



**PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO**

**ANÁLISIS COMPARTATIVO DE METODOLOGÍAS DE EVALUACION VIZIR Y PCI  
(Parte A), APLICADO A LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE UNA VÍA URBANA,  
EN EL BARRIO CHICÓ NORTE (LOCALIDAD CHAPINERO)**

**DANIEL RICARDO GARCÍA SALAZAR**

**DANIEL ALBERTO SILVA CASTILLO**

**ING. CESAR A. PALOMINO**

**Asesor tesis**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS**

**BOGOTÁ D.C., 2018**

Aceptación por los jurados:

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del tutor del proyecto

---

Firma jurado

---

Firma jurado

Ciudad y fecha (día, mes, año):

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>1 GENERALIDADES</b> .....	<b>13</b>
1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN .....	13
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1.2.1 Pregunta de investigación .....	13
1.2.2 Justificación.....	13
1.3 OBJETIVOS .....	13
1.3.1 Objetivo general .....	13
1.3.2 Objetivos específicos .....	14
<b>2 MARCOS DE REFERENCIA</b> .....	<b>15</b>
2.1 MARCO CONCEPTUAL .....	15
2.2 MARCO TEÓRICO.....	18
2.2.1 Daños en los pavimentos .....	18
2.2.2 Método PCI .....	28
2.2.2.1 Unidades de muestreo .....	30
2.2.3 Método VIZIR .....	30
2.2.3.1 Clasificación y cuantificación de los daños .....	31
2.2.3.1.1 Determinación del índice de Deterioro Superficial “IS” .....	31
2.2.3.1.2 Algunos daños de importancia no contemplados por el sistema	33
2.3 MARCO GEOGRÁFICO.....	35
2.4 ESTADO DEL ARTE .....	36
<b>3 METODOLOGÍA</b> .....	<b>38</b>
3.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO .....	38
3.1.1 Inspección visual a zona de análisis .....	39
3.1.2 Análisis de la condición del pavimento por el método PCI .....	56
3.1.3 Análisis de la condición del pavimento por el método VIZIR .....	58
3.1.4 Análisis de tránsito .....	59
3.1.5 Análisis de ensayos de laboratorio .....	60
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>62</b>

4.1	COMPARACIÓN RESULTADOS PCI Y VIZIR.....	62
4.2	ANÁLISIS DE TRÁNSITO .....	67
4.3	ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS.....	70
4.3.1	Granulometría .....	70
4.3.2	Contenido de asfalto .....	71
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>72</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>73</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>75</b>

### LISTA DE ILUSTRACIONES

	<b>Pág.</b>
Ilustración 2-1 Alternativas de acción según PCI .....	29
Ilustración 2-2 Clasificación de daños .....	29
Ilustración 2-3 Determinación del Índice de Deterioro Superficial “Is” .....	33
Ilustración 2-4 Ubicación de la zona de estudio .....	35
Ilustración 3-1 Esquema de estado vía K0+000 a K0+100 .....	40
Ilustración 3-2 Esquema de estado vía K0+000 a K0+100 .....	41
Ilustración 3-3 Esquema de estado vía K0+000 a K0+100 .....	43
Ilustración 3-4 Esquema de estado vía K0+100 a K0+200 .....	44
Ilustración 3-5 Esquema de estado vía K0+100 a K0+200 .....	46
Ilustración 3-6 Esquema de estado vía K0+200 a K0+300 .....	47
Ilustración 3-7 Esquema de estado vía K0+300 a K0+400 .....	48
Ilustración 3-8 Esquema de estado vía K0+400 a K0+500 .....	50
Ilustración 3-9 Esquema de estado vía K0+400 a K0+500 .....	51
Ilustración 3-10 Esquema de estado vía K0+500 a K0+640 .....	52
Ilustración 3-11 Esquema de estado vía K0+500 a K0+640 .....	54
Ilustración 3-12 Esquema de estado vía K0+500 a K0+640 .....	55

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 2-1 Deterioros en una estructura flexible.....	20
Tabla 2-2 Rangos de calificación del PCI.....	28
Tabla 2-3 Niveles de gravedad de los daños del tipo A .....	34
Tabla 2-4 Niveles de Gravedad de los daños del tipo B.....	34
Tabla 2-5 Rangos de calificación del VIZIR .....	35
Tabla 3-1 Inspección Patológica - Tramo No. 1 – K0+000 a K0+100 .....	39
Tabla 3-2 Inspección patológica - Tramo No. 1 – K0+000 a K0+100.....	41
Tabla 3-3 Inspección patológica - Tramo No. 1 – K0+000 a K0+100.....	42
Tabla 3-4 Inspección patológica - Tramo No. 2 – K0+100 a K0+200.....	44
Tabla 3-5 Inspección patológica - Tramo No. 2 – K0+100 a K0+200.....	45
Tabla 3-6 Inspección patológica - Tramo No. 3 K0+200 AL K0+300 .....	46
Tabla 3-7 Inspección patológica – Tramo No. 4 - K0+300 a K0+400.....	48
Tabla 3-8 Inspección patológica - Tramo No. 5 – K0+400 al K0+500 .....	49
Tabla 3-9 Inspección patológica - Tramo No. 5 – K0+400 al K0+500 .....	50
Tabla 3-10 Inspección patológica - Tramo No. 6 – K0+500 a K0+640 .....	52
Tabla 3-11 Inspección patológica - Tramo No. 6 – K0+500 a K0+640.....	53
Tabla 3-12 Inspección patológica - Tramo No. 6 – K0+500 a K0+640.....	54
Tabla 3-13 Sectorización de tramos de vía en análisis según PCI .....	56
Tabla 3-14 Granulometría realizada.....	61
Tabla 3-15 Contenido de asfalto .....	61
Tabla 4-1 Análisis comparativo método PCI y VIZIR .....	64
Tabla 2 Volúmenes hora pico de la mañana día típico (06:00 – 12:00) en calle 98 entre la carrera 14 y carrera 15.....	67
Tabla 3 Volúmenes hora pico de la tarde día típico (12:00 – 18:00) en calle 98 entre la carrera 14 y carrera 15.....	67
Tabla 4 Volúmenes hora pico máxima día típico en calle 98 entre la carrera 14 y carrera 15.....	67

