

**EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA VÍA EN LA CARRERA 24
DESDE LA CALLE 40 HASTA LA CALLE 3 DEL MUNICIPIO DE
GIRARDOT – CUNDINAMARCA, IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA
PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI)**

**NICOLÁS PUENTES SUÁREZ
CÓDIGO: 21310066
JUAN DAVID BERMÚDEZ HERNÁNDEZ
CÓDIGO:21610263**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT - CUNDINAMARCA
2021**

**EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA VÍA EN LA CARRERA 24
DESDE LA CALLE 40 HASTA LA CALLE 3 DEL MUNICIPIO DE
GIRARDOT – CUNDINAMARCA, IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA
PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI)**

**NICOLÁS PUENTES SUAREZ
CÓDIGO: 21310066
JUAN DAVID BERMÚDEZ HERNÁNDEZ
CÓDIGO: 21610263**

Seminario de Diseño y Construcción de Pavimentos

**Directora
MARÍA PAULA SALAZAR SUSUNAGA
Ingeniera Civil, Magister en Geotecnia**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT - CUNDINAMARCA
2021**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Girardot, 08 de abril de 2021

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	12
ABSTRAC	13
INTRODUCCIÓN	14
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.1 OBJETIVO GENERAL	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4. MARCOS DE REFERENCIA	19
4.1 ANTECEDENTES	19
4.2 MARCO TEÓRICO	22
4.2.1 Tipos de pavimentos.	23
4.3 METODOLOGÍA PCI	28
4.3.1 Índice de condición del pavimento (PCI).	28
4.3.2 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento	29
4.3.3 Evaluacion de la condicion del pavimento	30
4.3.4 Evaluación de Fallas según la Metodología PCI	31
4.4 MARCO CONCEPTUAL	53
4.5 MARCO CONTEXTUAL	54

4.6 MARCO GEOGRÁFICO	55
4.7 MARCO INSTITUCIONAL	57
4.8 MARCO HISTÓRICO	58
5. DISEÑO METODOLÓGICO	60
6. ANALISIS DE RESULTADOS	63
7. CONCLUSIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	73

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Rango de clasificación del estado del pavimento.	29
Tabla 2. Clasificación de severidad de los huecos.	47
Tabla 3. Formato de inspección visual.	60
Tabla 4. Analisis final PCI por carril.	63
Tabla 5. Categoria de acción.	65

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pavimento Rígido y Pavimento Flexible.	23
Figura 2. Estructura de un Pavimento Flexible.	25
Figura 3. Estructura de un pavimento rígido.	28
Figura 4. Formato de anotación de fallas.	30
Figura 5. Piel de cocodrilo de media severidad.	32
Figura 6. Esquema de piel de cocodrilo en la vía.	32
Figura 7. Exudación en el pavimento.	33
Figura 8. Esquema de Exudación en la vía.	34
Figura 9. Fisuras en bloque.	35
Figura 10. Esquema de fisuras en bloque dentro de la vía.	35
Figura 11. Abultamiento de una sección de vía.	36
Figura 12. Hundimiento en una sección de vía.	37
Figura 13. Corrugación u ondulaciones en una sección de vía.	38
Figura 14. Esquema de corrugación en una vía.	38
Figura 15. Depresión en una vía.	39
Figura 16. Fisura de borde de alta severidad.	40
Figura 17. Esquema de fisuras de borde en la vía.	40
Figura 18. Grieta de reflexión de junta.	41
Figura 19. Desnivel carril/berma.	42
Figura 20. Grieta Longitudinal.	43

Figura 21. Grietas transversales.	43
Figura 22. Parche de reparación en la vía.	44
Figura 23. Esquema de parcheo en la vía.	45
Figura 24. Pulimiento de agregados.	46
Figura 25. Huecos de mediana severidad.	47
Figura 26. Cruce de vía férrea.	48
Figura 27. Ahuellamiento.	49
Figura 28. Esquema de ahuellamiento en la vía.	49
Figura 29. Desplazamiento de mediana severidad.	50
Figura 30. Grieta parabólica.	51
Figura 31. Esquema de grieta parabólica en la vía.	51
Figura 32. Hinchamiento.	52
Figura 33. Pulimiento de agregados de alta severidad.	53
Figura 34. Límites de Girardot.	56
Figura 35. Ruta Marcada en la Carrera 24 desde la calle 3 Hasta la calle 40.	57

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Condicion actual de los tramos.	65
Gráfica 2. Acciones a Ejecutar.	66
Gráfica 3. Daños carril izquierdo.	66
Gráfica 4. Daños carril derecho.	67
Gráfica 5. Daños carril único.	68
Gráfica 6. Intervención del tramo por carril.	68
Gráfica 7. Vehículos vs cantidad de flujo vehicular.	70
Gráfica 8. Periodo versus flujo de tráfico.	71
Gráfica 9. Curvas de valores deducidos para piel de cocodrilo	76
Gráfica 10. Curvas de valores deducidos para exudación.	76
Gráfica 11. Curvas de valores deducidos para fisuras en bloque.	77
Gráfica 12. Curvas de valores deducidos para abultamientos y hundimientos.	77
Gráfica 13. Curvas de valores deducidos para corrugación.	78
Gráfica 14. Curvas de valores deducidos para depresión.	78
Gráfica 15. Curvas de valores deducidos para grieta de borde.	79
Gráfica 16. Curvas de valores deducidos para grieta de reflexión de junta.	79
Gráfica 17. Curvas de valores deducidos para desnivel carril/berma.	80
Gráfica 18. Curvas de valores deducidos para grietas longitudinales y transversales.	80
Gráfica 19. Curvas de valores deducidos para parcheo.	81

Gráfica 20. Curvas de valores deducidos para pulimiento de agregados.	81
Gráfica 21. Curvas de valores deducidos para huecos.	82
Gráfica 22. Curvas de valores deducidos para cruce de via ferrea.	82
Gráfica 23. Curvas de valores deducidos para ahuellamiento.	83
Gráfica 24. Curvas de valores deducidos para desplazamiento.	83
Gráfica 25. Curvas de valores deducidos para grietas parabólicas.	84
Gráfica 26. Curvas de valores deducidos para hinchamiento.	84
Gráfica 27. Curvas de valores deducidos para meteorización.	85
Gráfica 28. Valor corregido.	86

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Tablas de valores deducidos PCI.	76
Anexo B. valor corregido PCI.	86

RESUMEN

La presente investigación, tenía por objetivo evaluar la condición actual del pavimento flexible existente del tramo vial de la carrera 24 entre la calle 40 y calle 3 mediante el método PCI. Para el desarrollo de esta evaluación vial se tomó como referente el manual *Pavement Condition Index* para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras; ya que, este manual permite identificar y evaluar diecinueve tipos de fallas que se producen por diversos factores, entre los cuales se encuentra el tránsito, la calidad de materiales, el proceso constructivo, la vida útil del pavimento, entre otros.

Por otra parte, el desarrollo de la monografía se llevó a cabo mediante la implementación de una metodología dividida en cuatro fases: la primera fase consistió en la identificación geográfica de la vía de estudio; después de esta, se encontró la fase dos, la cual consistió en la recolección de datos in sitio con ayuda de un formato (PCI) y diferentes herramientas de medición, para determinar los deterioros existentes en la vía; por otro lado, la tercera fase consistió en identificar y cuantificar el porcentaje de daños presentes en la vía y finalmente, la cuarta fase consistió en el análisis de los datos obtenidos y las conclusiones, de acuerdo a los resultados.

Con los datos recopilados en la última fase encontremos respuestas concluyentes sobre el deterioro de la superficie, sus causales más posibles y las soluciones propuestas para cada tramo y/o carril.

ABSTRAC

The objective of this research was to evaluate the current condition of the existing flexible pavement of the road section of Carrera 24 between Calle 40 and Calle 3 using the PCI method. For the development of this road evaluation, the Pavemet Condition Index manual for asphalt and concrete pavements on highways was taken as a reference; since, this manual allows to identify and evaluate nineteen types of failures that are produced by various factors, among which are traffic, quality of materials, construction process, useful life of the pavement, among others.

On the other hand, the development of the monograph was carried out by implementing a methodology divided into four phases: the first phase consisted of the geographical identification of the study pathway; After this, phase two was found, which consisted of collecting data on site with the help of a format

(PCI) and different measurement tools, to determine the existing deterioration in the road; On the other hand, the third phase consisted of identifying and quantifying the percentage of damages present in the road and finally, the fourth phase consisted of the analysis of the data obtained and the conclusions, according to the results.

With the data collected in the last phase, let us find conclusive answers about the deterioration of the surface, its most possible causes and the solutions proposed for each section and / or lane.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se puede observar el crecimiento y desarrollo de proyectos viales dentro y fuera de Girardot. Estos proyectos viales están diseñados para mejorar la calidad del transporte de pasajeros (personas) y / o carga, garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios, y hacer grandes tramos, a menor distancia. Por ello, con el fin de asegurar el estado inicial de la vía, se han implementado una serie de métodos para evaluar el estado de la acera, estos métodos pueden crear estrategias para el mantenimiento de la vía y realizar el mantenimiento o reparación según sea necesario. Con la finalidad de poder proporcionar a los usuarios un buen servicio.

Para el desarrollo de este trabajo se utilizarán la metodología PCI, de origen estadounidense. Esta metodología fue adaptada y calibrada para ser utilizada en el país, la misma cuenta con su respectivo manual, donde se establecen los diferentes tipos de daños que pueden ser de origen estructural o funcional, y así poder realizar una evaluación de la estructura de pavimento, donde será clasificada y calificada según el estado en que se encuentren.

El desarrollo del trabajo será mediante un inventario manual y auscultación visual de la superficie de rodadura para pavimentos flexibles, teniendo en cuenta los tipos de daño que se presentan, registrándolos en los formatos de la metodología a utilizar: PCI.

Por consiguiente, la siguiente investigación, pretende realizar una evaluación del estado actual de la vía Nariño (Carrera 24), partiendo por la calle 3, salida a Pozo Azul, hasta la Calle 40 salida por Barrio Corazón de Cundinamarca; reconociendo, su importante conexión con municipios como Nariño, Guataquí, Jerusalén, Tocaima, Beltrán, Cambao, entre otros. Es preciso señalar que el tramo de la vía seleccionada es de 3.6 km de longitud y que éste está constituido por pavimento asfáltico, el cual pertenece al grupo de pavimentos flexibles, es decir, un tipo de pavimento constituido por una capa de rodadura bituminosa apoyada generalmente sobre capas de material no ligado (INVÍAS, 2018), la vía interconecta de la carrera 24 entre la calle 40 y calle 3 y sirve de puente de entrada a los vehículos que viajan de Tocaima a Girardot y viceversas o conecta con la vía Nariño y recibe bastante flujo vehicular de carga con insumos para distribuirlos en los sectores de ramón bueno, ciudad montes y Kennedy, además de servir como una vía directa que conecta a los pobladores de la esperanza con el Kennedy, en un tramo que no tiene mucha resistencia en tráfico y que dé lo contrario, obligaría su paso por el centro y un aumento en la congestión vehicular.

Se realizará un estudio visual en diferentes tramos de 100 metros cada uno, a lo largo de la carrera 24, tomando como referencia la metodología *Pavement Condition Index* (PCI). Mediante un análisis manual y auscultación visual de la superficie de rodadura para determinar si el daño que encontramos en el pavimento lo podemos arreglar con mantenimiento o con reparación total. Su nivel de deterioro está dado en función del tipo de falla, su severidad y su densidad (% de área afectada).

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Cuando se hace un recorrido como usuario de la vía en la carrera 24, se puede notar que, a lo largo de la carretera, se encuentran diversas fallas en la estructura del pavimento flexible, tales como: piel de cocodrilo, grietas longitudinales, huecos, entre otras. Por esta razón, se propone, partiendo de la importancia de la misma, realizar un estudio para determinar el estado actual de la vía, por medio de la metodología *Pavement Condition Index* (PCI).

De acuerdo con lo anterior, el Manual de INVÍAS para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles, clasifica los diferentes tipos de daños que se registran en diferentes categorías: Fisuras, deformaciones, pérdida de capas estructurales, daños superficiales u otros. Estas fallas, se presentan a lo largo de la vía de estudio por lo cual se hace referencia al mal estado de la vía perceptible al transitar, señalando la falta de un mantenimiento vial periódico, capaz de permitir el incremento de la vida útil del pavimento flexible. En términos amplios, el mantenimiento vial se puede definir como el conjunto de actividades que se realizan para conservar en buen estado las condiciones físicas de los diferentes elementos que constituyen los caminos y, de esta manera, garantizar que el transporte sea cómodo, seguro y económico.

Por lo tanto, el estado de la vía permite preguntarse ¿Cuál es el estado actual del pavimento de la carrera 24 desde la calle 3 hasta la calle 40 por medio de la metodología PCI? Considerando que Girardot como destino turístico recibe un gran flujo de visitantes y la importancia de la vía para la movilidad desde la ciudad a los diferentes municipios aledaños es vital; el tránsito por la carrera 24 denota la necesidad de un mantenimiento, de la rehabilitación o la generación de diferentes alternativas que mejoren sus condiciones y su evidente estado de deterioro.

2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La carrera 24, va hacia el norte, la carretera Troncal del río Magdalena, que corre paralela al mismo río; además, conduce al municipio de Nariño (20 Km.), a Guataquí (40 Km.), con una derivación hacia el municipio de Jerusalén (12 Km.) y Tocaima (32 Km.); Beltrán (78 Km.) y Cambao (90 Km.), con cruce de puente sobre este mismo río, conectándose así con el norte del Departamento del Tolima y la ciudad de Manizales (Alcaldía de Girardot, 2021).

De acuerdo con lo anterior, la carrera 24 podría ser considerada como una de las arterias principales del municipio; puesto que, conecta con los barrios Corazón de Cundinamarca, Santa Isabel, Vivisol, Las Quintas, Centenario, La Colina, Buenos Aires, La Esperanza, Pozo Azul y diversas zonas residenciales privadas. También aporta a la conexión con diferentes escenarios deportivos, religiosos y culturales, como lo son: El patinódromo, el estadio municipal Luis Antonio Duque Peña, la ruta ecológica El Arbolito en la vereda Agua Clara, el Seminario mayor, la discoteca y restaurante Keops, el mega colegio Francisco Manzanera, el coliseo Martha Catalina Daniels, la Piscina olímpica municipal, el Coliseo de Ferias, el Parque de las olas y el Parque biosaludable.

Por esta razón, surge la necesidad de realizar una evaluación funcional de la vía antes mencionada, implementando la metodología PCI; para así, determinar tras el análisis el porcentaje de estado de la vía, aportando a los planteamientos de mantenimiento y reestructuración necesarios para la satisfacción y comodidad de quienes transitan por la vía.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la condición actual del pavimento existente del tramo vial de la carrera 24 entre la calle 40 y calle 3 mediante el método PCI.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Identificar las fallas existentes del tramo vial comprendido por 3.5 Kilómetros y abscisados cada 100 metros, que presenta el pavimento flexible de la carrera 24 entre la calle 40 y calle 3 del municipio de Girardot, Cundinamarca.
- ❖ Estipular las causas de los posibles daños que presenta la carrera 24 determinando el índice de condición del presente pavimento con respecto a los daños existentes con base a la metodología PCI.
- ❖ Determinar el porcentaje de daño que tiene la vía según la metodología *Pavement Condition Index* (PCI).

4. MARCOS DE REFERENCIA

4.1 ANTECEDENTES

Los antecedentes, en los que se fundamenta esta investigación, proporcionan un conocimiento mayor de lo que significa la metodología PCI y su implementación para la evaluación de pavimentos; así mismo, funcionan como referentes metodológicos propicios para la siguiente investigación.

El primer trabajo consultado como antecedente, tiene como título “Evaluación Superficial De Un Pavimento Flexible De La Calle 134 Entre Carreras 52a A 53c Comparando Los Métodos VIZIR y PCI (2017)” de Ing. Oscar Mauricio Coy Pineda. La investigación, tenía por objetivo Evaluar y comparar los métodos VIZIR y PCI, en un pavimento flexible urbano de la calle 134 entre cra 52a y 53c de la ciudad de Bogotá, Colombia. Para esto, se realizó una recopilación y un análisis de datos, basados en la zona de estudio, implementando las metodologías VIZIR Y PCI. Posterior a esto, se realizó una comparación de datos, con el fin de determinar cuál de las metodologías de evaluación se adapta mejor al estado actual de la vía.

En cuanto a los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se pudo observar que las dos metodologías tienen un resultado similar. La metodología VIZIR es más sencilla de aplicar y describe mejor los tipos de fallas que presenta a comparación de la metodología PCI; sin embargo, la metodología PCI evalúa mejor el estado de la vía, ya que en sus cálculos analiza todas las fallas que puede existir en un pavimento.

