en HOF Consultores SAS

Años de experiencia en área de pavimen

20

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
				Intervencion de toda la estructura	Remocion capa rodadura	Actividades de mantenimiento periodico	Actividades de mantenimiento rutinario			
				1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo microaglomerado	5. Mantenimiento con obras de parcheo	6. Mantenimiento con sello de fisuras	7. No hacer nada
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	10	1	6	8	10	10	10	1
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	7	1	6	8	10	10	10	1
	3	Mantener la condición estructural de la vía	8	1	6	8	10	10	10	1
	4	Aumentar seguridad vial	9	1	6	8	10	10	10	1
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	6	1	6	8	10	10	10	1
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	10	1	6	8	10	10	10	1
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	7	1	6	8	10	10	10	1
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	8	10	10	8	6	6	6	1
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	7	10	10	9	6	6	6	1
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	9	10	10	10	8	8	8	1
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	8	10	10	10	8	8	8	1
	12	Aumentar población beneficiada.	10	1	6	8	10	10	10	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	8	8	8	10	10	10	1
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	8	7	7	7	10	10	10	1
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	7	7	7	7	10	10	10	1
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	6	7	7	7	10	10	10	1
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	9	8	8	8	10	10	10	1

MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.

El modelo de gestión de pavimentos urbanos a desarrollar aplicando la matriz multicriterio, parte de la premisa de optimizar la inversión de recursos (que por lo general son limitados) para mejorar y/o mantener la servicialidad de toda la red vial urbana, aplicando estrategias de intervención (alternativas) para lograr el objetivo de mantener la condición de vías que se encuentran en excelente o buen estado y mejorar la condición de las vías que se encuentren en regular o mal estado.

INSTRUCCIONES

- Dentro de los criterios definidos se le establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 que considera al criterio de menor importancia, y puede variar hasta el valor de 10 que considera al criterio establecido como de gran importancia. **Nota: No se pueden repetir los valores calificación de criterios en cada categoría, lo anterior para determinar cual es el criterio de mayor relevancia por cada categoría.**
- asignar un puntaje a cada alternativa propuesta que busca atender cada uno de los criterios definidos, se establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 la alternativa menos favorable para atender el criterio, y puede variar hasta el valor de 10 que considera a la alternativa evaluada como la solución de fondo al criterio evaluado.

Nombre del encuestado: Gustavo Alonso Arenas Zapata

Profesión y postgr: Ingeniero Civil Especialista en Diseño Vial e Ingeniería de Pavimentos

Empleo o rol actual: Profesional Universitario Distrito Especial de ciencia tecnología e innovación de Medellín

Años de experiencia en área de pavimen

13

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
				Intervencion de toda la estructura	Remocion capa rodadura	Actividades de mantenimiento periodico	Actividades de mantenimiento rutinario			
				1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo microaglomerado	5. Mantenimiento con obras de parcheo	6. Mantenimiento con sello de fisuras	7. No hacer nada
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	10	10	8	7	4	3	2	1
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	5	5	6	8	10	2	1	1
	3	Mantener la condición estructural de la vía	6	4	5	5	7	10	8	1
	4	Aumentar seguridad vial	8	7	8	9	10	6	3	1
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	8	5	7	8	10	4	2	1
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	9	10	9	10	7	8	5	1
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	7	2	3	5	8	4	2	1
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	10	10	8	7	6	3	1	1
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	8	5	6	8	2	10	7	1
	10	Mejorar la condicion de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	9	8	9	10	5	7	4	1
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	7	8	7	7	8	5	2	1
	12	Aumentar población beneficiada.	10	10	9	9	5	4	1	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	10	9	10	8	7	5	1
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	8	7	8	10	5	4	3	1
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	6	6	7	10	4	7	5	1
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	5	5	5	8	3	10	1	1
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	4	9	10	8	5	7	2	1

MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.

El modelo de gestión de pavimentos urbanos a desarrollar aplicando la matriz multicriterio, parte de la premisa de optimizar la inversión de recursos (que por lo general son limitados) para mejorar y/o mantener la servicialidad de toda la red vial urbana, aplicando estrategias de intervención (alternativas) para lograr el objetivo de mantener la condición de vías que se encuentran en excelente o buen estado y mejorar la condición de las vías que se encuentren en regular o mal estado.