Tabla 5 Volúmenes vehiculares en las horas de mayor demanda en calle 98 entre la carrera 14 y carrera 15.....	68
Tabla 6 Volúmenes hora pico de la mañana día típico (06:00 – 12:00) en calle 99 entre la carrera 11 y carrera 14.....	68
Tabla 7 Volúmenes hora pico de la tarde-día típico (12:00 - 18:00) en calle 99 entre la carrera 11 y carrera 14.....	68
Tabla 8 Volúmenes hora pico máxima día típico en calle 99 entre la carrera 11 y carrera 14.....	68
Tabla 9 Volúmenes vehiculares en las horas de mayor demanda en calle 99 entre la carrera 11 y carrera 14.....	68
Tabla 10 Volúmenes vehiculares en las horas de mayor demanda en carrera 14 entre la calle 99 y calle 98.....	69
Tabla 11 Volúmenes hora pico de la tarde-día típico (12:00 - 18:00) en carrera 14 entre la calle 99 y calle 98.....	69
Tabla 12 Volúmenes hora pico máxima día típico en carrera 14 entre la calle 99 y calle 98.....	69
Tabla 13 Volúmenes vehiculares en las horas de mayor demanda en carrera 14 entre la calle 99 y calle 98.....	69
Tabla 4-14 Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa .....	70

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	<b>Pág.</b>
Foto No. 1 K0+000 a K0+100 - Calle 99 – Carrera 11 .....	39
Foto No. 2 K0+000 a K0+100 - Bacheo en asfalto y en concreto - Calle 99 – Carrera 11 .....	39
Foto No. 3 Fisuras existentes - Calle 99 – Carrera 11 .....	39
Foto No. 4 K0+000 a K0+100 - Calle 99 – Carrera 11 .....	41
Foto No. 5 K0+000 a K0+100 - Bacheo en asfalto con deterioro - Calle 99 – Carrera 11 .....	41

Foto No. 6 K0+000 a K0+100 – Fisuras existentes - Calle 99 – Carrera 11.....	41
Foto No. 7 K0+000 a K0+100 - Calle 99 – Carrera 11 .....	42
Foto No. 8 K0+000 a K0+100 – Fisuras existentes - Calle 99 – Carrera 11.....	42
Foto No. 9 K0+000 a K0+100 – Fisuras existentes - Calle 99 – Carrera 11.....	42
Foto No. 10 K0+100 a K0+200 - Calle 99 – Carrera 11A y carrera 12.....	44
Foto No. 11 K0+100 a K0+200 - Bacheo en asfalto y hundimiento de alcantarilla - Calle 99 – Carrera 11A y carrera 12 .....	44
Foto No. 12 K0+100 a K0+200 - Bacheo en asfalto y fisuras existentes - Calle 99 – Carrera 11A y carrera 12 .....	44
Foto No. 13 K0+100 a K0+200 - Calle 99 – Carrera 11A y carrera 12.....	45
Foto No. 14 K0+100 a K0+200 – Piel de cocodrilo - Calle 99 – Carrera 11A y carrera 12 .....	45
Foto No. 15 K0+100 a K0+200 – Piel de cocodrilo - Calle 99 – Carrera 11A y carrera 12 .....	45
Foto No. 16 K0+200 a K0+300 - Calle 99 entre carrera 12 y carrera 13.....	46
Foto No. 17 K0+200 a K0+300 – Bacheo existente - Calle 99 entre carrera 12 y carrera 13.....	46
Foto No. 18 K0+100 a K0+200 – Piel de cocodrilo - Calle 99 – Carrera 11A y carrera 12 .....	47
Foto No. 19 K0+300 a K0+400 - Calle 99 entre carrera 13 y carrera 13B.....	48
Foto No. 20 K0+300 a K0+400 - Calle 99 entre carrera 13 y carrera 13B.....	48
Foto No. 21 K0+300 a K0+400 – Bacheo en asfalto y fisuras existentes - Calle 99 entre carrera 13 y carrera 13B .....	48
Foto No. 22 K0+300 a K0+400 – Intervención por servicios públicos existente - Calle 99 entre carrera 13 y carrera 13B .....	48
Foto No. 23 K0+400 a K0+500 - Calle 99 entre carrera 13B a carrera 14 con calle 98	49
Foto No. 24 K0+400 a K0+500 – Deterioro costado de la vía - Calle 99 entre carrera 13B a carrera 14 con calle 98 .....	49
Foto No. 25 K0+400 a K0+500 – Bacheo irregular y huellas de oruga existentes - Calle 99 entre carrera 13B a carrera 14 con calle 98.....	49
Foto No. 26 K0+400 a K0+500 - Calle 99 entre carrera 13B a carrera 14 con calle 98	50

27 K0+400 a K0+500 – Fisuras existentes - Calle 99 entre carrera Fotografía: Marzo 2018 .....	50
Foto No. 28 K0+400 a K0+500 – Fisuras existentes - Calle 99 entre carrera 13B a carrera 14 con calle 98.....	51
Foto No. 29 K0+500 AL K0+640 - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15.....	52
Foto No. 30 K0+500 AL K0+640 – Fisuras existentes - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15.....	52
Foto No. 31 K0+500 AL K0+640 – Bacheo existente - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15 .....	52
Foto No. 32 K0+500 AL K0+640 - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15.....	53
Foto No. 33 K0+500 AL K0+640 - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15.....	53
Foto No. 34 K0+500 AL K0+640 – Deterioro generalizado existente - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15 .....	53
Foto No. 35 K0+500 AL K0+640 – Piel de cocodrilo existente - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15 .....	53
Foto No. 36 K0+500 AL K0+640 - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15.....	54
Foto No. 37 K0+500 AL K0+640 - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15.....	55
Foto No. 38 K0+500 AL K0+640 –Deterioro generalizado existente - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15 .....	54
Foto No. 39 K0+500 AL K0+640 – Deterioro generalizado existente - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15 .....	55

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
Gráfica 3-1 Distribución de daños en el tramo K0+000 a K0+040 .....	56