De acuerdo con lo anterior, se elige este trabajo como antecedente ya que, en su estudio, se puede analizar la manera en la que se implementa la metodología PCI para la evaluación de un tramo de vía de pavimento flexible, en la ciudad de Bogotá.

Por otra parte, también se eligió como antecedente la investigación que tiene como título “Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado. (2018)” de Tacza Herrera Erica Betsabé y Rodríguez Páez Braulio Omar; realizada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas de Lima (Perú), cuyo objetivo consistió en proponer alternativas de intervención que permitieran mejorar la condición operacional del pavimento flexible existente en el carril segregado del corredor Javier Prado. Su metodología se basó en las siguientes fases: *Primero:* Se identificaron todas las fallas existentes, posterior a esto, se analizaron las fallas con mayor porcentaje en función a su severidad y ubicación basado en la metodología PCI. *Segundo:* Se calculó el valor

del PCI tanto en las unidades de muestreo como en el total de la vía. *Tercero:* Una vez identificadas las fallas, se presentó una matriz con las alternativas de intervención propuestas por el manual de PCI. *Cuarto:* Se consideraron las posibles causas que dieron origen a las diferentes fallas.

Mediante la aplicación del método *Pavement Condition Index* (PCI), determinaron la condición actual del pavimento, se encontraron 8 tipos de fallas en la vía los cuales fueron: *Grietas piel de cocodrilo* con una densidad general del 20%, *grietas longitudinales/transversales* con una densidad general de 18%, *Huecos* con una densidad general del 17%, *Ahuellamientos* con una densidad general del 14%, *desplazamiento* con una densidad general de 14%, *desprendimiento de agregados* con una densidad general de 9%, *depresión* con una densidad general de 7% y *agrietamiento en bloque* con una densidad general de 2%. Además de esto, se visualizó que no se habían hecho trabajos de mantenimiento, causando más severidad a las fallas existentes. en total se analizaron 18 unidades de muestra en donde la clasificación general de la vía según el método PCI es: *Excelente* (17%), *Muy Bueno* (22%), *Bueno* (22%), *Regular* (11%), *Malo* (11%), *Muy Malo* (17%); el valor del PCI de la vía de estudio tuvo un equivalente a 57, este valor se analiza en gráficos para determinar la condición de rehabilitación, que en este caso es óptima y es necesario aplicar el mantenimiento adecuado para prevenir mayor severidad de los daños actuales.

Este documento de investigación sirve como referencia para determinar los procedimientos necesarios que se deben tener en cuenta para analizar los diferentes tipos de fallas y evaluar el estado actual de una vía como la que se pretende analizar en esta monografía.

De igual manera, se tiene en cuenta la investigación “Aplicación de Metodología de Evaluación PCI a Pavimento Flexible en la Localidad de Engativá. (2019)” de Ruiz Martínez Diego Alejandro; esta investigación tuvo lugar en la Universidad Militar Nueva Granada en la ciudad de Bogotá D.C., el cual, pretendía realizar un análisis mediante la metodología de evaluación PCI, en el segmento vial de pavimento flexible del barrio Normandía en la ciudad de Bogotá D.C.; para esto, se hizo una visita a la zona de estudio para realizar un inventario de daños en la vida, basándose en la metodología PCI y apoyada con un registro fotográfico para tener un mejor análisis de los daños existentes. posterior a esto, se decidió dividir la vía en tramos de 30 metros para aplicar la anterior mencionada metodología PCI. una vez determinado los respectivos cálculos de cada tramo de la vía, se determinan los daños más representativos que este tenía en su capa de rodadura; los cuales fueron *Huecos*, *Desprendimiento de Agregados* y *Grietas longitudinales/transversales*.

Dentro de las unidades de muestreo, se evaluaron nueve tramos, los cuales una unidad se clasificó en *excelente estado*, tres tramos en *buen estado* que requieren

de actividades de mantenimiento periódico y rutinario; otros tres tramos en estado *regular* donde es necesario hacer actividades de rehabilitación y por último dos tramos en estado *muy malo*, que requiere actividades de reconstrucción. En general, según los resultados del cálculo PCI, la vía

se encuentra en un estado *bueno*, también indica que todos los tramos tienen fallas diferentes y es necesario hacer intervenciones de mantenimiento, rehabilitación y construcción en la vía; unos más prioritarios que otros, para prestar un servicio óptimo a los usuarios. también destaca, que se debe hacer un mantenimiento constante para prevenir que los daños presentes y futuros, tengan un porcentaje de severidad mayor al actual.

Por consiguiente, se toma esta tesis como antecedente ya que realiza un inventario de daños por medio de la metodología PCI para determinar el alcance de daños que la vía en estudio presenta y poder hacer un diagnóstico de acuerdo con el nivel de severidad que tiene ésta y poder determinar si se necesita un mantenimiento, una rehabilitación o una reparación total, dependiendo del tipo de daño y la ubicación en la que se encuentre.

En la misma línea, se encuentra la investigación “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla. (2009)” de Edgar Daniel Rodríguez Velásquez. Tesis realizada en la Universidad de Piura, Perú; tuvo como objetivo determinar el estado de deterioro estructural del pavimento y determinar el estado de servicio que este ofrece a los usuarios de la vía, por medio de la metodología PCI; ya que esta permite cuantificar la integridad de ésta, de forma indirecta. Su vía de estudio se ubica en la Av. Luis Montero en la ciudad de Piura; es una vía de doble sentido, por lo tanto, se analizaron 600 metros lineales para cada sentido para un total de 1200 metros lineales de pavimento flexible. teniendo en cuenta los cambios de dimensiones que tiene la vía a lo largo, deciden dividir en 2 tramos la vía en estudio, en donde el tramo 1 tiene 3 secciones de diferente medida y el tramo 2 tiene una sola sección de una sola medida, en cada tramo se evaluaron 16 unidades de muestra para un total de 32 unidades de muestra. identificando así, los tipos de fallas existentes en la vía y proceda finalmente al cálculo PCI que determina el estado de servicio en el que se encuentra el pavimento flexible de la vía en estudio.

En conclusión, se determina que el 37% del total de unidades de muestras inspeccionadas, tienen un pavimento “*Regular*”, el 6% de las unidades está en estado “*Muy bueno*”, un 33% de las unidades están en estado “*Bueno*”, 15% en un estado “*Malo*” y finalmente un 9% en “*Muy malo*”. Tomando todas las unidades de muestra, se calcula el PCI ponderado de los 1200 metros el cual determina el estado de la vía como “*Regular*”. Dentro del análisis realizado, evidenciaron obras de reparación que aminoraron la formación de daños, mejorando la calidad del

pavimento. Las fallas que más se denotaron en el trabajo fueron desprendimiento de agregados y corrugaciones.

Este trabajo se toma como antecedente ya que describe detalladamente los procedimientos que se deben realizar al momento de evaluar una vía por medio de la metodología PCI, además de esto, hace anotaciones claves para tener una mayor facilidad y una mejor inspección visual cuando se requiere evaluar una vía; como, por ejemplo, cuando se presentan condiciones en donde hay más de una falla o cuando hay diferentes severidades en una sola falla. Esto resulta ser muy útil ya que se puede realizar un cálculo más preciso del estado en que se encuentra el pavimento flexible realmente.

4.2 MARCO TEÓRICO

El pavimento es un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales, que están técnicamente diseñadas y construidas con materiales apropiados y completamente compactados. Estas estructuras estratificadas están ubicadas en el lecho de la carretera y deben ser totalmente resistentes a la tensión que le transfieren las cargas repetidas del tráfico durante el diseño estructural y la degradación de los factores climáticos. (INVIAS, Manual de Diseño Geometrico de Carreteras, 2008).

Para que el pavimento funcione con normalidad, debe cumplir con los siguientes parámetros: resistir la carga impuesta por el tráfico, resistir la influencia de sustancias externas y exhibir una textura superficial adecuada a la velocidad esperada del vehículo, porque tiene una carga decisiva. Que se ve afectado por la seguridad vial. Además, debe ser capaz de resistir la abrasión provocada por la abrasión de la llanta, y debe tener regularidad superficial horizontal y vertical, de manera que proporcione a los usuarios la suficiente comodidad de acuerdo con la longitud de onda de la deformación y la velocidad de movimiento, y debe ser duradero, debe ser económico, y el ruido de rodadura externo que afecta al interior del vehículo del usuario y al entorno debe ser lo suficientemente moderado, y debe tener el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y brindar una adecuada seguridad vial.

Figura 1. Pavimento Rígido y Pavimento Flexible.



Fuente: CODEPA: Pavimentacion y acabados.

4.2.1 Tipos de pavimentos.

4.2.1.1 Pavimento flexible. “Es un pavimento compuesto por una capa rodante de asfalto, generalmente sostenida por una capa de material no adherido”. (INVIAS, Manual de Diseño Geometrico de Carreteras, 2008).

Una acera flexible es una estructura compuesta por una o más capas de materiales totalmente apoyadas en el suelo. Está técnicamente diseñada y construida con materiales apropiados. Están preparados para soportar cargas de tráfico repetidas bajo diferentes condiciones climáticas sin agrietarse ni deformarse excesivamente, y tener la capacidad de soportar la carga. En el período de tiempo específico de diseño de la estructura del pavimento, dentro de un rango específico de disponibilidad y resistencia, transmitirlos al lecho de la carretera y al suelo de cimentación sin causar un asentamiento o asentamiento excesivo. (Bendezu, 2014).

“Las capas del pavimento flexible están dispuestas en orden descendente de capacidad portante, lo que indica que la capa superior es la capa con mayor capacidad portante entre todas las capas disponibles, por lo que esta estructura de

pavimento es una estructura que soporta la mayor parte de la calzada. La carga del vehículo y la carga restante se transfieren a la calzada”. (Garzon Manuela, 2018).

El piso flexible es una estructura con diversas características, destacando su importancia, uso y eficiencia. El pavimento debe ser duradero, económico, resistente al cambio climático (según el área a construir) y también debe soportar la carga de tráfico diaria. Por tanto, la acera flexible debe diseñarse en función de la cantidad de vehículos que la atraviesen, además debe ser de drenaje, es decir, debe poder drenar el agua de lluvia rápidamente. Para que tenga un servicio cómodo y seguro, debe tener una superficie uniforme, debe poder soportar cargas dinámicas, absorber ruido y debe tener un color adecuado para evitar reflejos. (ASOPAC, 2004).

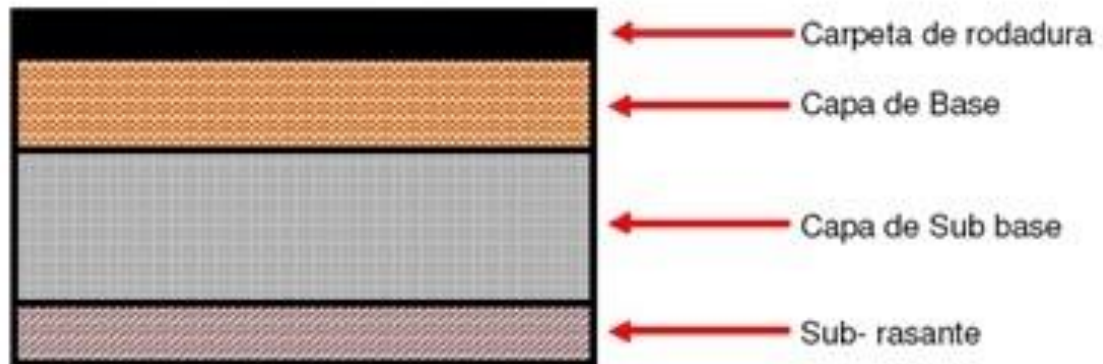
Ventajas del pavimento flexible.

Según la cartilla del pavimento asfáltico (ASOPAC, 2004), las ventajas que tiene un pavimento asfáltico son las siguientes:

- ❖ Proporciona la suficiente resistencia a las cargas impuestas por el tráfico vehicular.
- ❖ El costo de construcción es menor que en el pavimento rígido y con las nuevas tecnologías, los pavimentos flexibles requieren un mantenimiento mínimo.
- ❖ Por su color oscuro, evita reflejos y deslumbramientos causantes de accidentes.
- ❖ Es reciclable en su totalidad, lo que trae importantes ventajas ambientales ecológicas y económicas.
- ❖ El tiempo de restauración de una vía en concreto hidráulico puede tardar días, en mezcla asfálticas apenas unas horas.
- ❖ La contaminación auditiva por el paso de los vehículos es nueve decibeles menores si el vehículo rueda sobre una superficie de concreto asfáltico que de hidráulico. en volumen, esto equivale a 4 veces menos ruido.
- ❖ Ofrece gran suavidad en el rodamiento, lo que permite ahorrar hasta un 4.5% en el consumo de combustible.

❖ Las empresas productoras de pavimento asfáltico son ciento por ciento colombianas, tributan en Colombia y generan empleo a los colombianos.

Figura 2. Estructura de un Pavimento Flexible.



Fuente: Arnoldo 2007

Estructura de un pavimento flexible.

Cómo se observa en la imagen anterior, “la estructura de un pavimento flexible comprende en una subrasante que actuará como cimiento del pavimento y esta a su vez, absorber las cargas restantes que provengan de la capa de rodadura pasando a través de las otras dos capas, pero con cargas admisibles para la subrasante” (Arnoldo, 2007).

Carpeta Asfáltica.

Esta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos. además, debe tener resistencia a la tensión, ya que ésta complementa la capacidad estructural del pavimento y, por último, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento, es decir, este debe ser impermeable (Monsalve Lina, 2012). Todo esto con el fin de dar un servicio óptimo, cómodo y seguro para los usuarios que transiten por la vía.

La carpeta es elaborada con material pétreo y un aglomerante que es el asfalto. Es de gran importancia conocer el contenido óptimo de asfalto a emplear para garantizar que la carpeta resista las cargas a las que será sometida. un exceso de asfalto en la mezcla puede provocar pérdida de estabilidad e incluso hacer resbalosa la superficie. El medio ambiente, también afecta esta capa de rodadura, a causa de dos fenómenos:

efectos térmicos y radiación ultravioleta, por ello deben presentar características elásticas para permitir la expansión y contracción repetitiva de las cargas dinámicas; también debe ser durable para absorber el bombardeo de radiación ultravioleta del sol, evitando envejecimiento prematuro (Rojas, 2013).

Base.

La capa base es la que recibe la mayor parte de los refuerzos producidos por el tránsito de los vehículos y su función principal es la de proporcionar un elemento resistente que transmita estos esfuerzos hacia la subbase y subrasante en una intensidad adecuada. esta capa también debe tener la doble función de drenaje y evitar la ascensión capilar. La primera característica, garantiza una adecuada resistencia y la permanencia de esta con la variación de las condiciones externas que podrían ser perjudiciales, como el contenido de agua; sin embargo, para garantizar la adecuada resistencia, no se consigue solo empleando material friccionante, es necesaria una compactación adecuada (Herrera Erica, 2018).

Para que la capa base pueda ser empleada en la estructura de un pavimento, se le deben realizar ciertos estudios previos para determinar la calidad del material y como se va a comportar. por esta razón en las especificaciones generales de INVÍAS, define tres clases de base granular en función de la calidad de los agregados: A, B y C; las cuales se usan dependiendo de los niveles de tránsito en el que se basa el diseño de pavimento. Y para asegurar la calidad del material, la norma exige unos requisitos mínimos para que este material pueda ser parte de la estructura de un pavimento, los cuales, se determinan realizando una serie de pruebas con pequeñas muestras de material, para determinar sus características físicas, resistencia y comportamiento en diferentes condiciones (INVÍAS, Capítulo 3 Especificaciones Generales de Construcción de carreteras, 2012).

Subbase.

“Se construye con materiales más económicos para que los espesores de las capas sean menores y pueda homogenizar la transferencia de carga a la Subrasante” (ASOPAC, 2004).

La conformación de la subbase es principalmente por consideraciones económicas debido a que se busca conseguir un mayor espesor en el

pavimento, mediante el uso de material más barato, reemplazando la construcción del espesor con materiales de alta calidad como en el caso de la base, consiguiendo que esta última, sea más delgada y se sustituye en parte por la subbase de menor calidad. Debido a que el material de la base es más o menos grueso y el material de la subbase es de mayor fineza esta propiedad genera la característica de transición entre la base y Subrasante ya que esta trabaja como filtro para evitar que el material de la base se mezcle con la Subrasante. Otra propiedad importante de la subbase es que sirve como drenaje para desalojar el agua que se infiltre en el pavimento debido a los cambios volumétricos producto de la humedad. Las cualidades que se buscan en la capa subbase son la resistencia friccionante y la capacidad de drenaje; la primera de ella contribuye a la resistencia en conjunto del pavimento, garantizando que el pavimento tenga un adecuado comportamiento en cuanto a deformabilidad; el segundo referente a la capacidad de drenaje es necesaria para realizar las funciones de drenaje y evitar la ascensión capilar (Herrera Erica, 2018).