INSTRUCCIONES

1. **Dentro de los** criterios definidos se le establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 que considera al criterio de menor importancia, y puede variar hasta el valor de 10 que considera al criterio establecido como de gran importancia. **Nota: No se pueden repetir los valores calificación de criterios en cada categoría, lo anterior para determinar cual es el criterio de mayor relevancia por cada categoría.**

2. asignar un puntaje a cada alternativa propuesta que busca atender cada uno de los criterios definidos, se establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 la alternativa menos favorable para atender el criterio, y puede variar hasta el valor de 10 que considera a la alternativa evaluada como la solución de fondo al criterio evaluado.

Nombre del encuestado: GILBERTO MARTINEZ ARGUELLES

Profesión y postgrado: ING. CIVIL - DOCTOR EN INFRAESTRUCTURA VIAL

Empleo o rol actual: PROFESOR ASOCIADO UNINORTE

Años de experiencia en área de pavimentos: 15 AÑOS

CATEGORÍA	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
			Intervencion de toda la estructura	Remocion capa rodadura	Actividades de mantenimiento periodico		Actividades de mantenimiento rutinario		7. No hacer nada
			1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo microaglomerado	5. Mantenimiento con obras de parcheo	6. Mantenimiento con sello de fisuras	
DESEMPEÑO Y CONFORT	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	8	1	3	6	9	10	10	1
	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	10	5	7	9	10	5	1	1
	Mantener la condición estructural de la vía	9	2	9	10	2	9	9	1
	Aumentar seguridad vial	5	8	8	8	10	8	5	1
AMBIENTAL	Reducir el ruido	9	6	7	8	10	9	6	1
	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	10	10	10	6	8	7	6	1
	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	7	1	3	4	10	6	9	1
	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	8	6	10	3	1	5	1	1
POLITICO Y SOCIAL	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	7	3	10	6	2	9	3	1
	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	10	2	8	10	10	8	6	1
	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	9	2	6	9	10	9	3	1
	Aumentar población beneficiada.	8	1	8	9	10	10	8	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	2	6	10	9	6	7	1
	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	9	2	6	8	10	9	7	1
	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	7	2	6	7	9	10	6	1
	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	6	3	6	6	8	9	10	1
	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	8	7	9	10	7	8	6	1

MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.

El modelo de gestión de pavimentos urbanos a desarrollar aplicando la matriz multicriterio, parte de la premisa de optimizar la inversión de recursos (que por lo general son limitados) para mejorar y/o mantener la servicialidad de toda la red vial urbana, aplicando estrategias de intervención (alternativas) para lograr el objetivo de mantener la condición de vías que se encuentran en excelente o buen estado y mejorar la condición de las vías que se encuentren en regular o mal estado.

INSTRUCCIONES

1. Dentro de los criterios definidos se le establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 que considera al criterio de menor importancia, y puede variar hasta el valor de 10 que considera al criterio establecido como de gran importancia. **Nota: No se pueden repetir los valores calificación de criterios en cada categoría, lo anterior para determinar cual es el criterio de mayor relevancia por cada categoría.**

2. asignar un puntaje a cada alternativa propuesta que busca atender cada uno de los criterios definidos, se establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 la alternativa menos favorable para atender el criterio, y puede variar hasta el valor de 10 que considera a la alternativa evaluada como la solución de fondo al criterio evaluado.

Nombre del encuestado: DAVID SALDAÑA MARULANDA

Profesión y postgrado: INGENIERO CIVIL CON MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA ENFASIS INFRAESTRUCTURA VIAL