Gráfica 3-2 Distribución de daños en el tramo K0+040 a K0+080 .....	56
Gráfica 3-3 Distribución de daños en el tramo K0+080 a K0+120 .....	57
Gráfica 3-4 Distribución de daños en el tramo K0+120 a K0+160 .....	57
Gráfica 3-5 Distribución de daños en el tramo K0+160 a K0+200 .....	57
Gráfica 3-6 Distribución de daños en el tramo K0+200 a K0+240 .....	57
Gráfica 3-7 Distribución de daños en el tramo K0+240 a K0+280 .....	57
Gráfica 3-8 Distribución de daños en el tramo K0+280 a K0+320 .....	57
Gráfica 3-9 Distribución de daños en el tramo K0+320 a K0+360 .....	57
Gráfica 3-10 Distribución de daños en el tramo K0+360 a K0+400 .....	57
Gráfica 3-11 Distribución de daños en el tramo K0+440 a K0+480 .....	57
Gráfica 3-12 Distribución de daños en el tramo K0+560 a K0+600 .....	57
Gráfica 3-13 Distribución de daños en el tramo K0+600 a K0+640 .....	57
Gráfica 3-14 Distribución de daños en la totalidad del sector analizado según PCI (K0+000 a K0+640).....	58
Gráfica 15 Análisis de tránsito movimiento 1 .....	59
Gráfica 16 Análisis de tránsito movimiento 2 .....	60
Gráfica 17 Análisis de tránsito movimiento 3 y movimiento 4 .....	60

## RESUMEN

*El siguiente trabajo es un estudio del ANÁLISIS COMPARTATIVO DE METODOLOGÍAS DE EVALUACION VIZIR Y PCI, APLICADO A LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DE UNA VÍA URBANA, EN EL BARRIO CHICÓ NORTE (LOCALIDAD CHAPINERO) que tiene como objetivo general Realizar una evaluación y comparación de la aplicación de la metodología VIZIR y PCI, sobre el tramo de vía de pavimento flexible analizado, del barrio Chico Norte (Localidad de Chapinero). El trabajo se desarrolló con el fin de Evaluar la sección de vía analizada por el método PCI, Evaluar la sección de vía analizada por el método VIZIR, Generar una caracterización de condiciones y daños en el pavimento de los tramos de vía analizados y Catalogar los tipos de daños existentes en el tramo de vía analizado de acuerdo a los sistemas de clasificación VIZIR y PCI. Esta investigación fue posible realizarla gracias al trabajo conjunto del Ingeniero Daniel Alberto Silva Castillo y el Ingeniero Daniel Ricardo Garcia Salazar, quienes aportaron al desarrollo de este documento realizando inspección visual del tramo, análisis de métodos VIZIR y PCI, análisis de tránsito y análisis de laboratorio de muestras de asfalto individualmente para compararlas y compilarlas finalmente en este documento. Sin el trabajo conjunto no hubiese sido posible realizar esta investigación y llegar a los resultados obtenidos que concluyen que: En el momento de realizar la comparación de los resultados obtenidos mediante las dos metodologías y haciendo un análisis a un mismo tramo de vía, se obtuvo como resultado una diferencia de calidad y estado de las vías de un tamaño considerable para algunas de ellas, lo cual indica inconsistencias en los criterios de evaluación entre ambas metodologías, por lo tanto, en el momento de elegir una alternativa de intervención, es posible que puedan presentarse grandes diferencias, debido al método elegido para el análisis y evaluación del pavimento, Para el caso dado por el uso de la metodología VIZIR, éste, al considerar la mayoría de los daños en unidades de longitud, implica que es un indicador de deterioro de cada uno de los daños de baja objetividad, ya que, al utilizar esta metodología, se valora con igual magnitud un daño localizado en una sección angosta de la vía, a un daño en la totalidad de su ancho, con la posibilidad de generar y establecer indicadores de daños muy altos en la estructura por algunos daños*

*localizados y Una de las diferencias más importantes establecidas entre las metodologías utilizadas en el presente documento, es que el método PCI tiene en cuenta todos los deterioros que presenta el pavimento para el cálculo de su condición, generando un indicador en el cual se valoran todos los deterioros presentes en la estructura, diferente a lo que genera el método VIZIR, pues este solo valora los deterioros que sean de tipo estructural, lo cual es un factor que puede llegar a ser muy importante, ya que una vía con gran cantidad de daños que no sean de tipo estructural, también pueden hacer que se requiera una intervención de carácter urgente, debido a que estos pueden deteriorar rápidamente el pavimento, incluso hasta el punto de llegar a comprometer la capacidad estructural del mismo. Las partes A y B de este trabajo se presentan en un solo documento que compila los resultados encontrados por los autores.*

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, busca realizar un análisis comparativo de las metodologías VIZIR y PCI de la estructura de pavimento de un tramo de vía, para determinar el estado del mismo mediante la convergencia de los métodos mencionados y de esta forma poder establecer propuesta de mejoramiento o rehabilitación de la vía.

En la red vial en la ciudad de Bogotá, se pueden encontrar vías con diferentes niveles de deterioro, por lo cual, es necesario desarrollar diferentes metodologías para atender cada una de estas problemáticas; adicionalmente, es fundamental seleccionar alternativas adecuadas para cada caso, sin que se generen pérdidas económicas en reposiciones costosas con duraciones bajas.

Existen diversas metodologías para la estimación de la condición del pavimento, entre estas las más comunes son la metodología VIZIR y la PCI, sin embargo, es necesario poder determinar las diversas falencias que existen en cada una de estas metodologías, para así determinar los casos en que mejor se adapte la aplicación de cada una de ellas.

# 1 GENERALIDADES

## 1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto, se enmarca dentro de la línea de investigación de Pavimentos, de la Especialización en Ingeniería de Pavimentos, de la Universidad Militar Nueva Granada.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.2.1 Pregunta de investigación

¿Cuál es el estado actual de la vía en estudio, de acuerdo a las comparaciones mediante las metodologías VIZIR y PCI, y las características correspondientes para obtener un estado óptimo de la misma?

### 1.2.2 Justificación

La constante necesidad de intervenir las vías en Bogotá, el alto costo ligado a estas actividades y la poca inversión en presupuesto, en planeación y evaluación, hace que sea de vital importancia tener una herramienta adecuada para el análisis de las vías, y determinar las prioridades en tanto a intervención y necesidades de la vía para mantenerse en estado óptimo se refiere.

Por lo anterior, es necesario evaluar y analizar el estado de la vía, teniendo en cuenta las metodologías existentes para esto y poder generar concepto y recomendaciones, de acuerdo a los resultados arrojados en el análisis del tramo de vía del Barrio Chicó Norte de Bogotá, mediante las metodologías VIZIR y PCI.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo general

Realizar una evaluación y comparación de la aplicación de la metodología

VIZIR y PCI, sobre el tramo de vía de pavimento flexible analizado, del barrio Chico Norte (Localidad de Chapinero).