Así mismo, la norma INVÍAS en su Capítulo 3 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, clasifica tres tipos de materiales subbase en función a los niveles de tránsito de diseño: A, B y C. para que el material pueda ser usado en la estructura de un pavimento, este también debe cumplir con unos requisitos mínimos para asegurar la calidad del material en función del diseño de pavimento; siguiendo los parámetros que nos indica la norma, se puede determinar las características físicas y mecánicas que tiene el material.

Subrasante.

“Es la superficie que soporta la estructura de un pavimento, está compuesta por terreno natural, aunque en ocasiones, es necesario mejorar las características del terreno para lo cual se requiere un proceso de mejoramiento, como la compactación; pues de estas, dependerá en gran medida, el espesor del pavimento” (Angie, 2017).

Pavimento Rígido.

Son aquellos que fundamentalmente, están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina, subbase del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir en ciertos grados, esfuerzos a la tensión, el comportamiento

de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando exista zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor de pavimento (Monsalve Lina, 2012).

Figura 3. Estructura de un pavimento rígido.



Fuente: Barajas, Buitrago 2017

4.3 METODOLOGÍA PCI

“El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación” (Varela, 2002).

4.3.1 Índice de condición del pavimento (PCI).

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En el Cuadro 1, se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Esta descripción, tiene como fin indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad, tiene sobre la condición del pavimento (Varela, 2002)

Tabla 1. Rango de clasificación del estado del pavimento.

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras (2002)

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 presente. 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 (Varela, 2002)

4.3.2 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento. “La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. La tabla 2 ilustra los formatos para la inspección de pavimentos asfálticos y de concreto, respectivamente. Las figuras son

ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente” (Varela, 2002).

Figura 4. Formato de anotación de fallas.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO					
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.					
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA
ZONA	ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO		
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL		ÁREA MUESTREO (m ²)		
INSPECCIONADA POR		FECHA			
No.	Daño		No.	Daño	
1	Piel de cocodrilo.		11	Parcheo.	
2	Exudación.		12	Pulimento de agregados.	
3	Agrietamiento en bloque.		13	Huecos.	
4	Abultamientos y hundimientos.		14	Cruce de vía férrea.	
5	Corrugación.		15	Ahuellamiento.	
6	Depresión.		16	Desplazamiento.	
7	Grieta de borde.		17	Grieta parabólica (slippage)	
8	Grieta de reflexión de junta.		18	Hinchamiento.	
9	Desnivel carril / berma.		19	Desprendimiento de agregados.	
10	Grietas long y transversal.				
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Valor deducido

Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras (2002).

4.3.3 evaluación de la condición del pavimento. Según Varela (2002) para determinar el índice de condición del pavimento confiable y preciso, es necesario tener en cuenta ciertos aspectos para facilitar el proceso de auscultación de la vía:

a. Equipo.

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.

- Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

b. Procedimiento. Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

c. El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

4.3.4 Evaluación de Fallas según la Metodología PCI. Todas las carreteras presentan deterioros a lo largo de su vida útil, estos deterioros se presentan por diferentes variables a las cuales se somete el pavimento en el momento de su servicio; pueden presentarse deterioros por fatiga de la estructura, cargas del tránsito, calidad de los materiales, proceso constructivo, entre otros. Es importante, reconocer y diferenciar estas fallas ya que al momento de hacer la evaluación PCI, estas tienen diferentes severidades y medidas, y su análisis y evaluación dará el veredicto del estado actual de la vía.

De acuerdo con lo anterior, la metodología PCI en Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras (2002) implementa diecinueve tipos de fallas pertenecientes a pavimentos flexibles:

4.3.4.1 Piel de cocodrilo. Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados en:

(L) Bajos: Grietas finas capilares.

(M) Medios: Patrón o red de grietas ligeramente descascaradas.

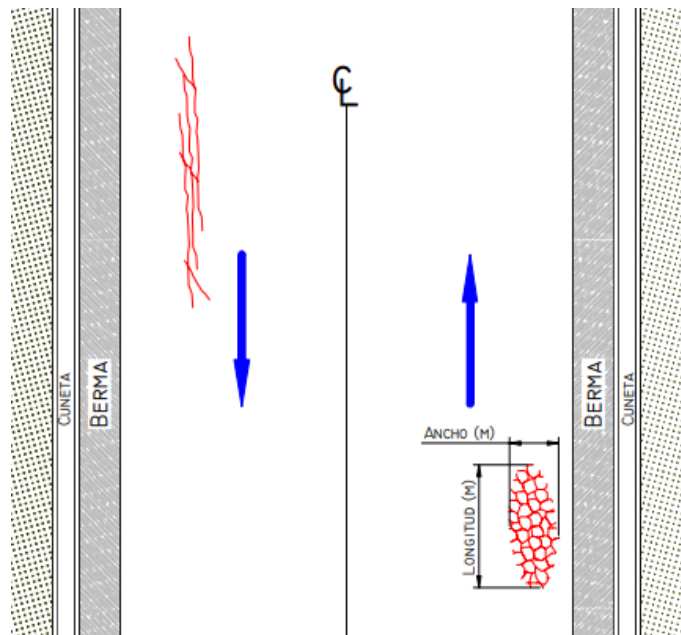
(H) Alto: Red o patrón de grietas definidas y descascaradas. Cabe resaltar, que en un mismo tipo de falla pueden coexistir diferentes niveles de severidad en un área deteriorada.

Figura 5. Piel de cocodrilo de media severidad.



Fuente: Propia

Figura 6. Esquema de piel de cocodrilo en la vía.



Fuente: Manual de inspección de pavimentos flexibles (2006).

Su medición, se realiza en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada, teniendo en cuenta sus niveles de severidad y diferenciándolos durante el registro; si el área estudiada se registra como conjunto debe ser clasificada en el mayor nivel de severidad.

4.3.4.2 Exudación. Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados en:

(L) Bajos: La exudación es detectable únicamente durante pocos días del año y el asfalto no se pega a los vehículos o zapatos.

(M) Medios: El asfalto durante unas pocas semanas del año es capaz de pegarse a los zapatos o a los vehículos.

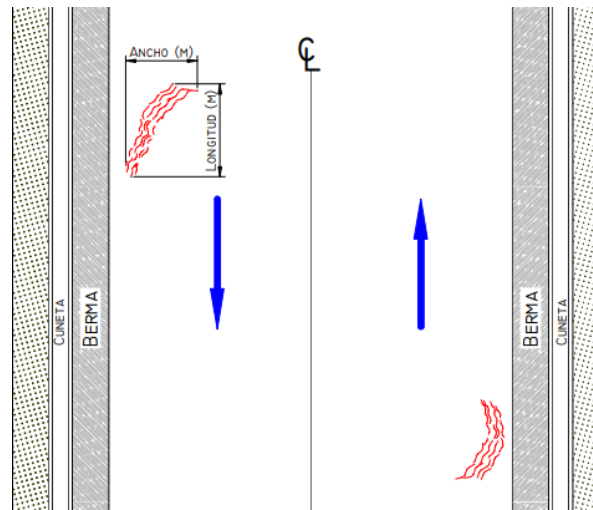
(H) Alto: Exudación extensa, una gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos durante varias semanas.

Figura 7. Exudación en el pavimento.



Fuente: Manual de inspección de pavimentos flexibles (2006)

Figura 8. Esquema de Exudación en la vía.



Fuente: Manual de inspección de pavimentos flexibles (2006)

Su medición se realiza en pies cuadrados del área afectada, contabilizando la exudación sin tener en cuenta el pulimento de agregados.

4.3.4.3 Agrietamiento en bloque. Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados en:

(L) Bajos: Bloques definidos por grietas (longitudinales y transversales) de baja severidad.

(M) Medios: Bloques definidos por grietas de severidad media.

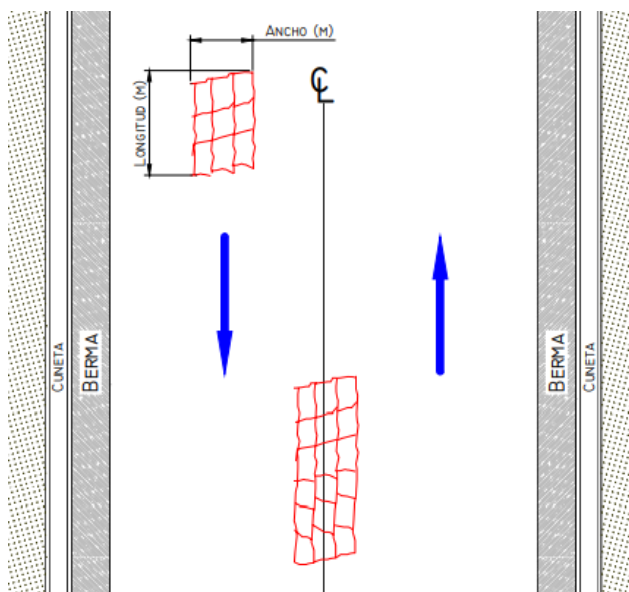
(H) Alto: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

Figura 9. Fisuras en bloque.



Fuente: Propia

Figura 10. Esquema de fisuras en bloque dentro de la vía.



Fuente: Manual de inspección de pavimentos flexibles (2006)

Su medición, se realiza en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada, generalmente se presenta solo un nivel de severidad en una sección de pavimento evaluada.

4.3.4.4 Abultamientos (Bumps) y Hundimientos (SAGS). Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados en:

(L) Bajos: Calidad de tránsito de baja severidad, producto de abultamientos o hundimientos.

(M) Medios: Calidad de tránsito de media severidad, producto de abultamientos o hundimientos.

(H) Alto: Calidad de tránsito de alta severidad, producto de abultamientos o hundimientos.

Figura 11. Abultamiento de una sección de vía.



Fuente: Manual de inspección de pavimentos flexibles (2006)

Figura 12. Hundimiento en una sección de vía.



Fuente: Manual de inspección de pavimentos flexibles (2006)

Su medición, se realiza en pies lineales (o metros lineales) del área afectada; Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.

4.3.4.5 Corrugación. Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados en:

(L) Bajos: Calidad de tránsito de baja severidad, producto de corrugaciones.

(M) Medios: Calidad de tránsito de media severidad, producto de corrugaciones.

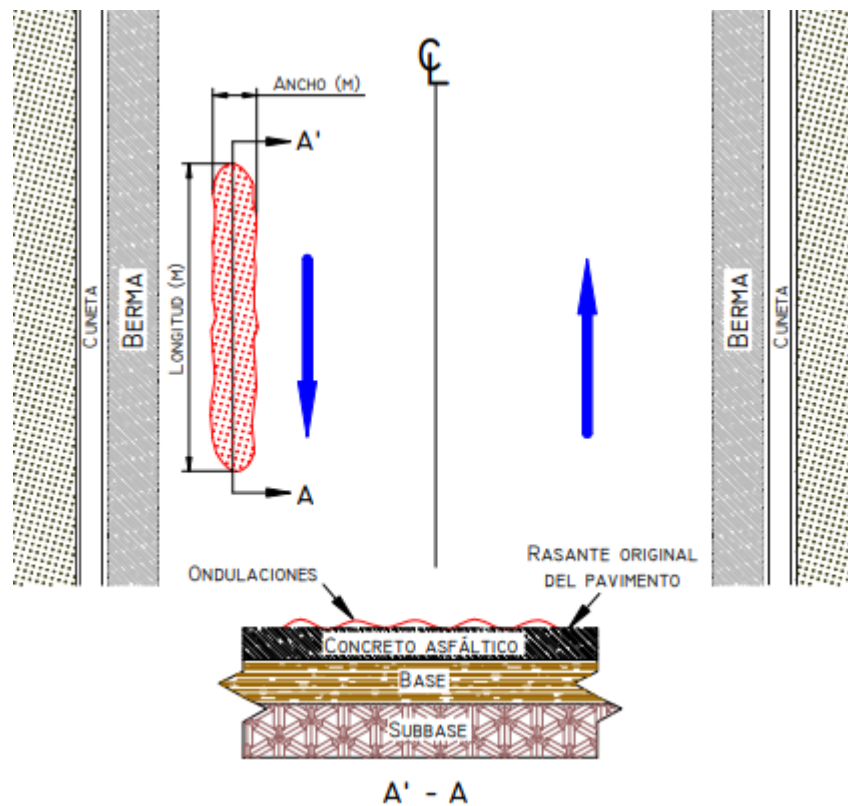
(H) Alto: Calidad de tránsito de alta severidad, producto de corrugaciones.

Figura 13. Corrugación u ondulaciones en una sección de vía.



Fuente: Manual de inspección de pavimentos flexibles (2006)

Figura 14. Esquema de corrugación en una vía.



Fuente: Manual de inspección de pavimentos flexibles (2006)

Su medición, se realiza en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada.

4.3.4.6 Depresión. Para este tipo de falla, como se observa en la ilustración 16, se presentan niveles de severidad clasificados así:

(B) Bajos: Profundidad máxima de depresión de 13.0 a 25.0 mm.

(M) Medios: Profundidad máxima de depresión de 25.0 a 51.0 mm.

(H) Alto: Profundidad máxima de depresión de más de 51.0 mm.

Figura 15. Depresión en una vía.



Fuente Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras (2002)

Su medición, se realiza en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. (2002)

4.3.4.7 Grieta de borde. Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados en:

(L) Bajos: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

(M) Medios: Agrietamiento medio con algo de fragmentación o desprendimiento.

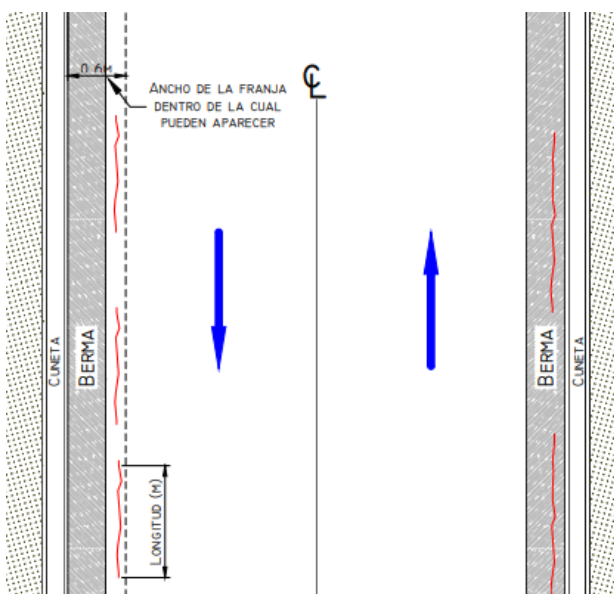
(H) Alto: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

Figura 16. Fisura de borde de alta severidad.



Fuente: Propia

Figura 17. Esquema de fisuras de borde en la vía.



Fuente: Manual de inspección de pavimentos flexibles (2006)

Su medición, se realiza en pies lineales (o metros lineales) del área afectada.

4.3.4.8 Grieta de reflexión de junta (de losas de concreto de cemento Pórtland). Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados en:

(L) Bajos: Agrietamiento sin relleno de ancho menor que 10.0 mm o grieta rellena de cualquier ancho.

(M) Medios: Agrietamiento sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm, grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio o grieta rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.

(H) Alto: Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad, grietas sin relleno de más de 76.0 mm; Es decir, una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada).

Figura 18. Grieta de reflexión de junta.



Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras (2002)

Su medición, se realiza en pies lineales (o metros lineales) del área afectada. Registrando la longitud y nivel de severidad de cada grieta por separado.

4.3.4.9 Desnivel carril / Berma. Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados en:

(L) Bajos: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.

(M) Medios: La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.

(H) Alto: La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.

Figura 19. Desnivel carril/berma.



Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras (2002)

Su medición, se realiza en pies lineales (o metros lineales) del desnivel carril / berma.

4.3.4.10 Grietas longitudinales y transversales (no son de reflexión de losas de concreto de cemento Pórtland). Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados en:

(L) Bajos: Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm o grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

(M) Medios: Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm, grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas y grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.

(H) Alto: Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta o grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.

Figura 20. Grieta Longitudinal.



Fuente: Propia

Figura 21. Grietas transversales.



Fuente: Propia

Su medición, se realiza en pies lineales (o metros lineales) del área afectada, registrando la longitud y severidad de cada grieta posteriormente a su identificación; registrando cada nivel de severidad existente en la grieta por separado y otras posibles fallas.

4.3.4.11 Parcheo y acometidas de servicios públicos. Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados en:

(L) Bajos: Cuando el parche está en buena condición y es satisfactorio, se califica la calidad del tránsito como de baja severidad o mejor.

(M) Medios: Cuando el parche está moderadamente deteriorado, se califica la calidad del tránsito como de severidad media.