Empleo o rol actual: GERENTE TECNICO APSA

Años de experiencia en área de pavimentos: 15 AÑOS

CATEGORÍA	No.	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
				Intervención de toda la estructura	Remoción capa rodadura	Actividades de mantenimiento periódico		Actividades de mantenimiento rutinario		7. No hacer nada
				1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo microaglomerado	5. Mantenimiento con obras de parcheo	6. Mantenimiento con sello de fisuras	
DESEMPEÑO Y CONFORT	1	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	7	1	5	8	9	10	10	1
	2	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	8	1	5	9	10	9	7	1
	3	Mantener la condición estructural de la vía	10	1	2	8	9	10	10	1
	4	Aumentar seguridad vial	9	5	5	8	9	10	7	1
AMBIENTAL	5	Reducir el ruido	7	1	5	9	10	9	2	1
	6	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	10	2	5	4	5	5	4	1
	7	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	8	1	2	7	9	10	10	1
	8	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	9	2	5	10	10	9	9	1
POLITICO Y SOCIAL	9	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	7	2	5	6	8	10	9	1
	10	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	10	2	7	8	10	9	9	1
	11	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	9	2	7	8	10	10	9	1
	12	Aumentar población beneficiada.	8	5	7	9	10	10	9	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	13	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	2	7	9	6	10	10	1
	14	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	9	2	7	9	6	10	10	1
	15	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	8	2	5	8	8	10	10	1
	16	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	6	2	5	7	10	10	10	1
	17	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	7	2	9	9	5	10	10	1

MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.

El modelo de gestión de pavimentos urbanos a desarrollar aplicando la matriz multicriterio, parte de la premisa de optimizar la inversión de recursos (que por lo general son limitados) para mejorar y/o mantener la servicialidad de toda la red vial urbana, aplicando estrategias de intervención (alternativas) para lograr el objetivo de mantener la condición de vías que se encuentran en excelente o buen estado y mejorar la condición de las vías que se encuentren en regular o mal estado.

INSTRUCCIONES

- Dentro de los criterios definidos se le establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 que considera al criterio de menor importancia, y puede variar hasta el valor de 10 que considera al criterio establecido como de gran importancia. **Nota: No se pueden repetir los valores calificación de criterios en cada categoría, lo anterior para determinar cual es el criterio de mayor relevancia por cada categoría.**
- asignar un puntaje a cada alternativa propuesta que busca atender cada uno de los criterios definidos, se establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 la alternativa menos favorable para atender el criterio, y puede variar hasta el valor de 10 que considera a la alternativa evaluada como la solución de fondo al criterio evaluado.

Nombre del encuestado: Sergio Ruiz Muñoz

Profesión y postgrado: Ingeniería Civil - Especialización en Vías y Transportes y Gerencia de Proyectos

Empleo o rol actual: Líder reposición malla vial EPM

Años de experiencia en área de pavimentos: 6 años

CATEGORÍA	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
			Intervencion de toda la estructura	Remocion capa rodadura	Actividades de mantenimiento periodico		Actividades de mantenimiento rutinario		7. No hacer nada
			1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo microaglomerado	5. Mantenimiento con obras de parcheo	6. Mantenimiento con sello de fisuras	
DESEMPEÑO Y CONFORT	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	7	1	9	9	9	8	8	1
	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	9	5	10	9	9	6	6	1
	Mantener la condición estructural de la vía	10	1	9	9	9	8	8	1
	Aumentar seguridad vial	8	1	10	10	10	9	9	1
AMBIENTAL	Reducir el ruido	7	1	8	9	10	8	8	1
	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	10	10	10	5	5	5	5	1
	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	8	1	1	1	1	10	10	1
	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	9	1	1	1	1	10	10	1
POLITICO Y SOCIAL	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	8	1	1	10	1	10	10	1
	Mejorar la condiccion de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	7	2	9	10	8	8	9	1
	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	10	1	8	10	8	10	10	1
	Aumentar población beneficiada.	9	1	1	10	1	10	10	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	5	8	10	5	10	10	1
	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	9	5	8	10	5	10	10	1
	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	8	5	8	10	5	10	10	1
	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	6	5	5	10	2	10	10	1
	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	7	5	5	10	2	10	10	1

MATRIZ MULTICRITERIO SELECCIÓN TIPO DE INTERVENCIÓN EN GESTIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS – CASO MUNICIPIO DE ITAGÜÍ.

El modelo de gestión de pavimentos urbanos a desarrollar aplicando la matriz multicriterio, parte de la premisa de optimizar la inversión de recursos (que por lo general son limitados) para mejorar y/o mantener la servicialidad de toda la red vial urbana, aplicando estrategias de intervención (alternativas) para lograr el objetivo de mantener la condición de vías que se encuentran en excelente o buen estado y mejorar la condición de las vías que se encuentren en regular o mal estado.