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Evaluar la sección de vía analizada por el método PCI.

Evaluar la sección de vía analizada por el método VIZIR.

Generar una caracterización de condiciones y daños en el pavimento de los tramos de vía analizados.

Catalogar los tipos de daños existentes en el tramo de vía analizado de acuerdo a los sistemas de clasificación VIZIR y PCI.

## 2 MARCOS DE REFERENCIA

### 2.1 MARCO CONCEPTUAL

**Abultamiento:** “Este deterioro se asigna a los “abombamientos” o prominencias que se presentan en la superficie del pavimento. Pueden presentarse bruscamente ocupando pequeñas áreas o gradualmente en áreas grandes, acompañados en algunos casos por fisuras”. (Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de transporte, Instituto Nacional de vías, 2006)

**Ahuellamiento:** “El ahuellamiento es una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de las llantas de los vehículos. Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes a la zona deprimida y de fisuración.

Un ahuellamiento significativo puede llevar a la falla estructural del pavimento y posibilitar el hidropilaje por almacenamiento de agua.” (Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de transporte, Instituto Nacional de vías, 2006).

**Bache:** “Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares lo cual lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito. Dentro de este tipo de deterioro se encuentran los ojos de pescado que corresponden a baches de forma redondeada y profundidad variable, con bordes bien definidos que resultan de una deficiencia localizada en las capas estructurales” (Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de transporte, Instituto Nacional de vías, 2006)

**Depresión:** “Áreas del pavimento con niveles ligeramente más bajos que a su alrededor. Formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta.” (Díaz Cárdenas, 2014).

**Desnivel carril/berma:** “Es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma debido a la erosión de la misma.” (Díaz Cárdenas, 2014)

**Desplazamiento:** Corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de superficie producida por las cargas del tránsito. (Díaz Cárdenas, 2014)

**Desprendimiento de agregados:** Pérdida de la superficie del pavimento debido a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas de agregado. Indicador de que el asfalto se ha endurecido o que la mezcla es de mala calidad, también producido por vehículos de orugas o por derramamientos de aceites. (Díaz Cárdenas, 2014)

**Exudación:** Es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, formando una superficie brillante debido al exceso de asfalto en la mezcla y un bajo contenido de vacíos que mediante las altas temperaturas ocasiona su salida. (Díaz Cárdenas, 2014)

**Fisuras en bloque:** “Cuando se presenta este tipo de daño la superficie del asfalto es dividida en bloques de forma aproximadamente rectangular. Los bloques tienen lado promedio mayor que 0,30 m.”

Este deterioro difiere de la piel de cocodrilo en que esta última aparece en áreas sometidas a carga, mientras que los bloques aparecen usualmente en áreas no cargadas. Sin embargo, es usual encontrar fisuras en bloque que han evolucionado en piel de cocodrilo por acción del tránsito. Por otra parte, la piel de cocodrilo generalmente está formada por bloques con más lados y ángulos agudos.” (Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de transporte, Instituto Nacional de vías, 2006).

**Grieta de borde:** Grieta paralela y generalmente a una distancia entre 0.30 m y 0.60 m del borde exterior del pavimento y se origina por debilitamiento por las condiciones climáticas, de la base o subrasante en ese sector y su daño se agrava por el efecto del tráfico. (Díaz Cárdenas, 2014)

**Grieta de reflexión de junta:** Las grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto del cemento portland, inducido por la temperatura o la humedad bajo la superficie del concreto asfáltico. (Díaz Cárdenas, 2014)

**Grieta longitudinal y transversal:** Las grietas pueden ser producidas por una junta de carril pobremente construida, contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a los ciclos de temperatura diaria, o reflexión de una grieta causada bajo la capa de base. (Díaz Cárdenas, 2014)

**Grieta parabólica:** Son grietas en forma de media luna creciente, producidas por

los vehículos que al frenar o girar para dar vuelta induce al pavimento al desplazamiento o deformación. (Díaz Cárdenas, 2014)

**Hinchamiento:** Caracterizado por un levantamiento de la superficie del pavimento hacia arriba con una onda gradual de aproximadamente 3.0 m que puede estar acompañado por agrietamiento superficial. Se produce por el congelamiento de la subrasante o por suelos potencialmente expansivos. (Díaz Cárdenas, 2014)

**Ondulación:** También conocida como corrugación o rizado, es un daño caracterizado por la presencia de ondas en la superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito, con longitudes entre crestas usualmente menores que 1,0 m.” (Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de transporte, Instituto Nacional de vías, 2006)

**Parcheo:** Área de pavimento que ha sido reemplazada con material nuevo para reparar uno existente. (Díaz Cárdenas, 2014)

**Pavimento:** Los pavimento para carreteras y vías urbanas son estructuras viales multicapa, es decir, están constituidos por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales compuestas por materiales seleccionados. Estas estructuras son diseñadas para soportar las cargas impuestas por el tránsito y las condiciones ambientales. (Reyes Lizcano & Rondón Quintana, 2015)

**Pavimento Flexible:** Las estructuras de pavimento del tipo flexible pueden ser definidas como estructuras viales conformadas por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez, compuestas por materiales granulares no tratados o ligados (base, subbase, afirmado y en algunos casos subrasante mejorada o material de conformación), que a su vez se soportan sobre el terreno natural o subrasante. (Reyes Lizcano & Rondón Quintana, 2015)

**PCI:** Procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas. (Rodríguez Velásquez, 2009)

**Piel de cocodrilo:** Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga.

La fisuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de las cargas. Las fisuras se propagan a la superficie inicialmente como una o más fisuras longitudinales paralelas. Ante la repetición de cargas de tránsito, las fisuras se propagan formando piezas angulares que desarrollan un modelo parecido a la piel de un cocodrilo. Tales piezas tienen por lo general un diámetro promedio menor que 30 cm. (Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de transporte, Instituto Nacional de vías, 2006)

**Pulimento de agregados:** Causado por la repetición de carga que produce una pérdida de resistencia al deslizamiento. (Díaz Cárdenas, 2014)

**Vizir:** La metodología de auscultación francesa VIZIR es un sistema de por medio del cual se puede calificar la condición superficial de los pavimentos flexibles. (Martinez, 2014)

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 Daños en los pavimentos**

El daño de un pavimento es una condición o un conjunto de condiciones generadas por el tránsito, el medio ambiente, la construcción o los materiales que afectan las características funcionales o estructurales del mismo. Se pueden presentar una causa o una combinación de ellas como origen del daño. La gran mayoría de los daños evolucionan en su nivel de severidad convirtiéndose en otros de mayor importancia para los usuarios o para la estabilidad estructural del pavimento. (Pinilla Valencia, 2007).