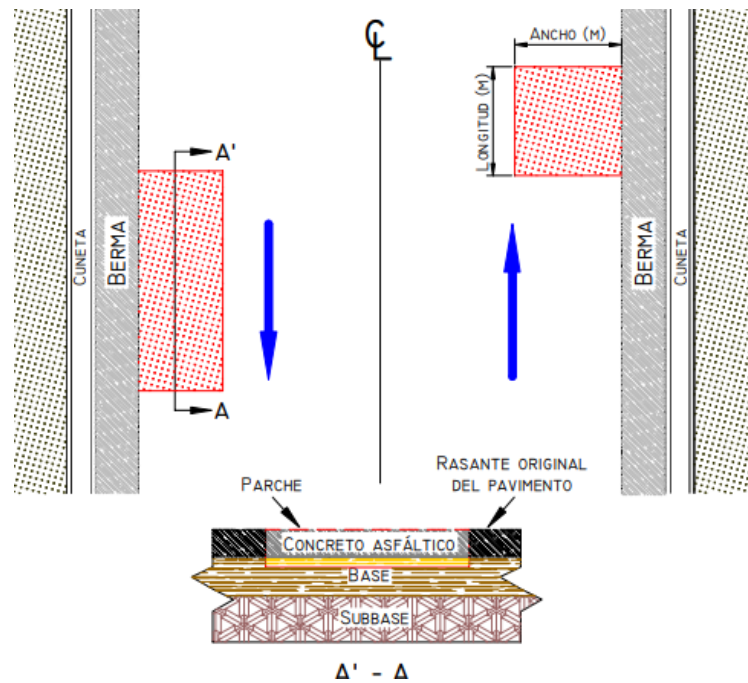
(H) Alto: Cuando el parche está muy deteriorado, se califica la calidad del tránsito como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

Figura 22. Parche de reparación en la vía.



Fuente: Propia

Figura 23. Esquema de parcheo en la vía.



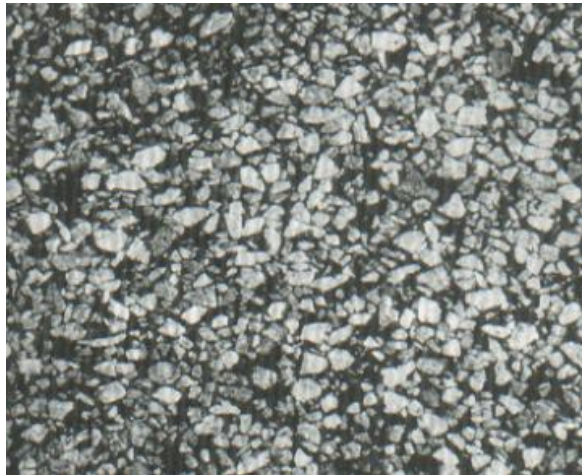
Fuente. Manual de inspección de pavimentos flexibles (2006)

Su medición, se realiza en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada. sí un parche presenta áreas de diferente severidad, deben medirse y registrarse de forma separada.

4.3.4.12 Pulimiento de agregados. Para este tipo de falla, no se presentan niveles de severidad; sin embargo, se tiene en cuenta el grado de pulimiento, el cual

deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

Figura 24. Pulimiento de agregados.



Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras (2002)

Su medición, se realiza en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada. Si existe exudación no se tendrá en cuenta el pulimiento de agregados.

4.3.4.13 Huecos. Para este tipo de falla, se determinan los niveles de severidad según el diámetro menor que 762mm, basados en la profundidad y el diámetro de los huecos, véase cuadro:

(M) Medios: Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media.

(H) Alto: Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

Tabla 2. Clasificación de severidad de los huecos.

Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras (2002)

Figura 25. Huecos de mediana severidad.



Fuente: Propia

Su medición, se realiza en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada. Si el diámetro del hueco es mayor que 762mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies² (0.47 m²) para hallar el número de huecos equivalentes.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. (2002)

4.3.4.14 Cruce de vía férrea. Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados en:

(L) Bajos: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.

(M) Medios: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.

(H) Alto: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.

Figura 26. Cruce de vía férrea.



Fuente: Pavement Condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras (2002)

Su medición, se realiza en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse.

4.3.4.15 Ahuellamiento. Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados según la Profundidad media del ahuellamiento, es decir:

(L) Bajos: 6.0 a 13.0 mm.

(M) Medios: >13.0 mm a 25.0 mm.

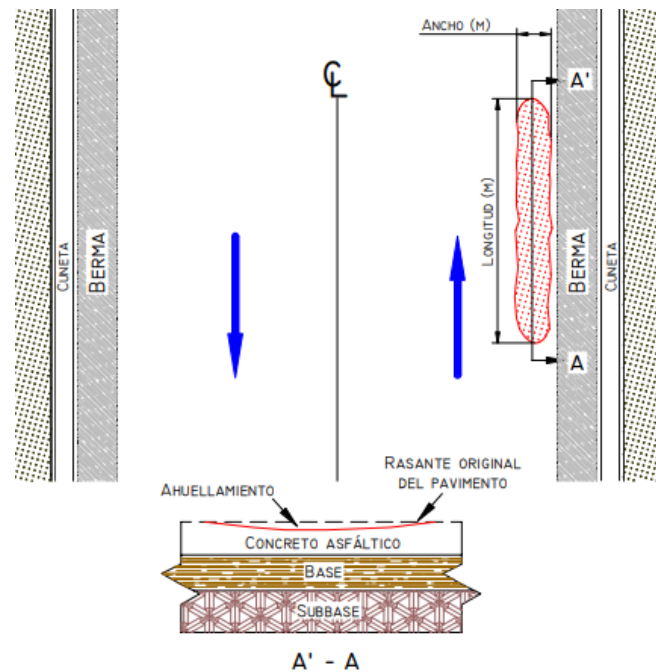
(H) Alto: > 25.0 mm.

Figura 27. Ahuellamiento.



Fuente: Manual de inspección de pavimentos flexibles (2006)

Figura 28. Esquema de ahuellamiento en la vía.



Fuente: Manual de inspección de pavimentos flexibles (2006)

Su medición, se realiza en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad.

4.3.4.16 Desplazamiento. Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados en:

(L) Bajos: El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.

(M) Medios: El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

(H) Alto: El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

Figura 29. Desplazamiento de mediana severidad.



Fuente: Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras (2002)

Su medición, se realiza en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada. Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches.

4.3.4.17 Grietas parabólicas (Slippage). Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados en:

(L) Bajos: Cuando el ancho promedio de la grieta es menor que 10.0 mm.

(M) Medios: Cuando el ancho promedio de la grieta es entre 10.0 mm y 38.0 mm o cuando el área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.

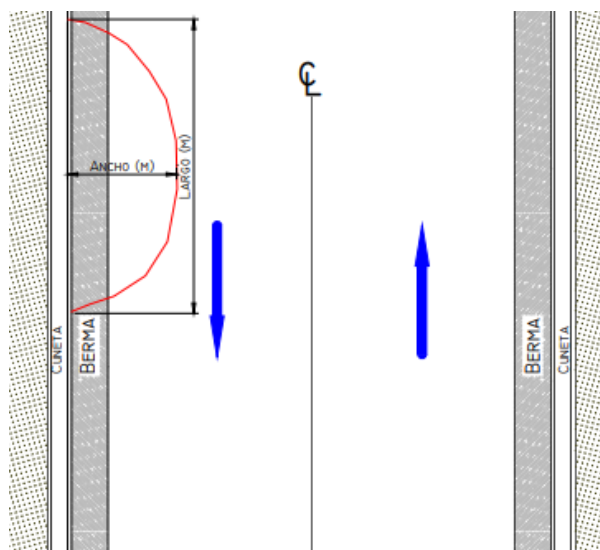
(H) Alto: Cuando el ancho promedio de la grieta es mayor que 38.0 mm o cuando el área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

Figura 30. Grieta parabólica.



Fuente Manual de inspección de pavimentos flexibles (2006)

Figura 31. Esquema de grieta parabólica en la vía.



Fuente: Manual de inspección de pavimentos flexibles (2006)

Su medición, se realiza en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.

4.3.4.18 Hinchamiento. Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados en:

(L) Bajos: El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad, puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.

(M) Medios: El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

(H) Alto: El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

Figura 32. Hinchamiento.



Fuente: Manual de inspección de pavimentos flexibles (2006)

Su medición, se realiza en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada.

4.3.4.19 Meteorización / Desprendimiento de agregados. Para este tipo de falla, se presentan niveles de severidad clasificados en:

(L) Bajos: Cuando han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. Al existir derramamiento de aceite, se ve su marca, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.

(M) Medios: Cuando se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. Al existir derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.

(H) Alto: Cuando se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada (diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm). Al existir derramamiento de aceite, el ligante asfáltico pierde su efecto ligante y el agregado estará suelto.

Figura 33. Pulimiento de agregados de alta severidad.



Fuente: Propia

Su medición, se realiza en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada.

4.4 MARCO CONCEPTUAL

PAVIMENTO FLEXIBLE: el pavimento flexible es una estructura formada por varias capas como lo son la subrasante, la subbase, la base y la carpeta asfáltica; cada una con una función determinada. (Gabriel Enrique Bonett Solano, 2014 Bogotá D.C.).

SUBRASANTE: de esta manera se denomina al suelo que sirve como fundación para toda la parte estructural del pavimento (Características de la subrasante, 2010).

BASE: su función principal es resistir los esfuerzos inducidos por los vehículos y dar un soporte homogéneo a la carpeta de rodadura, transmitiendo a las capas inferiores que la soportan una mínima porción de carga (ASOPAC, 2004)

SUBBASE: es una capa granular construida con materiales más económicos que los de las anteriores capas, esta capa facilita el drenaje del agua que pueda filtrarse por la superficie o ascienda por capilaridad. (Angie, 2017)

CAPA DE RODADURA: proporciona una superficie estable, uniforme y antideslizante. Además, sirve como capa impermeabilizante, impidiendo el paso del agua al interior del pavimento, y al mismo tiempo lo drena para evitar el deslizamiento de vehículos. (ASOPAC, 2004)

4.5 MARCO CONTEXTUAL

“El municipio de Girardot ubicado en el departamento de Cundinamarca ofrece un gran potencial para el desarrollo de actividades, su mayor fuente de ingresos es el turismo. Por otro lado, su localización estratégica e histórica en cercanía a la ribera del río Magdalena, lo posiciona como una gran oportunidad para ayudar a entender y a brindar posibles soluciones para un sector tan estratégico e importante a escala nacional” (Trujillo & Rueda, 2018).

Este posicionamiento estratégico lo establece como cruce de caminos, gracias a sus diferentes conexiones regionales, producto de que su principal entrada de ingresos es el turismo.

Girardot cuenta con un gran porcentaje de población flotante producto de su enfoque turístico; bajo tres modalidades de acogida: hoteles, centros vacacionales y residencias campestres (Trujillo & Rueda, 2018, pág. 20). La población flotante se mantiene en un flujo permanente, puesto que se considera la ciudad como el destino turístico vacacional de los habitantes, recibiendo un promedio de 65.000 y 300.000 visitantes.

Ahora bien, la carrera 24 como se expresó anteriormente en la justificación y el contexto del problema; cumple con una serie de características que, según su funcionalidad y tipo de terreno, la clasifican como una carretera secundaria. Ya que esta, es una vía que une las cabeceras municipales entre sí; este tipo de carreteras,

proviene de una cabecera municipal y también conectan con una carretera primaria.

Esta, es una vía en pavimento flexible y según el análisis realizado consta de 3.450 metros de longitud. Además, consta de distintas medidas de ancho; gracias a los diferentes puntos de intersección que conectan con los barrios aledaños. Cabe resaltar, que la vía Consta de cuatro carriles, los cuales están divididos por un separador en ambos sentidos de la vía; es decir, un total de dos carriles en cada dirección.

Por otra parte, al ser una vía urbana, aparte de tener una amplia zona residencial como condominios y conjuntos residenciales, aporta a la conexión con diferentes escenarios deportivos, religiosos y culturales, como lo son: El patinódromo, el estadio municipal Luis Antonio Duque Peña, la ruta ecológica El Arbolito en la vereda Santa Clara, el Seminario mayor, la discoteca y restaurante Keops, el mega colegio Francisco Manzanera, el coliseo Martha Catalina Daniels, la Piscina olímpica municipal, el Coliseo de Ferias, el Parque de las olas y el Parque biosaludable.

4.6 MARCO GEOGRÁFICO

Según la página web del municipio de Girardot: (Girardot, Informacion del Municipio, 2021)

Descripción física:

El Municipio de Girardot se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca, en una ubicación astronómica de 4°18'28" Latitud Norte y 74°48'06" Longitud Oeste, con una altitud de 289 metros sobre el nivel del mar.

Límites Generales:

Este municipio limita al norte con el municipio de Nariño y Tocaima, Al sur con el municipio de Flandes y el río Magdalena, al Oeste con el río Magdalena y el Municipio de Coello y al Este con el Municipio de Ricaurte y el río Bogotá.

Extensión municipio: 129 km²

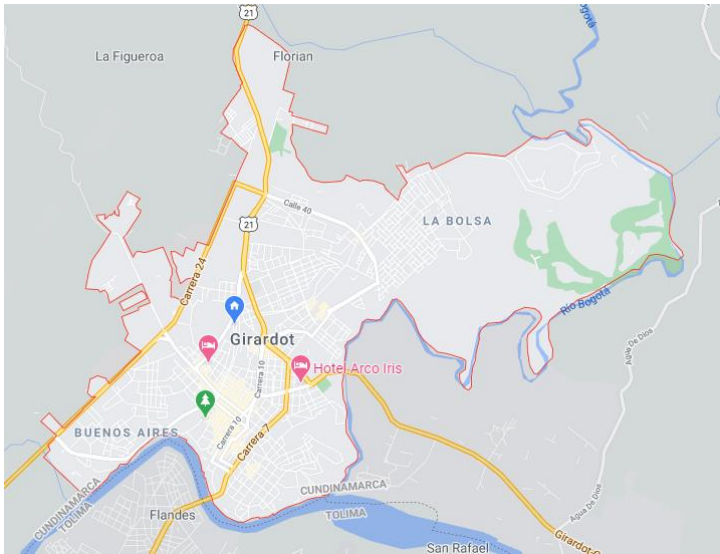
Temperatura promedio anual: 33.3° C

Distancia a Bogotá: 124 km

Vía en Estudio:

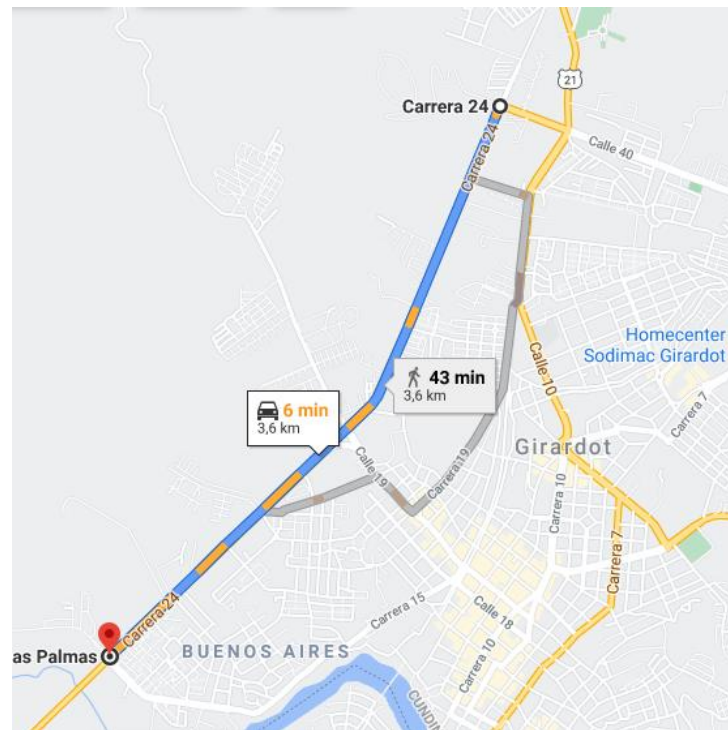
Dentro del municipio de Girardot existen varias vías principales de las cuales la Carrera 24 es una de estas, la cual será evaluada entre el punto inicial ubicado a 4°19'13" N, 74°48'21"W y el punto final ubicado a 4°17'42"N, 74°49'27". (Google, 2021)

Figura 34. Límites de Girardot.



Fuente: Google Maps

Figura 35. Ruta Marcada en la Carrera 24 desde la calle 3 Hasta la calle 40.



Fuente: Google Maps

4.7 MARCO INSTITUCIONAL

Un grupo de estudiantes de arquitectura de una universidad de Bogotá, se sintieron inconformes con el sistema educativo colombiano, estos, realizaron un movimiento estudiantil, para crear una institución que supiera la necesidad que los estudiantes requerían.

El 14 de septiembre de 1962, un grupo de senadores de la república, en el que destacan Alfonso Palacio Rudas y Raúl Vásquez Vélez, junto con estudiantes y padres de familia, dieron origen a la universidad la cual se denominó CORPORACIÓN UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA.