INSTRUCCIONES

1. Dentro de los criterios definidos se le establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 que considera al criterio de menor importancia, y puede variar hasta el valor de 10 que considera al criterio establecido como de gran importancia. **Nota: No se pueden repetir los valores calificación de criterios en cada categoría, lo anterior para determinar cual es el criterio de mayor relevancia por cada categoría.**

2. asignar un puntaje a cada alternativa propuesta que busca atender cada uno de los criterios definidos, se establecerá un puntaje en una escala con valores de 1 a 10, siendo el valor de 1 la alternativa menos favorable para atender el criterio, y puede variar hasta el valor de 10 que considera a la alternativa evaluada como la solución de fondo al criterio evaluado.

Nombre del encuestado: Jorge Alberto Tobón García

Profesión y postgrado: Ingeniero civil - Especialista en Geotecnia

Empleo o rol actual: Gerente EVALTEC S.A.S.

Años de experiencia en área de pavimentos: 25 años

CATEGORÍA	CRITERIO	PONDERACION CRITERIO	ALTERNATIVAS						
			Intervencion de toda la estructura	Remocion capa rodadura	Actividades de mantenimiento periodico		Actividades de mantenimiento rutinario		7. No hacer nada
			1. Reconstrucción	2. Rehabilitación	3. Repavimentación	4. Instalación de mezclas tipo microaglomerado	5. Mantenimiento con obras de parcheo	6. Mantenimiento con sello de fisuras	
DESEMPEÑO Y CONFORT	Alcanzar los periodos de vida útil esperados	10	5	8	8	6	7	7	1
	Mejorar la calidad de la superficie de rodadura	6	6	8	8	5	4	3	1
	Mantener la condición estructural de la vía	8	8	6	6	3	5	5	1
	Aumentar seguridad vial	7	5	5	5	6	6	2	1
AMBIENTAL	Reducir el ruido	5	4	8	8	5	3	3	1
	Reducir el uso de materiales no renovables y/o reciclar parte de los materiales en el proceso de mejora de la calidad de la vía	9	9	6	6	1	6	1	1
	Disminuir contaminación y polución en vía en buen estado y con alta circulación vehicular	7	1	1	7	5	1	1	1
	Disminuir contaminación y polución en vía en mal estado y con alta circulación vehicular	6	9	9	7	1	1	1	1
POLITICO Y SOCIAL	Atender reclamaciones de la comunidad (verbales, PQRS, redes sociales).	7	3	3	3	5	5	5	1
	Mejorar la condición de pavimento de tramos viales con usos de suelo de mayor actividad económica	8	5	8	8	8	5	5	1
	Mejorar accesibilidad a puntos de interés o de alta afluencia.	9	5	8	8	8	5	5	1
	Aumentar población beneficiada.	10	8	8	8	7	8	6	1
ECONOMÍA Y TRANSPORTE	Mejorar condición de pavimento en vía arteria principal: Con alta circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	10	8	9	9	3	5	5	1
	Mejorar condición de pavimento en vía arteria secundaria: Con mediana circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga.	8	7	7	8	3	5	5	1
	Mejorar condición de pavimento en vía colectoras: Con baja circulación de vehículos de transporte público y transporte de carga	7	6	6	8	6	5	5	1
	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características residenciales: Para la circulación de vehículos livianos, eventualmente circulación de vehículos de carga.	4	4	5	5	8	8	8	1
	Mejorar condición de pavimento en vía de servicios con características industriales y/o comerciales: Para circulación de vehículos de carga.	9	8	9	9	3	5	5	1