Los daños que presenta una estructura de pavimento flexible, pueden ser clasificados en cuatro categorías: (Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de transporte, Instituto Nacional de vías, 2006)

- Fisuras
- Deformaciones
- Pérdida de capas estructurales
- Daños superficiales

Generalmente, un daño está relacionado con unas causas propias o particulares

que comúnmente tienen soluciones generales aceptadas por la práctica constructiva, lo cual hace que los costos de reparación sean económicos. Sin embargo, siempre se debe contar con la información geotécnica y deflectométrica complementaria para establecer de forma clara y precisa el origen o causas de los daños. (Pinilla Valencia, 2007)

Dentro de cada categoría existen diferentes deterioros que se originan por diversos factores, algunos de los cuales se han establecido mediante la revisión bibliográfica, y otros mediante evaluación de campo y ensayos de laboratorio. A continuación, se presenta la definición de cada uno de estos deterioros, sus severidades (clasificadas en Baja, Media y Alta), la forma de medir el daño y las unidades de medida, sus posibles causas y la evolución probable. (Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de transporte, Instituto Nacional de vías, 2006)

Tabla 2-1 Deterioros en una estructura flexible

Categoría	Daño	Descripción	Causas
Fisuras	Fisuras longitudinales y transversales (FL, FT)	Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado.	<p>Para ambos tipos de fisura:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad</li> <li>• Reflexión de grietas de las capas inferiores</li> </ul> <p>Para fisuras longitudinales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fatiga de la estructura</li> </ul> <p>Para fisuras transversales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riego de liga insuficiente o ausencia total.</li> <li>• Espesor insuficiente de la capa de rodadura</li> </ul>
	Fisuras en juntas de construcción (FCL, FCT)	Corresponden a fisuras longitudinales o transversales generadas por la mala ejecución de las juntas de construcción de la carpeta asfáltica o de las juntas en zonas de ampliación. Se localizan generalmente en el eje de la vía, coincidiendo con el ancho de los carriles, zonas de ensanche y en zonas de unión entre dos etapas de colocación de pavimento asfáltico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carencia de ligante en las paredes de la junta.</li> <li>• Deficiencia en el corte vertical de las franjas construidas con anterioridad.</li> <li>• Deficiencias de compactación en la zona de la junta.</li> <li>• Unión entre materiales de diferente rigidez.</li> </ul>
	Fisuras por reflexión de juntas o grietas en placas de concreto (FJL o FJT)	Este tipo de daño se presenta cuando existe una capa de concreto asfáltico sobre placas de concreto rígido; tales fisuras aparecen por la proyección en superficie de las juntas de dichas placas, en cuyo caso presentan un patrón regular, o también cuando existen grietas en las placas de concreto rígido que se han reflejado hasta aparecer en la superficie presentando un patrón irregular.	Son generadas por los movimientos de las juntas entre las placas de concreto rígido o de los bloques formados por las grietas existentes en éste, debido a los cambios de temperatura y de humedad. Generalmente no se atribuyen a las cargas de tránsito, aunque éstas pueden provocar fisuración en las zonas aledañas incrementando la severidad del daño.
	Fisuras en medialuna (FML)	Son fisuras de forma parabólica asociadas al movimiento de la banca por lo que	En general, este tipo de fisuras se producen por inestabilidad de la banca o por efectos locales de

Categoría	Daño	Descripción	Causas
		usualmente se presentan acompañadas de hundimientos.	<p>desección, aunque entre otras causas se pueden mencionar las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falla lateral del talud en zonas de terraplén.</li> <li>• Falla del talud en zonas de corte a media ladera</li> <li>• Ausencia o falla de obras de contención de la banca.</li> <li>• Desección producida por la presencia de árboles muy cerca al borde de la vía.</li> <li>• Consolidación de los rellenos que acompañan las obras de contención.</li> </ul>
	Fisuras de borde (FBD)	Corresponden a fisuras con tendencia longitudinal a semicircular localizadas cerca del borde de la calzada, se presentan principalmente por la ausencia de berma o por la diferencia de nivel entre la berma y la calzada	La principal causa de este daño es la falta de confinamiento lateral de la estructura debido a la carencia de bordillos, anchos de berma insuficientes o sobrecarpetas que llegan hasta el borde del carril y quedan en desnivel con la berma; en estos casos la fisura es generada cuando el tránsito circula muy cerca del borde. Las fisuras que aparecen por esta causa generalmente se encuentran a distancias entre 0,3 m a 0,6 m del borde de la calzada.
	Fisuras en bloque (FB)	<p>Cuando se presenta este tipo daño la superficie del asfalto es dividida en bloques de forma aproximadamente rectangular. Los bloques tienen lado promedio mayor que 0,30 m3.</p> <p>Este deterioro difiere de la piel de cocodrilo en que esta última aparece en áreas sometidas a carga, mientras que los bloques aparecen usualmente en áreas no cargadas. Sin embargo, es usual encontrar fisuras en bloque que han evolucionado en piel de cocodrilo por acción del tránsito. Por otra parte, la piel de cocodrilo generalmente está formada por bloques con más lados y ángulos agudos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La fisuración en bloque es causada principalmente por la contracción del concreto asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día, lo cual se traduce en ciclos de esfuerzo - deformación sobre la mezcla. La presencia de este tipo de fisuras indica que el asfalto se ha endurecido significativamente, lo cual sucede debido al envejecimiento de la mezcla o al uso de un tipo de asfalto inadecuado para las condiciones climáticas de la zona.</li> <li>• Reflejo de grietas de contracción provenientes de materiales estabilizados utilizados como base.</li> <li>• Combinación del cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica con el uso de un asfalto de baja penetración.</li> </ul>