La universidad piloto de Colombia pretende ser un centro universitario de excelencia, en el que su prestigio se fundamenta en la gestión institucional, impacto cultural, en la ciencia, en la tecnología y en el desarrollo social.

La misión que tiene la universidad piloto de Colombia es formar profesionales con pensamiento crítico, conocimiento científico, respetuosos de la diversidad humana

y sus expresiones culturales; que se comprometan a contribuir, mediante la investigación y la formación integral, problemas y necesidades a nivel nacional e internacional, mejorando la calidad de vida y la sostenibilidad

4.8 MARCO HISTÓRICO

A partir de 1907, el país comenzaría la construcción de carreteras. “Carreteras construidas apresuradamente, sin mantenimiento adecuado, incapaces de generar tráfico, porque atraviesan territorios inmensos escasamente poblados” Alvear José (2007).

Durante el quinquenio se construyeron 207 kilómetros de carreteras (macadam), el precio promedio por kilómetro fue de 3.579 pesos; la mayor parte de la inversión fue elaborada entre la capital y Santa Rosa de Viterbo.

El orden cronológico del inicio de obras viales colombianas, más destacadas según Alvear José (2007) es el siguiente:

- ❖ 1914 Samacá al puente de Boyacá y de Sibaté a La Aguadita.
- ❖ 1916 Pasto y Putumayo; de Calarcá a Ibagué, de Sogamoso a Garcitas de Chiquinquirá Guepsa y San José; de Cúcuta a Ocaña; de Quibdó a Bolívar; de Tolú a Sincelejo.
- ❖ 1919 Albán y el Magdalena.
- ❖ 1920 Cúcuta y el Magdalena.
- ❖ 1922 Barranquilla y Cartagena; Tocaima y Agua de Dios y la carretera de Oriente en Antioquia.

Girardot, Cundinamarca, era conocido como el puerto fluvial más cercano al éste, radicó su evolución gracias al Río Magdalena en la segunda mitad del siglo XIX

Posterior a esto, el 10 de febrero de 1844, en honor al prócer antioqueño Manuel Atanasio Girardot recibe su nombre el municipio.

Gracias a su importante ubicación geográfica y su posicionamiento sobre el río Magdalena, se convirtió en la intersección más importante del comercio.

(...) fue su posición geográfica la que le permitió a la ciudad tener la confluencia de la navegación, el ferrocarril y las vías carreteables, y además convertirse en centro de acopio por estar en medio de zonas de alta producción agrícola (Fayad Alvarez, 2009).

Durante el gobierno de Eduardo Santos (1938 - 1942) se finalizó la construcción de las carreteras; en 1930 construir un kilómetro de carretera le costaba al país \$25.000. Con los cambios a nivel vial, pretendían reunir las regiones del país con el río Magdalena y hacer enlaces para la exportación (Fayad Alvarez, 2009, pág. 37)

Gracias a esto, se acortaron las distancias y se mejoraron las condiciones económicas y de comodidad para realizar los viajes por tierra en automóviles y también para el transporte de carga en algunos lugares del país.

Saldarriga (2000) señala entre los requisitos para que una ciudad se considere moderna que: "La dotación de una extensa red jerarquizada de vías principales y secundarias localizadas y diseñadas según consideraciones funcionales y técnicas". Aspecto que cumplía Girardot (entre otros aspectos importantes), llevándolo a crecer urbanamente como una ciudad moderna en las primeras décadas del siglo XX.

Por otra línea, en cuanto a el progreso vial en la ciudad, existen registros del año 1935 en los que se evidencia que no existían calles pavimentadas en la ciudad, estas tenían como mantenimiento cubrirlas cada tres meses con una mezcla de peñón y agua. Sin embargo, se destaca la calle del Camellón como la primera en estar pavimentada a finales de la década y en tener alumbrado público; gracias a su importante ubicación como eje comercial.

No obstante, las numerosas construcciones que se han hecho hacia el norte, por el lado de la famosa piscina, y entre las cuales se encuentra nada menos que el Hotel del Turismo, la obra más importante que en este género se ha hecho en el interior del país; la médula de Girardot sigue siendo el Camellón del comercio, bordeado por los años y acogedores árboles que le dieron el nombre de Ciudad de las Acacias (Delgado, Nieto. C, citado por Fayad. P.33.).

5. DISEÑO METODOLÓGICO

La presente investigación fue de tipo cuantitativa, orientada en el método investigativo evaluativo; tuvo como referente la Metodología PCI y se consistió en la implementación de cuatro fases:

Fase de recolección de información:

Esta fase consistió en la Identificación geográfica de la vía a evaluar, mediante la herramienta Google Maps, en donde se estableció el tramo de la vía y la determinación de la longitud de la misma. Además, se tomó en cuenta la información encontrada respecto a la vía, como: su descripción, importancia y estado actual. Por otro lado, se buscó determinar la importancia de la vía mediante la implementación de un aforo vehicular basado en un conteo vehicular por 12 horas.

Fase de inspección y evaluación:

Esta fase consistió en la realización de una inspección vial; en donde se dividió la vía en tramos de 100 metros, utilizando las siguientes herramientas:

Odómetro: Esta herramienta se implementó para medir el largo de cada tramo.

Flexómetro: Esta herramienta se implementó para medir las profundidades y dimensiones de las fallas más pequeñas.

Decámetro: Esta herramienta se implementó, para medir las fallas de áreas grandes dentro del tramo.

Regla de 1m: Esta herramienta se implementó para medir la profundidad de las fallas.

Formato de inspección (según metodología PCI): Esta herramienta, se implementó, para recopilar información respecto al estado de la vía; identificando los daños; teniendo en cuenta su clase, su severidad y su extensión.

A continuación, se mostrará en la tabla 3 el formato de inspección visual del Manual “Pavement Condition Index” o Índice de condición del pavimento, por su traducción

en español, se lleva a cabo la evaluación de la información secundaria haciendo uso de las fórmulas expuestas de acuerdo a los temas seleccionados para llevar a cabo el cálculo y así determinar el estado de la vía.

Tabla 3. Formato de inspección visual.

[illegible]

De acuerdo a lo anterior, mediante la inspección visual se buscó identificar y cuantificar el porcentaje de daño de la vía, realizando un respectivo diagnóstico, tomando como referente la evaluación de pavimentos según la metodología PCI; teniendo en cuenta los niveles de severidad de fallas e indicaciones de medición las cuales son: Piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque, abultamientos (bumps) y hundimientos (SAGS), corrugación, depresión, grieta de borde, grieta de reflexión de junta (de juntas de cemento portland), desnivel carril - berma, grietas longitudinales y transversales, parcheo y acometidas de servicios públicos, pulimiento de agregados, huecos, cruce de vía férrea, ahuellamiento, desplazamiento, grietas parabólicas, hinchamiento, meteorización y desprendimiento de agregados.

Fase de análisis de datos:

Esta fase consistió en el análisis de la información recolectada tras la inspección vial realizada a la Carrera 24, desde la calle 3 hasta la calle 40. Para esto, se procedió a la evaluación de los datos recolectados en el Formato de inspección (según metodología PCI).

Fase de conclusiones y recomendaciones:

Esta fase consistió en la sistematización de los datos obtenidos tras el análisis, clasificando las diferentes fallas y determinando el porcentaje de daño de la vía evaluada. También, se realizan las conclusiones según el análisis realizado en la fase anterior y por último se debe realizar las recomendaciones respectivas para el mantenimiento de la vía.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizados todos los cálculos, se han obtenido los siguientes resultados de cada unidad de muestreo y con esto se ha determinado el estado de la vía y la acción a ejecutarse:

Tabla 4. análisis final PCI por carril.

Total, Carril Derecho	1099	
Promedio PCI Del Carril Derecho	35,45	Rehabilitación - Refuerzo Estructural
Total, Carril Izquierdo	868	
Promedio PCI Del Carril Izquierdo	28	Rehabilitación - Refuerzo Estructural
Total, Carril Neutro	320	
Promedio PCI Carril Neutro	64	Mantenimiento Preventivo, Rutinario O Periodico

Fuente: realización propia.

Se determina en el cuadro anterior que los carriles izquierdo y derecho necesitan con urgencia una rehabilitación o un refuerzo estructural para su funcionamiento.

TABLA DE ANALISIS POR TRAMO Y SU ACCION A TOMAR							
TRAMO	CARRIL	ABSIISA INICIAL	ABSIISA FINAL	ÁREA TRAMO	PCI	CALIFICACIÓN	ACCION A EJECUTARSE
1	IZQUIERDO	K0+000	K0+050	770	13	MUY POBRE	Rehabilitacion-Reconstruccion
	DERECHO	K0+000	K0+100	750	49	REGULAR	
2	IZQUIERDO	K0+100	K0+200	770	15	MUY POBRE	Rehabilitacion-Reconstruccion
	DERECHO	K0+100	K0+200	750	34	POBRE	Rehabilitacion- Refuerzo estructural
3	IZQUIERDO	K0+200	K0+300	770	12	MUY POBRE	Mantenimiento Preventivo rutinario o Periodico
	DERECHO	K0+200	K0+300	750	73	MUY BUENO	
4	IZQUIERDO	K0+300	K0+400	770	52	REGULAR	Rehabilitacion-Reconstruccion
	DERECHO	K0+300	K0+400	750	7	FALLADO	
5	IZQUIERDO	K0+400	K0+500	770	16	MUY POBRE	Mantenimiento Correctivo
	DERECHO	K0+400	K0+500	750	48	REGULAR	
6	IZQUIERDO	K0+500	K0+600	770	6	FALLADO	Rehabilitacion-Reconstruccion
	DERECHO	K0+500	K0+600	750	7	FALLADO	Rehabilitacion-Reconstruccion
7	IZQUIERDO	K0+600	K0+700	770	15	MUY POBRE	Rehabilitacion-Reconstruccion
	DERECHO	K0+600	K0+700	750	65	BUENO	MANTENIMIENTO
8	IZQUIERDO	K0+700	K0+750	385	16	MUY POBRE	Rehabilitacion-Reconstruccion
	DERECHO	K0+700	K0+750	375	80	MUY BUENO	Mantenimiento Preventivo rutinario o Periodico
9	ÚNICO	K0+750	K0+850	1000	36	POBRE	Rehabilitacion- Refuerzo estructural
10	ÚNICO	K0+850	K0+950	1000	78	MUY BUENO	Mantenimiento Preventivo rutinario o Periodico
11	ÚNICO	K0+950	K1+050	1000	54	REGULAR	Mantenimiento Preventivo
12	ÚNICO	K1+050	K1+150	1000	88	EXCELENTE	Mantenimiento Preventivo
13	ÚNICO	K1+150	K1+250	1000	64	BUENO	MANTENIMIENTO
14	IZQUIERDO	K1+250	K1+350	600	47	REGULAR	Mantenimiento Correctivo
	DERECHO	K1+250	K1+350	600	70	BUENO	MANTENIMIENTO
15	IZQUIERDO	K1+350	K1+450	600	62	BUENO	MANTENIMIENTO
	DERECHO	K1+350	K1+450	600	78	MUY BUENO	Mantenimiento Preventivo rutinario o Periodico
16	IZQUIERDO	K1+450	K1+550	600	48	REGULAR	Mantenimiento Correctivo
	DERECHO	K1+450	K1+550	600	89	EXCELENTE	Mantenimiento Preventivo
17	IZQUIERDO	K1+550	K1+650	600	59	BUENO	MANTENIMIENTO
	DERECHO	K1+550	K1+650	600	33	POBRE	Rehabilitacion- Refuerzo estructural
18	IZQUIERDO	K1+650	K1+750	600	31	POBRE	Rehabilitacion- Refuerzo estructural
	DERECHO	K1+650	K1+750	600	58	BUENO	MANTENIMIENTO
19	IZQUIERDO	K1+750	K1+850	600	28	POBRE	Rehabilitacion- Refuerzo estructural
	DERECHO	K1+750	K1+850	600	36	POBRE	Rehabilitacion- Refuerzo estructural
20	IZQUIERDO	K1+850	K1+950	750	2	FALLADO	Rehabilitacion-Reconstruccion
	DERECHO	K1+850	K1+950	750	21	MUY POBRE	Rehabilitacion-Reconstruccion
21	IZQUIERDO	K1+950	K2+050	750	27	POBRE	Rehabilitacion- Refuerzo estructural
	DERECHO	K1+950	K2+050	750	72	MUY BUENO	Mantenimiento Preventivo rutinario o Periodico
22	IZQUIERDO	K2+050	K2+150	750	7	FALLADO	Rehabilitacion-Reconstruccion
	DERECHO	K2+050	K2+150	750	43	REGULAR	Mantenimiento Correctivo
23	IZQUIERDO	K2+150	K2+250	750	16	MUY POBRE	Rehabilitacion-Reconstruccion
	DERECHO	K2+150	K2+250	750	18	MUY POBRE	Rehabilitacion-Reconstruccion
24	IZQUIERDO	K2+250	K2+350	750	8	FALLADO	Rehabilitacion-Reconstruccion
	DERECHO	K2+250	K2+350	750	2	FALLADO	Rehabilitacion-Reconstruccion
25	IZQUIERDO	K2+350	K2+450	750	0	FALLADO	Rehabilitacion-Reconstruccion
	DERECHO	K2+350	K2+450	750	17	MUY POBRE	Rehabilitacion-Reconstruccion
26	IZQUIERDO	K2+450	K2+550	750	10	FALLADO	Rehabilitacion-Reconstruccion
	DERECHO	K2+450	K2+550	750	6	FALLADO	Rehabilitacion-Reconstruccion
27	IZQUIERDO	K2+550	K2+650	750	18	MUY POBRE	Rehabilitacion-Reconstruccion
	DERECHO	K2+550	K2+650	750	22	MUY POBRE	Rehabilitacion-Reconstruccion
28	IZQUIERDO	K2+650	K2+750	750	50	REGULAR	Mantenimiento Correctivo
	DERECHO	K2+650	K2+750	750	28	POBRE	Rehabilitacion- Refuerzo estructural
29	IZQUIERDO	K2+750	K2+850	750	55	REGULAR	Mantenimiento Correctivo
	DERECHO	K2+750	K2+850	750	0	FALLADO	Rehabilitacion-Reconstruccion
30	IZQUIERDO	K2+850	K2+950	750	27	POBRE	Rehabilitacion- Refuerzo estructural
	DERECHO	K2+850	K2+950	750	14	FALLADO	Rehabilitacion-Reconstruccion
31	IZQUIERDO	K2+950	K3+050	750	48	REGULAR	Mantenimiento Correctivo
	DERECHO	K2+950	K3+050	750	34	POBRE	Rehabilitacion- Refuerzo estructural
32	IZQUIERDO	K3+050	K3+150	750	36	POBRE	Rehabilitacion- Refuerzo estructural
	DERECHO	K3+050	K3+150	750	18	MUY POBRE	Rehabilitacion-Reconstruccion
33	IZQUIERDO	K3+150	K3+250	750	20	MUY POBRE	Rehabilitacion-Reconstruccion
	DERECHO	K3+150	K3+250	750	18	FALLADO	Rehabilitacion-Reconstruccion
34	IZQUIERDO	K3+250	K3+350	750	7	FALLADO	Rehabilitacion-Reconstruccion
	DERECHO	K3+250	K3+350	750	21	MUY POBRE	Rehabilitacion-Reconstruccion
35	IZQUIERDO	K3+350	K3+450	750	49	REGULAR	Mantenimiento Correctivo
	DERECHO	K3+350	K3+450	750	30	POBRE	Rehabilitacion- Refuerzo estructural
36	IZQUIERDO	K3+450	K3+550	750	68	BUENO	MANTENIMIENTO
	DERECHO	K3+450	K3+550	750	8	FALLADO	Rehabilitacion-Reconstruccion

Fuente: realización propia

Para la toma de acciones a ejecutarse en la imagen anterior y que está disponible en los anexos, se utilizó el manual de rehabilitación manual de pavimentos flexibles mostrado a continuación de Garcés (Garces, 2017).