PROMEDIO							
	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	Alt 7
Criterio 1	4,765	7,235	7,824	5,941	7,412	7,118	1,000
Criterio 2	4,647	6,765	8,235	8,235	5,412	5,353	1,000
Criterio 3	5,059	6,941	7,529	5,824	6,647	6,824	1,000
Criterio 4	4,706	6,294	7,118	8,471	7,882	5,353	1,000
Criterio 5	4,250	6,471	8,235	8,235	6,353	4,294	1,882
Criterio 6	5,647	7,294	6,941	6,059	5,941	5,176	1,824
Criterio 7	2,529	3,765	5,706	6,824	6,235	5,647	1,941
Criterio 8	7,529	7,588	6,941	5,588	5,765	4,353	1,294
Criterio 9	4,588	5,824	7,118	4,882	7,529	6,412	1,118
Criterio 10	5,706	7,706	8,882	7,000	6,294	6,294	1,059
Criterio 11	5,059	6,882	8,235	7,471	7,294	6,118	1,000
Criterio 12	4,706	6,294	7,353	6,353	7,588	6,765	1,059
Criterio 13	6,176	8,412	8,647	6,471	6,353	6,294	1,000
Criterio 14	5,294	7,059	8,294	6,471	7,647	6,882	1,059
Criterio 15	4,941	6,353	7,412	6,353	8,176	7,118	1,176
Criterio 16	4,647	5,647	6,941	6,412	8,176	7,235	1,118
Criterio 17	5,882	7,471	8,294	4,941	7,118	6,176	1,059

DESVIACION ESTANDAR							
	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	Alt 7
Criterio 1	3,527	1,954	1,667	2,861	2,399	2,977	0,000
Criterio 2	2,760	2,333	1,437	1,954	2,347	2,805	0,000
Criterio 3	3,648	2,487	2,322	3,395	3,061	3,167	0,000
Criterio 4	2,779	2,664	2,205	1,700	1,833	2,597	0,000
Criterio 5	2,720	2,452	1,437	2,078	2,691	2,568	1,965
Criterio 6	3,587	2,312	2,164	2,657	2,633	2,963	1,741
Criterio 7	2,503	2,840	2,953	3,087	3,401	3,622	1,600
Criterio 8	3,085	2,694	2,410	3,411	3,153	3,481	0,985
Criterio 9	3,083	2,877	2,315	2,571	2,853	2,852	0,485
Criterio 10	3,098	1,490	1,054	2,449	2,054	2,418	0,243
Criterio 11	2,772	2,027	1,678	2,125	2,114	2,759	0,000
Criterio 12	3,531	2,756	2,548	2,760	2,763	3,133	0,243
Criterio 13	2,604	1,417	1,579	2,478	2,621	2,932	0,000
Criterio 14	2,640	2,015	1,724	2,348	2,206	2,870	0,243
Criterio 15	2,703	2,149	2,399	2,344	1,944	2,759	0,728
Criterio 16	2,691	2,090	2,045	2,874	2,455	3,419	0,485
Criterio 17	2,315	2,322	2,024	2,249	2,395	3,504	0,243

PRUEBA T

Valor T 2,26215716

Error 10%

	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	Alt 7
Criterio 1	280,44	37,30	23,24	118,65	53,63	89,50	0,00
Criterio 2	180,51	60,85	15,59	28,79	96,23	140,51	0,00
Criterio 3	266,13	65,68	48,65	173,97	108,50	110,23	0,00
Criterio 4	178,41	91,66	49,09	20,61	27,68	120,42	0,00
Criterio 5	209,65	73,51	15,59	32,57	91,83	183,04	557,52
Criterio 6	206,49	51,42	49,75	98,40	100,52	167,67	466,21
Criterio 7	501,08	291,24	137,07	104,74	152,24	210,50	347,50
Criterio 8	85,89	64,50	61,70	190,62	153,08	327,26	296,57
Criterio 9	231,11	124,93	54,15	141,91	73,47	101,23	96,39
Criterio 10	150,82	19,14	7,20	62,66	54,52	75,51	26,85
Criterio 11	153,65	44,41	21,25	41,40	43,00	104,06	0,00
Criterio 12	288,17	98,12	61,45	96,59	67,83	109,77	26,85
Criterio 13	90,94	14,52	17,06	75,04	87,08	111,03	0,00
Criterio 14	127,27	41,69	22,10	67,40	42,60	88,97	26,85
Criterio 15	153,19	58,55	53,63	69,64	28,93	76,87	195,74
Criterio 16	171,63	70,09	44,44	102,79	46,15	114,29	96,39
Criterio 17	79,27	49,42	30,47	106,03	57,93	164,72	26,85

máximo

557,52