Categoría	Daño	Descripción	Causas
	Piel de cocodrilo (PC)	Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. La fisuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de las cargas. Las fisuras se propagan a la superficie inicialmente como una o más fisuras longitudinales paralelas. Ante la repetición de cargas de tránsito, las fisuras se propagan formando piezas angulares que desarrollan un modelo parecido a la piel de un cocodrilo. Tales piezas tienen por lo general un diámetro promedio menor que 30 cm.	<p>La causa más frecuente es la falla por fatiga de la estructura o de la carpeta asfáltica principalmente debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espesor de estructura insuficiente.</li> <li>• Deformaciones de la subrasante.</li> <li>• Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (por oxidación del asfalto o envejecimiento).</li> <li>• Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares.</li> <li>• Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas.</li> <li>• Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica: exceso de mortero en la mezcla, uso de asfalto de alta penetración (hace deformable la mezcla), deficiencia de asfalto en la mezcla (reduce el módulo). • Reparaciones mal ejecutadas, deficiencias de compactación, juntas mal elaboradas e implementación de reparaciones que no corrigen el daño.</li> </ul>
	Fisuración por deslizamiento de capas (FDC)	Corresponden a fisuras en forma de semicírculo o medialuna, con curvaturas definidas de acuerdo con la fuerza de tracción que produce la llanta sobre el pavimento (al acelerar o frenar). Este tipo de fisuras se genera por acción del arranque o frenado de los vehículos lo que conlleva a que la superficie del pavimento se deslice y se deforme. Usualmente aparecen en zonas montañosas, en curvas o en intersecciones.	<p>Estas fisuras se presentan usualmente cuando existe una mezcla en la superficie de baja resistencia o por la escasa adherencia entre las capas superficiales de la estructura del pavimento. Se pueden generar ante el paso de tránsito muy pesado y muy lento, en zonas de frenado y acelerado de los vehículos.</p> <p>Otras causas pueden ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espesores de carpeta muy bajos.</li> <li>• Alto contenido de arena en la mezcla asfáltica.</li> <li>• Exceso de ligante o presencia de polvo durante la ejecución del riego de liga.</li> <li>• Carencia de penetración de la imprimación en bases granulares</li> </ul>
	Fisuración	La fisuración incipiente corresponde a una serie de fisuras contiguas y cerradas, que	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferencia de temperatura entre la mezcla y el medio ambiente en el momento de la colocación (temperatura</li> </ul>

Categoría	Daño	Descripción	Causas
	incipiente (FIN)	generalmente no se interceptan. Suelen afectar el concreto asfáltico de manera superficial. Por ser daños muy leves no poseen niveles de severidad asociados.	ambiente baja). <ul style="list-style-type: none"> <li>Lluvia durante la colocación del concreto asfáltico.</li> </ul>
Deformaciones	Ondulación (OND)	También conocida como corrugación o rizado, es un daño caracterizado por la presencia de ondas en la superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito, con longitudes entre crestas usualmente menores que 1,0 m.	<ul style="list-style-type: none"> <li>La ondulación es una deformación plástica de la capa asfáltica, debido generalmente a una pérdida de estabilidad de la mezcla en climas cálidos por mala dosificación del asfalto, uso de ligantes blandos o agregados redondeados. Muchos de los casos suelen presentarse en las zonas de frenado o aceleración de los vehículos.</li> <li>Otra causa puede estar asociada a un exceso de humedad en la subrasante, en cuyo caso el daño afecta toda la estructura del pavimento. Además, también puede ocurrir debido a la contaminación de la mezcla asfáltica con finos o materia orgánica.</li> <li>Bajo este contexto, las causas más probables son: <ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica.</li> <li>Exceso de compactación de la carpeta asfáltica.</li> <li>Exceso o mala calidad del asfalto.</li> <li>Insuficiencia de triturados (caras fracturadas).</li> <li>Falta de curado de las mezclas en la vía.</li> <li>Acción del tránsito en zonas de frenado y estacionamiento.</li> <li>Deslizamiento de la capa de rodadura sobre la capa inferior por exceso de riego de liga.</li> </ul> </li> </ul>
	Abultamiento (AB)	Este deterioro se asigna a los “abombamientos” o prominencias que se presentan en la superficie del pavimento. Pueden presentarse bruscamente ocupando pequeñas áreas o gradualmente en áreas grandes, acompañados en algunos casos por fisuras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se generan principalmente por la expansión de la subrasante o en capas de concreto asfáltico colocado sobre placas de concreto rígido, el cual se deforma al existir presiones bajo la capa asfáltica (como las generadas por procesos de bombeo).</li> </ul>

Categoría	Daño	Descripción	Causas
	Hundimiento (HUN)	Los hundimientos corresponden a depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante. Este tipo de daño puede generar problemas de seguridad a los vehículos, especialmente cuando contienen agua pues se puede producir hidropneumático. Los hundimientos pueden estar orientados de forma longitudinal o transversal al eje de la vía, o pueden tener forma de medialuna, en cualquier caso, el reporte del daño debe incluir en las aclaraciones, la orientación o la forma del hundimiento, si es fácilmente identificable en campo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existen diversas causas que producen hundimientos las cuales están asociadas con problemas que en general afectan toda la estructura del pavimento:</li> <li>• Asentamientos de la subrasante.</li> <li>• Deficiencia de compactación de las capas inferiores del pavimento, del terraplén o en las zonas de acceso a obras de arte o puentes.</li> <li>• Deficiencias de drenaje que afecta a los materiales granulares.</li> <li>• Diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante en los sectores de transición entre corte y terraplén.</li> <li>• Deficiencias de compactación de rellenos en zanjas que atraviesan la calzada.</li> <li>• Inestabilidad de la banca.</li> <li>• Circulación de tránsito muy pesado.</li> </ul>
	Ahuellamiento (AHU)	El ahuellamiento es una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de las llantas de los vehículos. Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes a la zona deprimida y de fisuración. Un ahuellamiento significativo puede llevar a la falla estructural del pavimento y posibilitar el hidropneumático por almacenamiento de agua.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El ahuellamiento ocurre principalmente debido a una deformación permanente de alguna de las capas del pavimento o de la subrasante, generada por deformación plástica del concreto asfáltico o por deformación de la subrasante debido a la fatiga de la estructura ante la repetición de cargas.</li> <li>• La deformación plástica de la mezcla asfáltica tiende a aumentar en climas cálidos, y también puede darse por una compactación inadecuada de las capas durante la construcción, por el uso de asfaltos blandos o de agregados redondeados.</li> <li>• Además, la falla estructural del pavimento puede manifestarse con daños de este tipo debido a una deficiencia de diseño, la cual se manifiesta cuando la vía está sometida a cargas de tránsito muy altas</li> </ul>