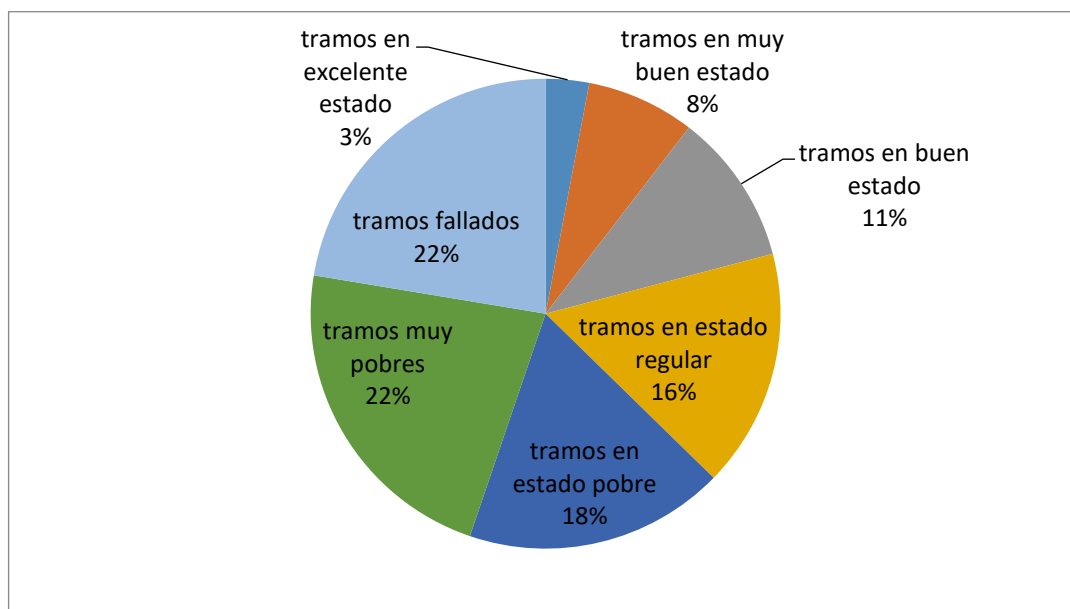
Tabla 5. Categoría de acción.

Categoría De Acción	Rango	Clasificación	Simbología
Mantenimiento Preventivo	100-85	Excelente	
Mantenimiento Preventivo rutinario o Periódico	85-70	Muy Bueno	
	70-55	Bueno	
Mantenimiento Correctivo	55-40	Regular	
Rehabilitación- Refuerzo estructural	40-25	Pobre	
Rehabilitación - Reconstrucción	25-10	Muy Pobre	
	10-0	Fallado	

Los datos obtenidos se presentan en forma gráfica:

Representación gráfica del estado de los tramos.

Gráfica 1. Condición actual de los tramos.

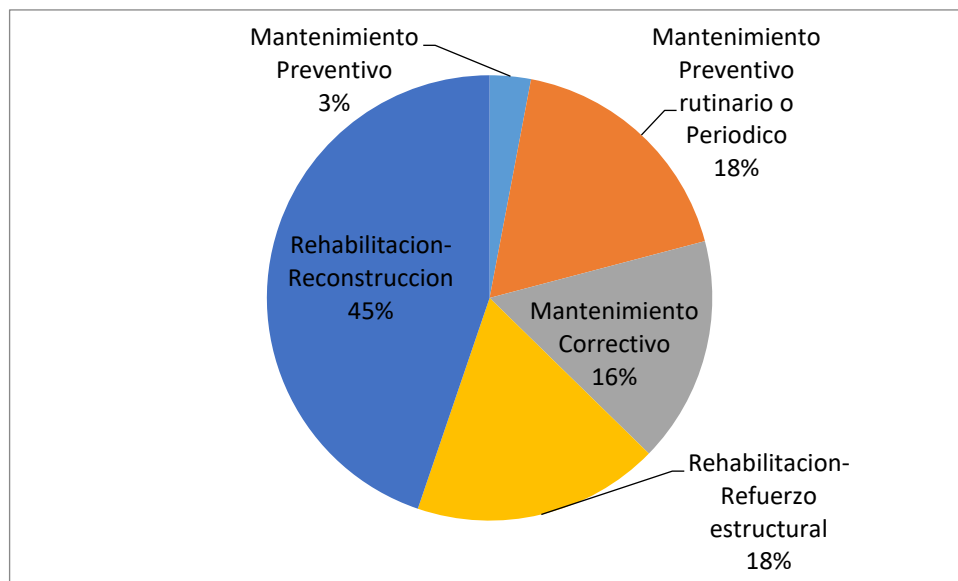


Fuente: elaboración propia

En la gráfica podemos apreciar la necesidad imperiosa de intervenir el tramo para corregir las fallas detectadas durante el estudio, por su elevado porcentaje de afectación.

Representación gráfica de acción a ejecutarse.

Gráfica 2. Acciones a Ejecutar.

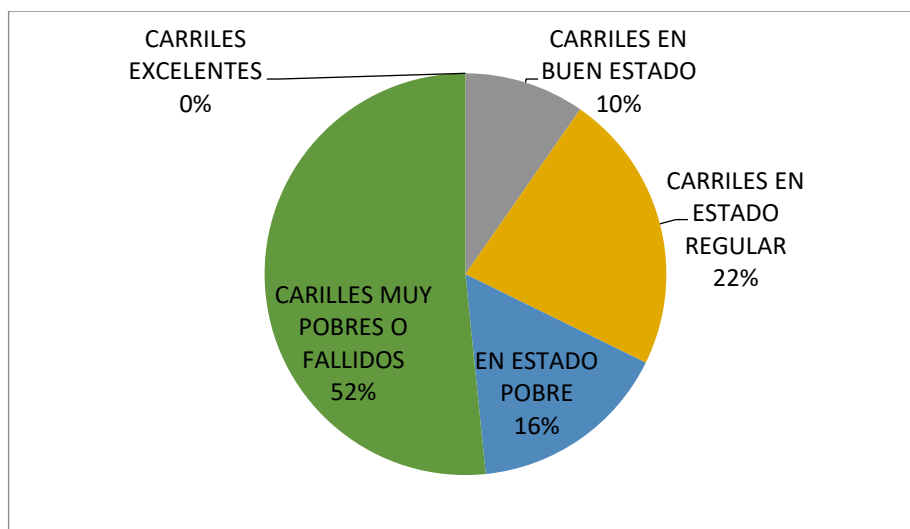


Fuente: elaboración propia

La grafica nos sugiere que lo urgente a intervenir dentro del tramo en estudio es la rehabilitación y reconstrucción de cerca del 45% del total de la vía en estudio.

Representación gráfica de situación de carril izquierdo de tramos.

Gráfica 3. Daños carril izquierdo.

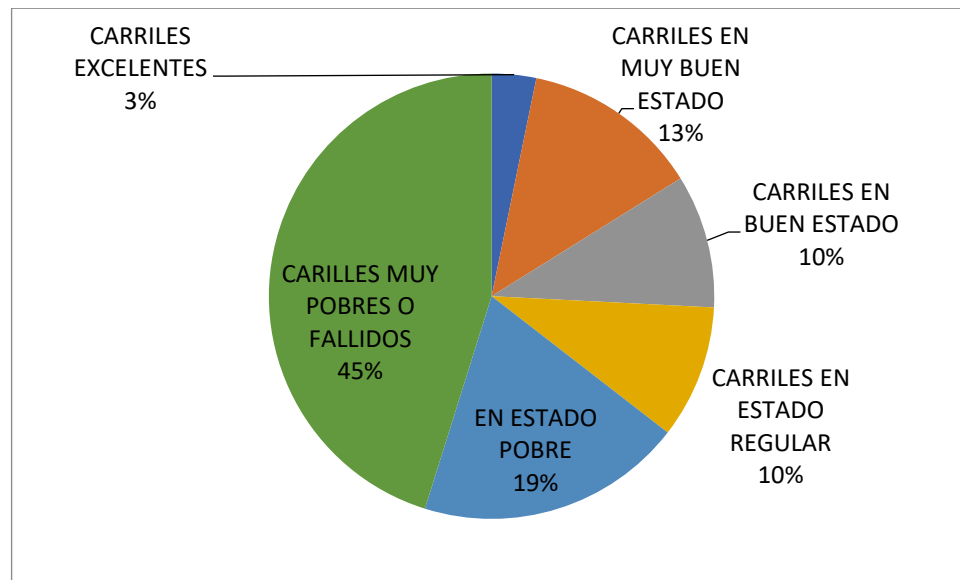


Fuente: elaboración propia.

El carril izquierdo debe reemplazarse en un 52% para su recuperación óptima.

Representación gráfica de situación de carril derecho de tramos.

Gráfica 4. Daños carril derecho.



Fuente: elaboración propia

El carril derecho tiene una falla estructural del 45% y también necesita ser reemplazado.

Representación gráfica de situación de carril único de tramos.

Gráfica 5. Daños carril único.

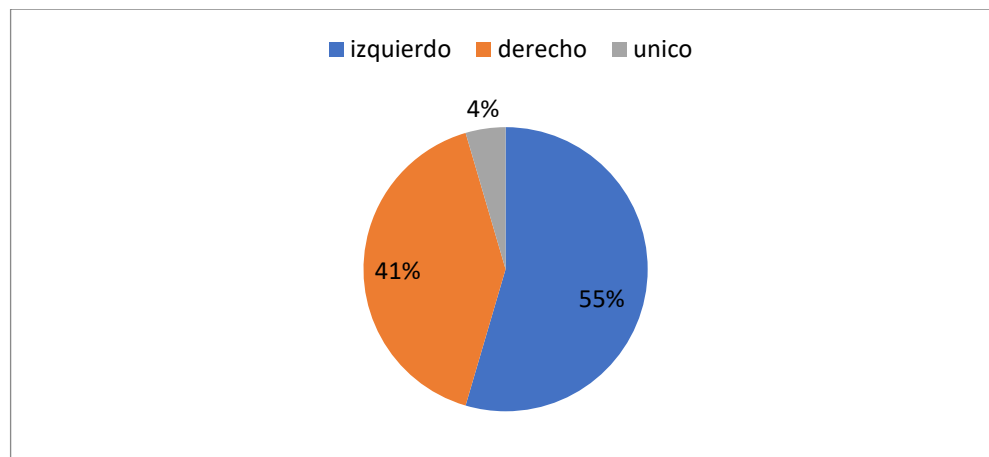


Fuente: elaboración propia.

El carril único demuestra poco desgaste en su estructura con solo un 20% en condición de mantenimiento correctivo.

Representación gráfica del trabajo por hacer en el tramo de estudio por carriles.

Gráfica 6. Intervención del tramo por carril.



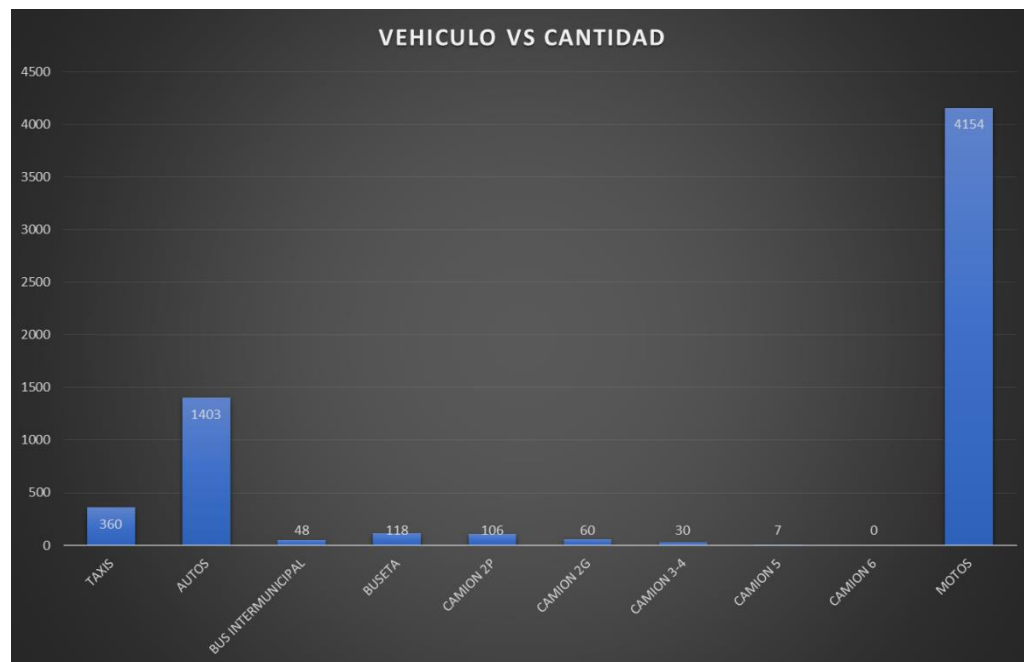
La grafica nos muestra que, del tramo seleccionado para el objeto de este estudio, tiene una gran afectación del 55% en el carril izquierdo, 41% en el carril derecho y solo un 4% en su carril único.

Durante el aforo pudimos encontrar el siguiente resultado en una zona horaria comprendida entre las seis de la mañana (6:00 am) y las seis de la tarde (6:00pm) con los siguientes resultados:

PERIODO	TAXIS	AUTOS	BUS INTERMUNICIPAL	BUSETA	CAMION 2P	CAMION 2G	CAMION 3-4	CAMION 5	CAMION 6	MOTOS
6:00:00 a. m.										
6:30:00 a. m.	13	37	3	6	3	3	1	1	0	120
7:00:00 a. m.	16	39	3	5	4	2	0	0	0	134
7:30:00 a. m.	14	45	2	5	3	1	1	0	0	154
8:00:00 a. m.	18	58	2	5	3	4	0	0	0	169
8:30:00 a. m.	22	60	1	5	4	3	0	0	0	178
9:00:00 a. m.	16	66	1	4	4	2	2	0	0	160
9:30:00 a. m.	12	68	1	6	5	3	0	1	0	156
10:00:00 a. m.	10	56	3	3	6	2	1	0	0	167
10:30:00 a. m.	9	57	3	4	4	3	1	0	0	165
11:00:00 a. m.	13	49	3	5	3	4	2	0	0	169
11:30:00 a. m.	13	50	2	6	4	3	3	0	0	173
12:00:00 p. m.	17	65	2	5	5	2	0	0	0	180
12:30:00 p. m.	21	70	1	5	6	2	2	1	0	214
1:00:00 p. m.	17	76	2	6	4	1	1	0	0	208
1:30:00 p. m.	14	68	2	5	6	3	2	1	0	178
2:00:00 p. m.	15	78	1	4	4	3	0	1	0	219
2:30:00 p. m.	18	79	1	5	5	2	0	0	0	212
3:00:00 p. m.	16	68	3	6	6	3	0	0	0	183
3:30:00 p. m.	14	61	2	5	4	4	0	0	0	172
4:00:00 p. m.	13	55	2	6	4	3	3	0	0	165
4:30:00 p. m.	16	48	3	5	5	2	2	0	0	154
5:00:00 p. m.	15	47	3	3	5	1	4	0	0	167
5:30:00 p. m.	11	49	1	4	4	1	3	1	0	172
6:00:00 p. m.	17	54	1	5	5	3	2	1	0	185
TOTAL	360	1403	48	118	106	60	30	7	0	4154

Del aforo podemos desprender varias conclusiones:

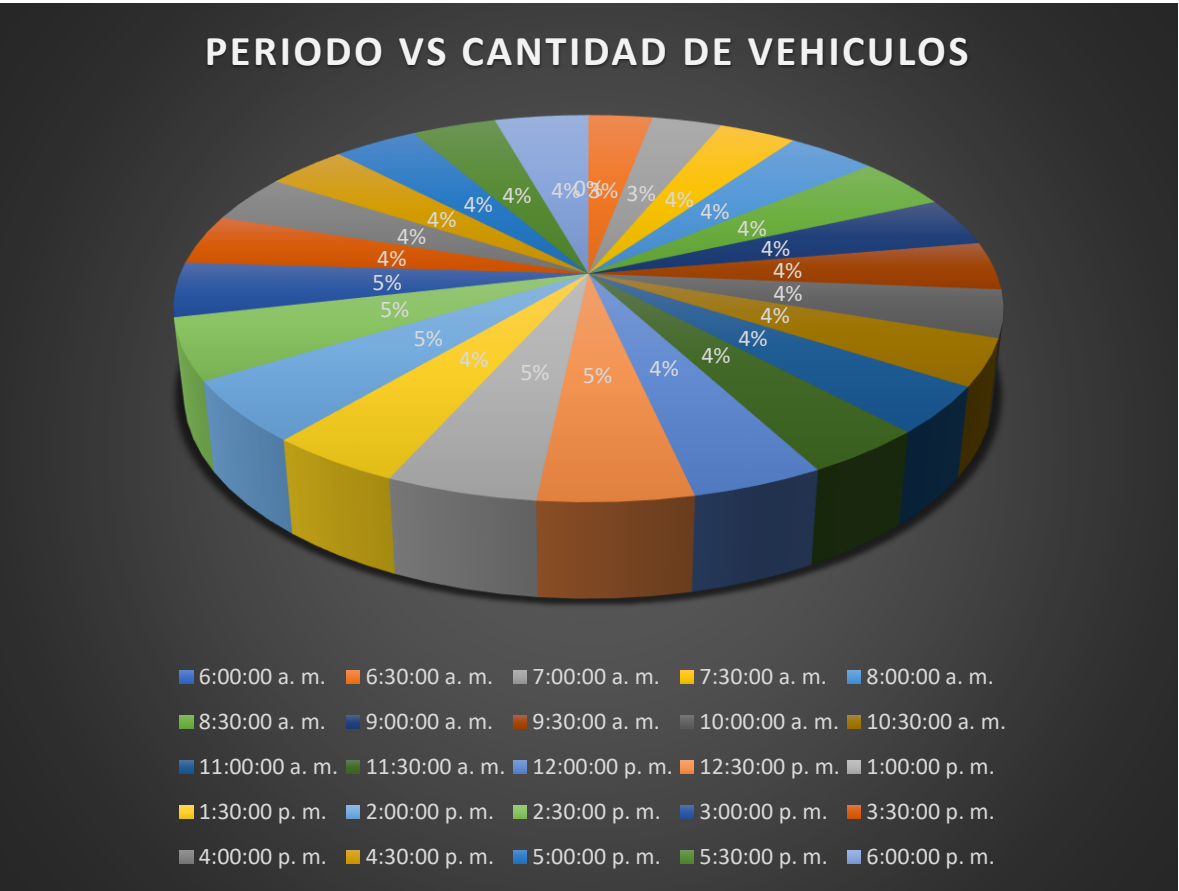
Gráfica 7. Vehículos vs cantidad de flujo vehicular.