Categoría	Daño	Descripción	Causas
Pérdida de las capas de la estructura	Descascaramiento (DC)	Este deterioro corresponde al desprendimiento de parte de la capa asfáltica superficial, sin llegar a afectar las capas asfálticas subyacentes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales.</li> <li>• Espesor insuficiente de la capa de rodadura asfáltica.</li> <li>• Riego de liga deficiente.</li> <li>• Mezcla asfáltica muy permeable.</li> </ul>
	Baches (CH)	Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares, lo cual lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito. Dentro de este tipo de deterioro se encuentran los ojos de pescado que corresponden a baches de forma redondeada y profundidad variable, con bordes bien definidos que resultan de una deficiencia localizada en las capas estructurales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este tipo de deterioro puede presentarse por la retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y la falla del pavimento. Este deterioro ocurre siempre como evolución de otros daños, especialmente de piel de cocodrilo.</li> <li>• También es consecuencia de algunos defectos constructivos (por ejemplo, carencia de penetración de la imprimación en bases granulares) o de una deficiencia de espesores de capas estructurales. Puede producirse también en zonas donde el pavimento o la subrasante son débiles.</li> </ul>
Daños superficiales	Desgaste superficial (DSU)	Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida de ligante y mortero. Suele encontrarse en las zonas por donde transitan los vehículos. Este daño provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y del tránsito.	<p>El desgaste superficial generalmente es un deterioro natural del pavimento, aunque si se presenta con severidades medias o altas a edades tempranas puede estar asociado a un endurecimiento significativo del asfalto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede generarse también por las siguientes causas:</li> <li>• Falta de adherencia del asfalto con los agregados.</li> <li>• Deficiente dosificación de asfalto en la mezcla.</li> <li>• Acción intensa del agua u otros agentes abrasivos además del tránsito.</li> </ul>

Categoría	Daño	Descripción	Causas
	Pérdida de agregado (PA)	Conocida también como desintegración, corresponde a la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos. Este tipo de daño es común en tratamientos superficiales, caso en el que pueden aparecer estrías en la dirección del riego y debe ser reportado como surcos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación irregular del ligante en tratamientos superficiales.</li> <li>• Problemas de adherencia entre agregado y asfalto.</li> <li>• Uso de agregados contaminados con finos o agregados muy absorbentes.</li> <li>• Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico.</li> <li>• Endurecimiento significativo del asfalto.</li> <li>• Deficiencia de compactación de la carpeta asfáltica.</li> <li>• Contaminación de la capa de rodadura con aceite, gasolina y otros.</li> </ul>
	Pulimento del agregado (PU)	Este daño se evidencia por la presencia agregados con caras planas en la superficie o por la ausencia de agregados angulares, en ambos casos se puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La causa de este tipo de daño radica en una baja resistencia o susceptibilidad de algunos agregados al pulimento (un ejemplo de esto son las calizas).</li> </ul>
	Cabezas duras (CD)	Corresponde a la presencia de agregados expuestos fuera del mortero arena-asfalto, que puede llegar a aumentar la rugosidad del pavimento, provocando ruido excesivo para el conductor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de agregados gruesos con tamaño inadecuado.</li> <li>• Distribución granulométrica deficiente en el rango de las arenas.</li> <li>• Segregación de los agregados durante su manejo en obra.</li> <li>• Heterogeneidad en la dureza de los agregados.</li> </ul>
	Exudación (EX)	Este tipo de daño se presenta con una película o afloramiento del ligante asfáltico sobre la superficie del pavimento generalmente brillante, resbaladiza y usualmente pegajosa. Es un proceso que puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La exudación se genera cuando la mezcla tiene cantidades excesivas de asfalto haciendo que el contenido de vacíos con aire de la mezcla sea bajo; sucede especialmente durante épocas o en zonas calurosas. También puede darse por el uso de asfaltos muy blandos o por derrame de ciertos solventes.</li> </ul>

Categoría	Daño	Descripción	Causas
	Surcos (SU)	Corresponde a franjas o canales longitudinales donde se han perdido los agregados de la mezcla asfáltica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>En tratamientos superficiales se da por distribución transversal defectuosa del ligante bituminoso o del agregado, lo cual genera el desprendimiento de los agregados; en concreto asfáltico está relacionado con la erosión producida por agua en zonas de alta pendiente.</li> </ul>
Otros daños	Corrimiento vertical de la berma (CVB)	Corresponde a una diferencia de elevación entre la calzada y la berma, debido a un desplazamiento de la berma. Permite la infiltración de agua hacia el interior de la estructura del pavimento, provocando su deterioro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generalmente sucede cuando existen diferencias entre los materiales de la berma y el pavimento o por el bombeo del material de base en la berma. También puede estar asociado con problemas de inestabilidad de los taludes aledaños.</li> </ul>
	Separación de la berma (SB)	Este daño indica el incremento en la separación de la junta existente entre la calzada y la berma. Este daño permite la infiltración de agua hacia el interior de la estructura del pavimento provocando su deterioro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generalmente está relacionada con el movimiento de la berma debido a problemas de inestabilidad de los taludes aledaños o con la ausencia de liga entre calzada y berma cuando se construyen por separado.</li> </ul>
	Afloramiento de finos (AFI)	Este afloramiento corresponde a la salida de agua infiltrada, junto con materiales finos de la capa de base por las grietas, cuando circulan sobre ellas las cargas de tránsito. La presencia de manchas o de material acumulado en la superficie cercana al borde de las grietas indica la existencia del fenómeno. Se encuentra principalmente en pavimentos semirígidos (con base estabilizada).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausencia o inadecuado sistema de subdrenaje, exceso de finos en la estructura.</li> </ul>
	Afloramiento de agua (AFA)	Presencia del líquido en la superficie del pavimento en instantes en los cuales no hay lluvia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausencia o inadecuado sistema de subdrenaje, filtración de aguas.</li> </ul>

Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de transporte, Instituto Nacional de vías, 2006)

### 2.2.2 Método 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.

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación de cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad sobre la condición de pavimento.

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.

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 precepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima. (Cerón Bermúdez, 2006).

En la Tabla 2-2, se muestran los rangos de calificación para este método.