Fuente. Propia.

De esta grafica se desprende la certeza que el flujo vehicular estos compuestos en un 66% por motocicletas, un 22% por vehículos familiares y un 6% por vehículos taxistas, dejando en evidencia que la vida en estudio no recibe un flujo grande de vehículos pesados, siendo el más significativo con un 2% los camiones 2p.

Gráfica 8. Periodo versus flujo de tráfico.



Fuente. Propia.

En la gráfica anterior podemos apreciar la correcta distribución vehicular en el día solo con leves aumentos de hasta un 5% del total de flujo entre las horas del mediodía hacia la una de la tarde (12:00 pm – 1:00pm) y las dos de la tarde hacia las 3 de la tarde (2:00pm- 3:00pm)

7. CONCLUSIONES

La siguiente investigación, permitió conocer el estado actual de la carrera 24 desde la calle 3 hasta la calle 40 de la vía Nariño, ciudad de Girardot, gracias a la implementación de una evaluación vial del pavimento flexible, fundamentada en la metodología PCI.

Según el código nacional de tránsito, la vía estudiada se clasifica como: su capacidad como vía urbana, según su jerarquía es una vía recolectora, según su condición orográfica es una vía plana tipo 1.

Como resultado se conoció que el índice de cálculo $PCI = 34$; resultado que indicaría el estado deteriorado de la vía estudiada, ya que se encuentra en el rango entre 40-25 (pobre). De acuerdo a lo anterior, el índice resalta el mal estado de la vía, al contar con un porcentaje de daño estimado de 96%. Por esto, se requiere el mantenimiento de la vía.

Se evidenciaron varios tipos de fallas en la carrera 24 las cuales se encontraron tales como: la piel de cocodrilo con un 5,3% de incidencia en la vía, agrietamiento en bloque con un 5,1% de incidencia en la vía, grietas longitudinales y transversales con un 2,5% de incidencia en la vía, parcheo y acometidas de servicios públicos con un 7,7% de incidencia en la vía, pulimiento de agregados con un 0,3% de incidencia en la vía, huecos con un 1,5% de incidencia en la vía, grietas parabólicas con un 0,8% de incidencia en la vía y por último la meteorización y desprendimiento de agregados con un 59,5% de incidencia en la vía.

La carrera 24 requiere una rehabilitación total, más no su reconstrucción total, ya que no se observan fallas graves en la estructura del pavimento, en el caso actual se presentan las propuestas extraídas del manual PCI; Para así poder mejorar su funcionamiento y aumentar sus años de servicio ya que presenta varias fallas graves en la capa de rodadura en todo el tramo analizado (carril izquierdo y derecho).

BIBLIOGRAFÍA

Alcaldia de Girardot. (06 de 02 de 2021). *Alcaldia de Girardot*. Obtenido de <https://www.girardot-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Vias-de-Comunicacion.aspx>

Angie, O. (2017). *Instructivo del Proceso Constructivo de una Vía en Pavimento Flexible*.

Arnoldo, M. R. (2007). *Control de Calidad en la Evaluación de Pavimentos Asfálticos Existentes*.

ASOPAC. (2004). *Cartilla del Pavimento Asfaltico* . Bogota.

Bendezu. (2014). *Esfuerzos y Deformaciones Metodos Mecanisticos*". Lima.

Fayad Alvarez, A. M. (2009). *Girardot: Historias de un Puerto y un Tren. Ciudad, Economia y Migracion 1905-1960*. Bogota.

Franklin, P. C. (2019). *EVALUACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS APLICANDO LAS METODOLOGIAS DE INSPECCION VISUAL DE ZONAS Y RUTAS EN RIESGO DE INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO PARA EL MANTENIMIENTO VIAL, CASO DE LA AV. EL FLORAL Y JR. CARABAYA, PUNO*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

Garces, A. (2017). *Evaluación Vial y Plan de Rehabilitación y Mantenimiento de la Vía Azogues - Cojitambodeleg - la Raya*.

Garzon Manuela, H. Y. (2018). *Cartilla-Guia Ilustrativa del Proceso Constructivo de un Pavimento Flexible Para Bajos Voumens de Transito*. Girardot.

Girardot, A. d. (09 de 03 de 2021). *Alcaldia de Girardot*. Obtenido de Informacion del Municipio: <https://www.girardot-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

Girardot, A. d. (2021). *Informacion del Municipio*. Girardot.

Google. (2021). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Girardot,+Cundinamarca/@4.3059002,->

74.8125231,13.75z/data=!4m5!3m4!1s0x8e3f28ec54308e5f:0xad9e09275aa20260!8m2!3d4.3045959!4d-74.8031414?hl=es

Herrera Erica, R. B. (2018). *Evaluación de Fallas Mediante el Método PCI y Planteamiento de Alternativas de Intervención Para Mejorar la Condición Operacional del Pavimento flexible en el Carril Segregado del corredor Javier Prado*. Lima.

INVIAS. (2006). *ESTUDIO E INVESTIGACION DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS*. BOGOTA D.C: INVIAS.

INVIAS. (2006). *Manual Para la Inspeccion Visual de Pavimentos FLEXIBLES*. Bogota.

INVIAS. (2008). *Manual de Diseño Geometrico de Carreteras*. Bogota.

INVIAS. (2012). *Capitulo 3 Especificaciones Generales de Construcción de carreteras*. Bogota.

INVIAS. (2016). *MANUAL DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS VOL. 1*. Bogota: INVIAS.

INVÍAS. (25 de 01 de 2018). *Instituto Nacional de Vías*. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/42-servicios-de-informacion-al-ciudadano/glosario>

Javier, M. R. (2010). *Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígid*os. Valdivia: Universidad Austral de Chile.

Mauricio, C. P. (2017). *Evaluacion Superficial de un Pavimento Flexible de la Calle 134 Entre Carreras 52a A 53c Comparando los Metodos VIZIR y PCI*. Bogota: Universidad Militar Nueva Granada.

Monsalve Lina, G. L. (2012). *Diseño de Pavimento Flexible y Rígido*. Armenia: Universidad del Quindío.

Omar, R. U. (2012). *EJECUCION DEL INVENTARIO VIAL GEOREFERENCIADO DE PIURA Y PROPUESTA DE OPTIMIZACION DE METODOLOGIAS EXISTENTES*. Piura: Universidad de PIRHUA.

Orgaz, F. (18 de 10 de 2011). *Turismo y Medio Ambiente*. Obtenido de <http://elsectorturistico.blogspot.com/2011/10/ventajas-de-los-senderos.html>

Oropeza Tineo, I. L. (2019). *Evaluacion del Estado del Pavimento asphaltico Alicando los Metodos PCI y VIZIR Para Proponer Alternativas de Mantenimiento - Av. Canto Grande*. Lima: Universidad Ricardo Palma.

Rebolledo, R. J. (2010). *DETERIOROS EN PAVIMENTOS RIGIDOS Y FLEXIBLES*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.

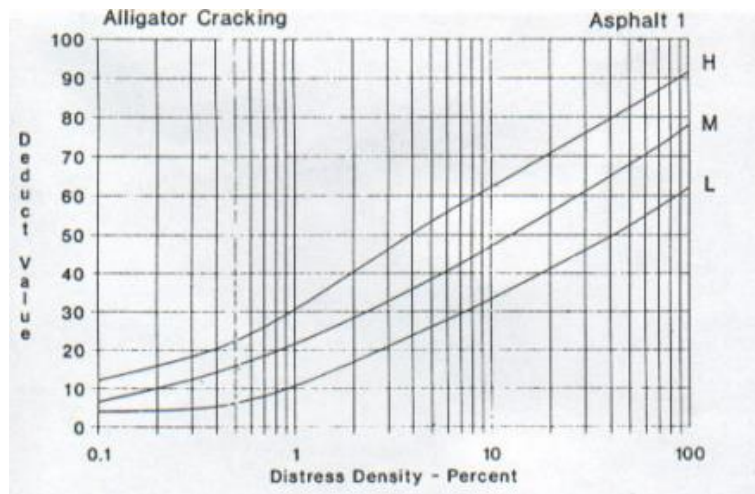
Rojas. (2013). *Aplicación de la tecnología del asfalto espumado en el reciclado de pavimentos asphalticos*. Lima.

Trujillo, S. D., & Rueda, J. R. (2018). *Girardot Transversal Reactivacion de Dinamicas Sobre Bordes de Infraestructura Vial*. Bogota.

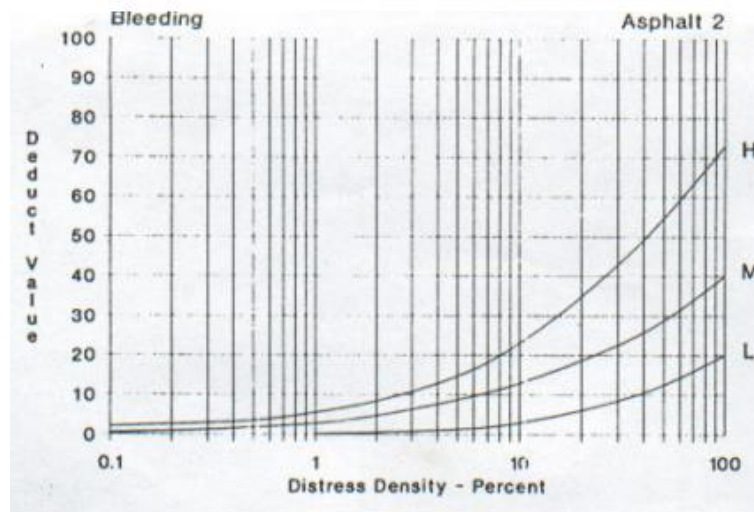
Varela, L. R. (2002). *Pavement Condition Index Para Pavimentos Asphalticos y de Concreto en Carreteras*. Manizales.

ANEXO A. TABLAS DE VALORES DEDUCIDOS PCI.

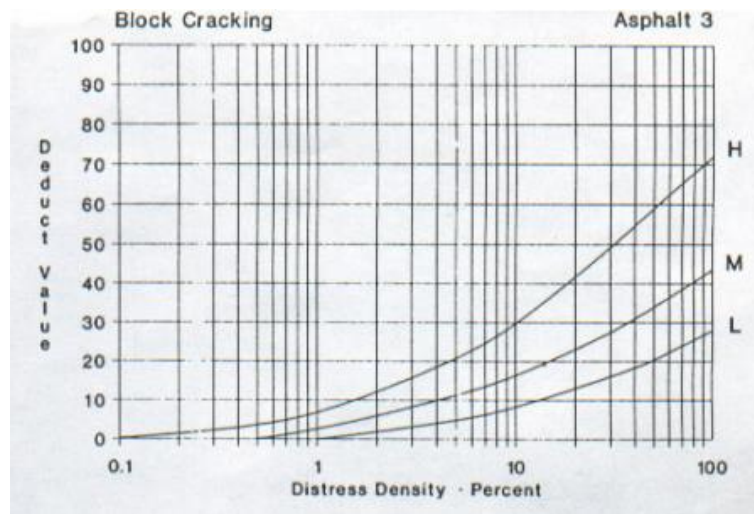
Gráfica 9. Curvas de valores deducidos para piel de cocodrilo



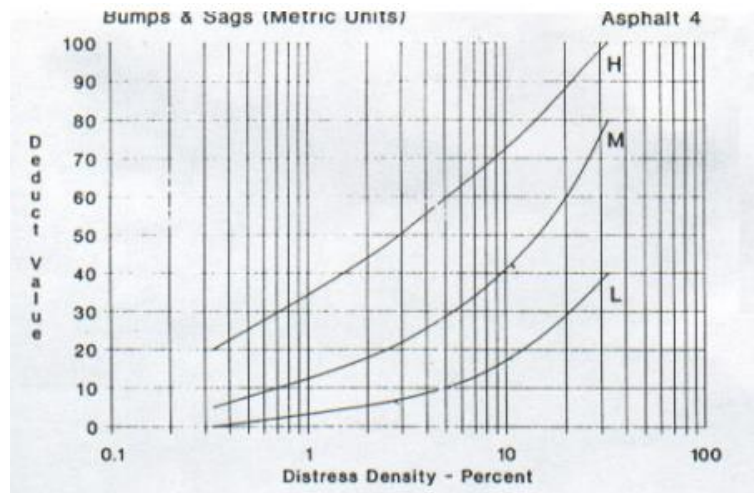
Gráfica 10. Curvas de valores deducidos para exudación.



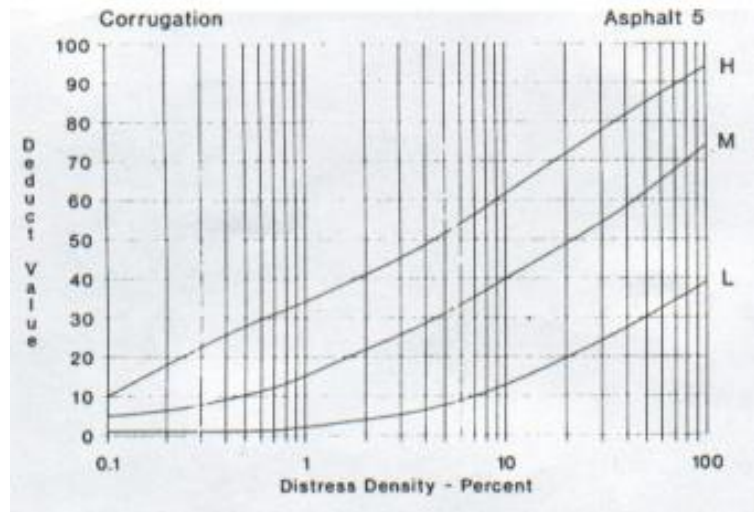
Gráfica 11. Curvas de valores deducidos para fisuras en bloque.



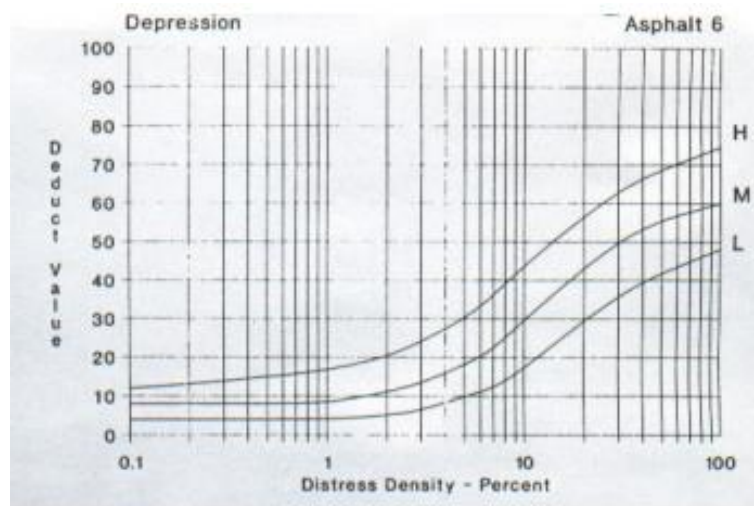
Gráfica 12. Curvas de valores deducidos para abultamientos y hundimientos.



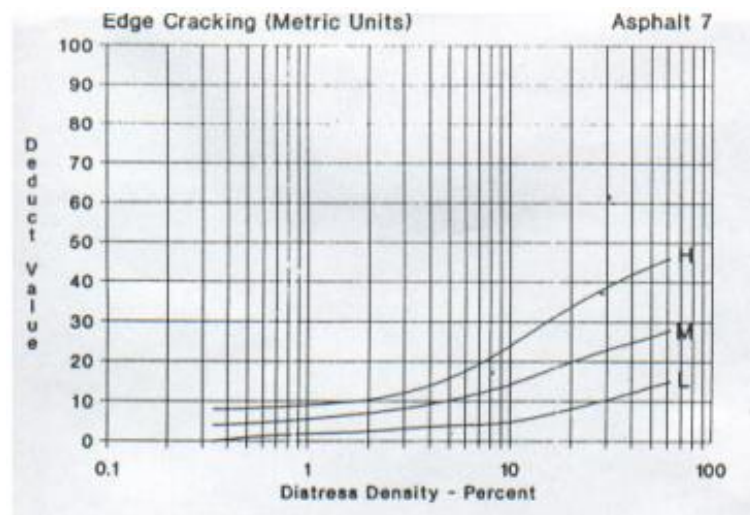
Gráfica 13. Curvas de valores deducidos para corrugación.



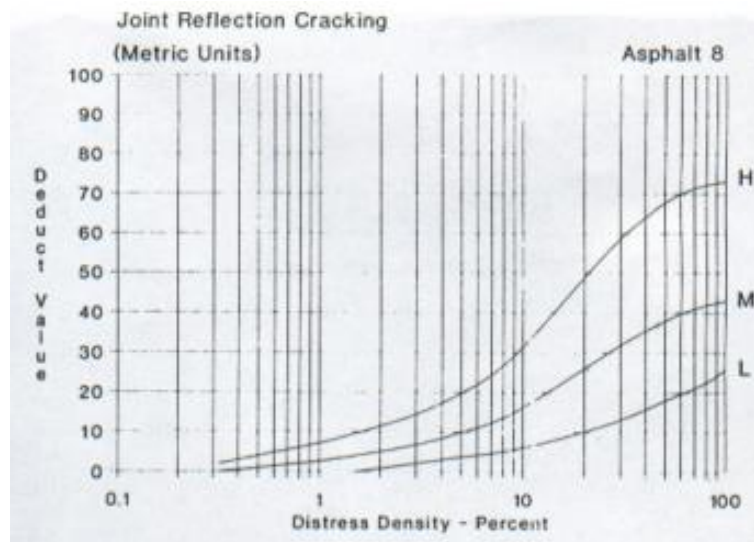
Gráfica 14. Curvas de valores deducidos para depresión.



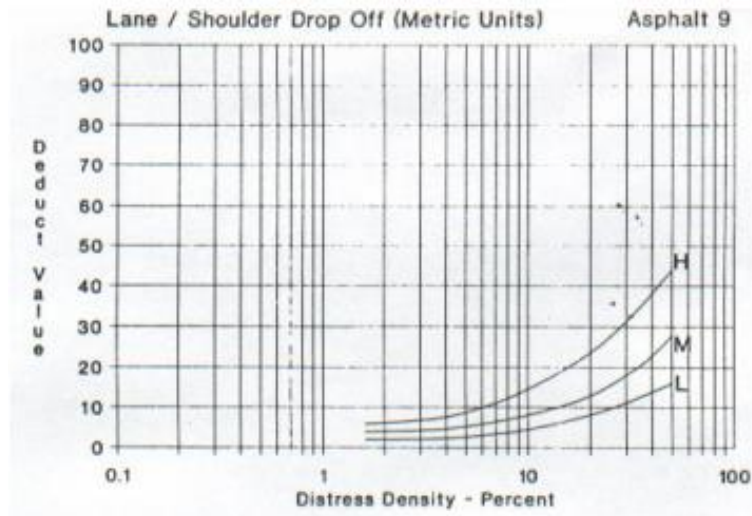
Gráfica 15. Curvas de valores deducidos para grieta de borde.



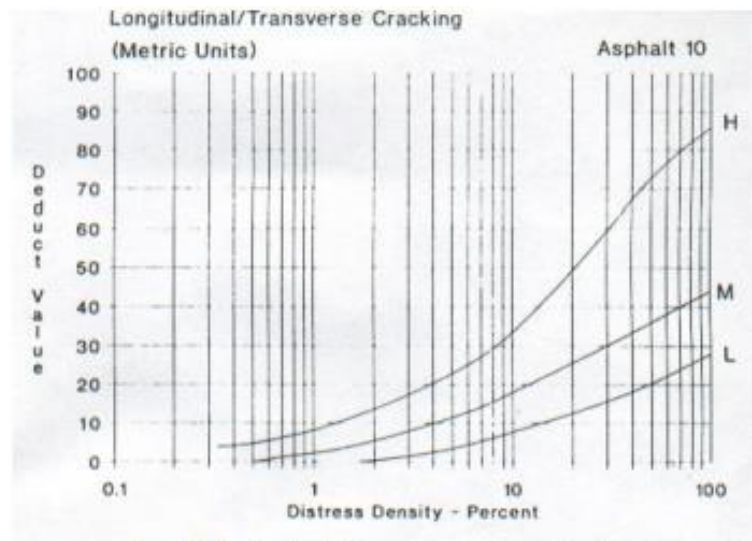
Gráfica 16. Curvas de valores deducidos para grieta de reflexión de junta.



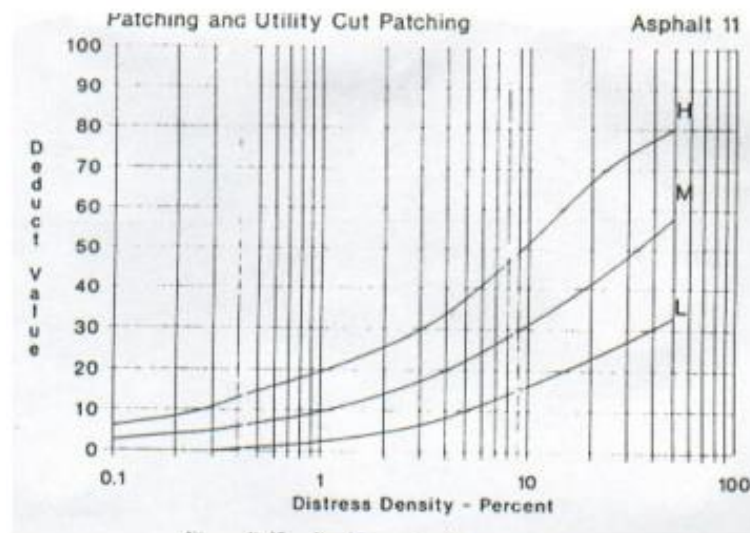
Gráfica 17. Curvas de valores deducidos para desnivel carril/berma.



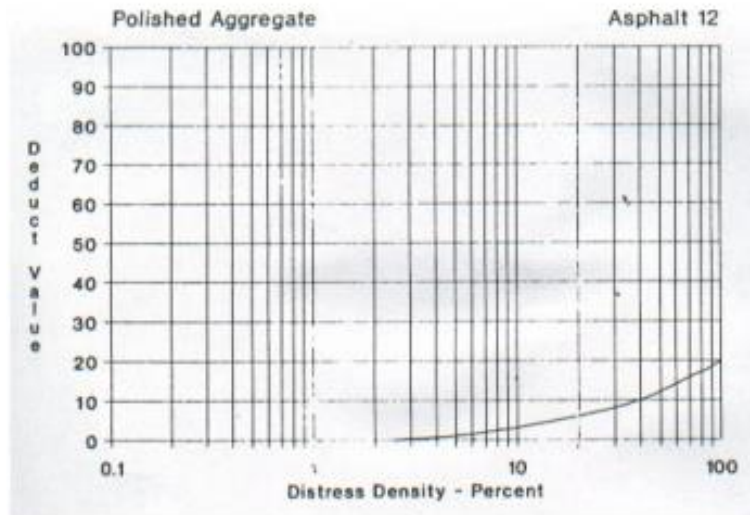
Gráfica 18. Curvas de valores deducidos para grietas longitudinales y transversales.



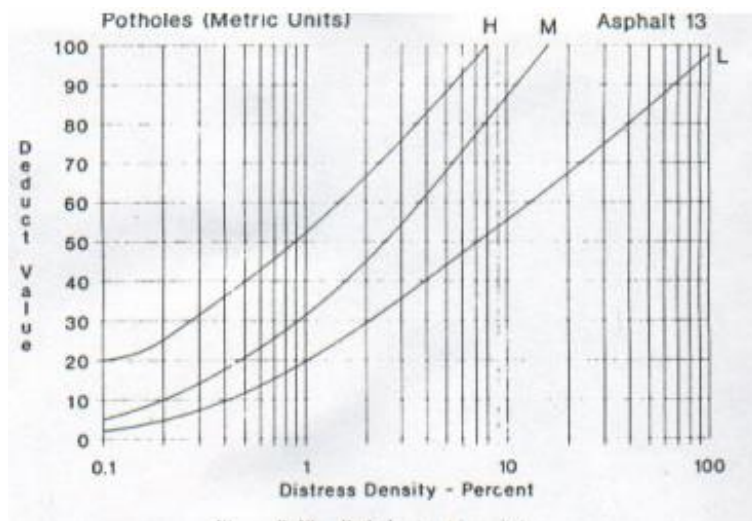
Gráfica 19. Curvas de valores deducidos para parcheo.



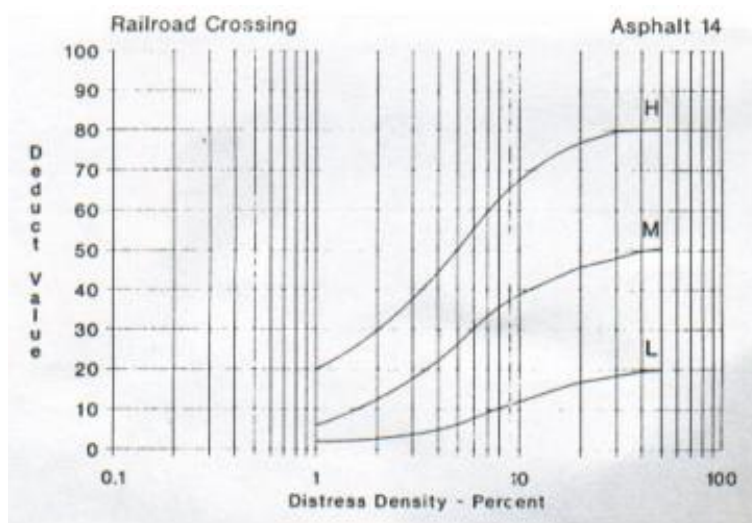
Gráfica 20. Curvas de valores deducidos para pulimiento de agregados.



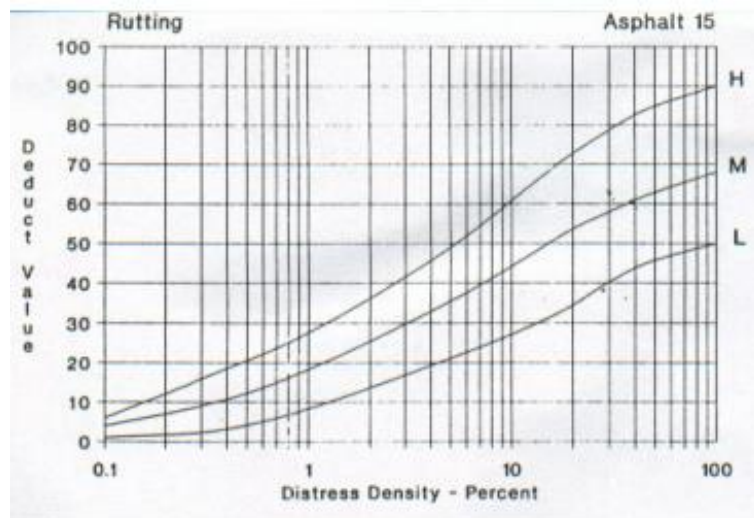
Gráfica 21. Curvas de valores deducidos para huecos.



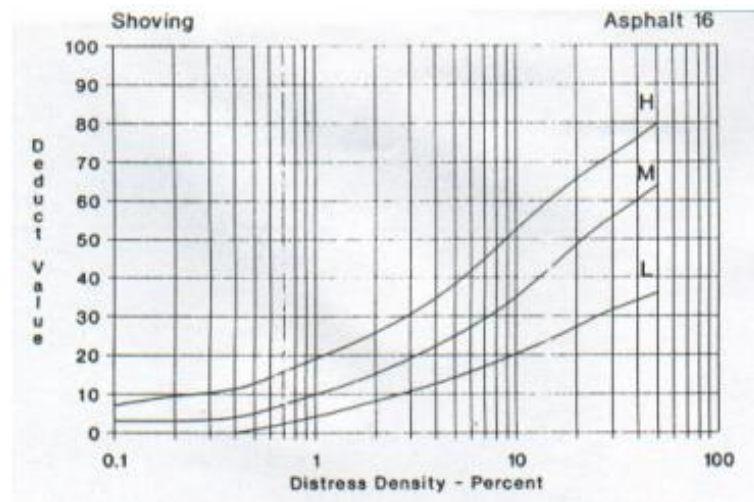
Gráfica 22. Curvas de valores deducidos para cruce de vía férrea.



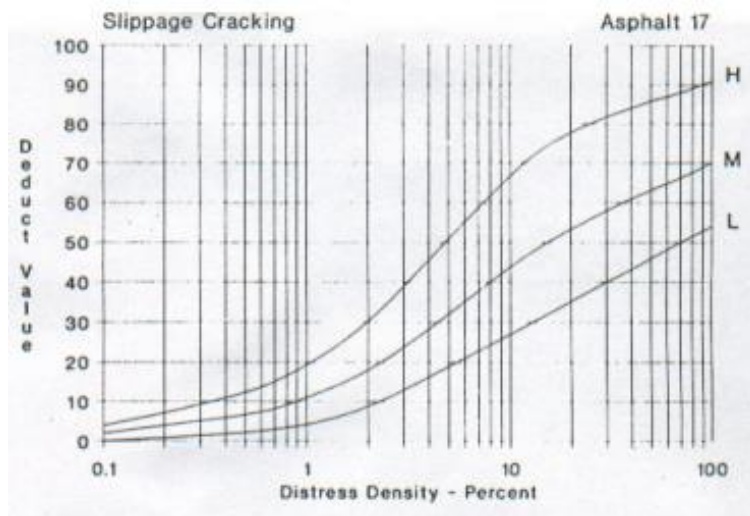
Gráfica 23. Curvas de valores deducidos para ahuellamiento.



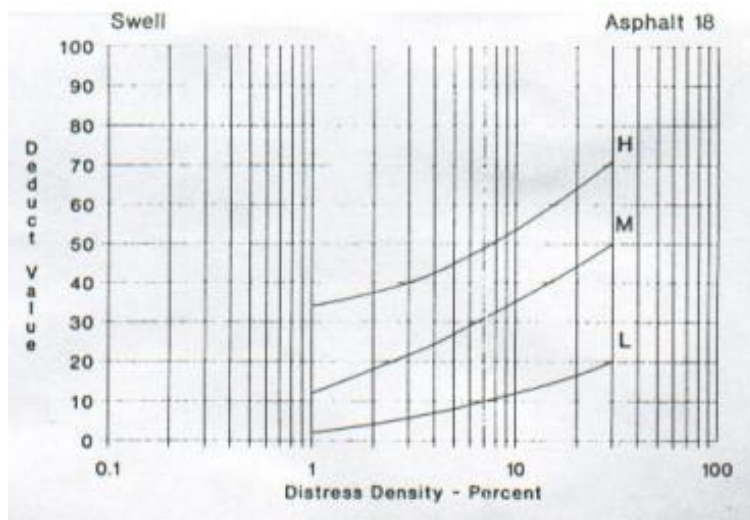
Gráfica 24. Curvas de valores deducidos para desplazamiento (Shoving) en Asfalto 16.



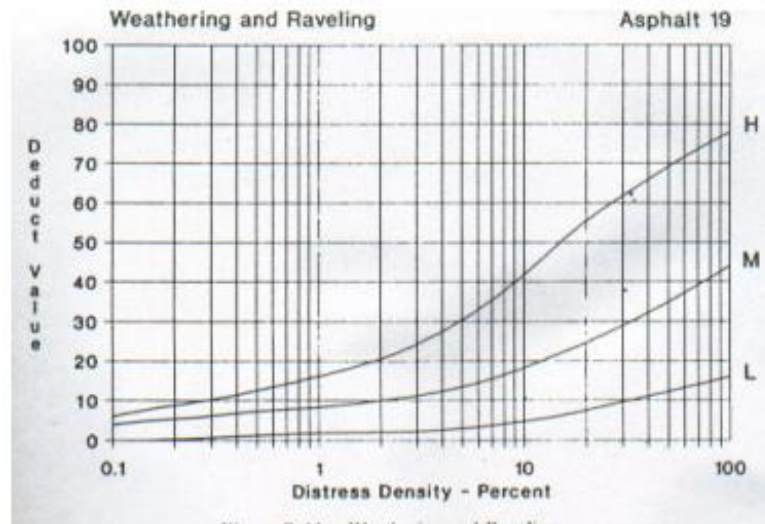
Gráfica 25. Curvas de valores deducidos para grietas parabólicas.



Gráfica 26. Curvas de valores deducidos para hinchamiento.



Gráfica 27. Curvas de valores deducidos para meteorización.



ANEXO B. VALOR CORREGIDO PCI.

Gráfica 28. Valor corregido.