Tabla 2-2 Rangos de calificación del PCI

<b>Rango de calificación</b>	
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
70-55	Bueno

Rango de calificación	
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy malo
10-0	Fallado

Fuente: (Cerón Bermúdez, 2006)

Según la clasificación establecida por el IDU, a continuación, se presentan los planes de acción requeridos según el valor de PCI obtenido:

Ilustración 2-1 Alternativas de acción según PCI

PCI (IDU)		Actividad
0-25	Rojo	Reconstrucción
26-55	Naranja	Rehabilitación
56-85	Amarillo	Mantenimiento periódico
86-100	Verde	Mantenimiento rutinario

Fuente: IDU

En la Ilustración 2-2, se evidencian los daños existentes para el análisis de pavimentos, según la clasificación de daños dada por el método PCI.

Ilustración 2-2 Clasificación de daños

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.		

Fuente: (Pinilla Valencia, 2007)

### **2.2.2.1 Unidades de muestreo**

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y capa de rodadura:

- Carreteras con capa de rodadura asfáltica de ancho menos que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $230 \pm 93 \text{ m}^2$ .

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado, se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura.

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “valores deducidos” de cada año de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas. (Cerón Bermúdez, 2006)

### **2.2.3 Método VIZIR**

Es un sistema de fácil aplicación, que establece una distinción clara entre fallas estructurales y funcionales. El método clasifica los deterioros de los pavimentos asfálticos en dos grandes categorías, A y B, cuya identificación y niveles de gravedad se presentan en las tablas.

Las degradaciones del Tipo A caracterizan una condición estructural del pavimento. Se trata de degradaciones debidas a insuficiencia en la capacidad estructural de la calzada. Estos daños comprenden las deformaciones y los agrietamientos ligados a la fatiga del pavimento.

Las degradaciones del tipo B, en su mayoría de tipo funcional, dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural de la calzada. Su origen se encuentra más bien en deficiencias constructivas y condiciones locales particulares que el tránsito ayuda a poner en evidencia. (Pinilla Valencia, 2007)

### **2.2.3.1 Clasificación y cuantificación de los daños**

Los daños del tipo A caracterizan una condición estructural del pavimento, sea que ella esté ligada a las condiciones de las diversas capas y el suelo de subrasante o simplemente a las capas asfálticas. Se trata de daños debido a insuficiencia en la capacidad estructural de la calzada cuyo remedio suele requerir el conocimiento de otros criterios de valoración (ensayos de resistencia, deflexiones, etc.). Estos daños comprenden las deformaciones y los agrietamientos ligados a la fatiga del pavimento.

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

Los daños se presentan en el esquema itinerario por medio de rectángulos cuyo fondo (blanco, gris o negro) indica el nivel de gravedad, en tanto que los lados de ellos determinan el comienzo y el fin de cada una de las zonas en las cuales se divide el proyecto para este tipo de evaluación. Para los estudios destinados al diseño de obras de mantenimiento y rehabilitación del pavimento, cada zona de análisis deberá tener una longitud de 100 metros. (Pinilla Valencia, 2007)

#### **2.2.3.1.1 Determinación del índice de Deterioro Superficial “IS”**

Para efectos de su corrección, los daños del tipo A y B se enfrentan de diferente manera. En el caso de los tipo B, la solución de mantenimiento se deriva del simple reconocimiento de su existencia, no siendo necesario apelar a otros parámetros para realizar el diagnóstico. Así, por ejemplo, fallas del tipo de ojo de pescado deben ser sometidas a bacheo, las áreas exudadas deben ser sometidas a un tratamiento que brinde propiedades antideslizantes a la superficie, etc.

En cambio, la solución de los problemas que se manifiestan por medio de daños del tipo A depende de múltiples factores y, por lo tanto, el diagnóstico exigirá la consideración de aspectos tales como la capacidad portante, la calidad de los materiales

existentes, el tránsito futuro, etc. Los daños de este tipo suelen generar trabajos importantes de rehabilitación del pavimento, los cuales traen implícito el paliativo para los defectos del tipo B. De manera general, los daños del tipo B solo intervienen en la solución en ausencia de las del tipo A. Por lo tanto, el índice visual global que califica el estado del pavimento solo tiene en cuenta los daños del tipo A.

El primer paso en la determinación de este índice global (denominado Índice de Deterioro Superficial, "Is") consiste en el cálculo del índice de fisuración (If), el cual depende de la gravedad y la extensión de las fisuraciones y agrietamientos de tipo estructural en cada zona evaluada.

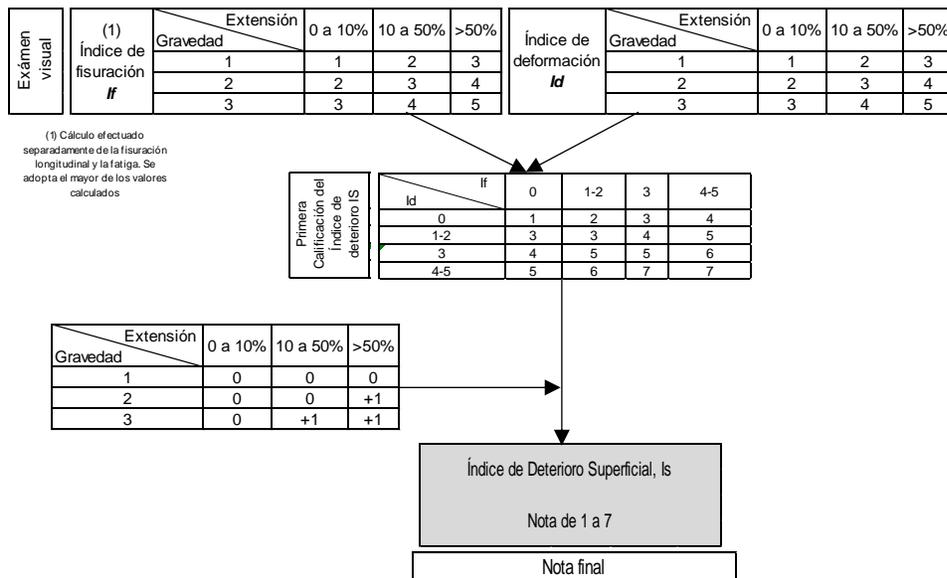
En seguida, se calcula un índice de deformación (Id), el cual también depende de la gravedad y extensión de las deformaciones de origen estructural.

La combinación de "If" e "Id" da lugar a un primer índice de calificación de la calzada, el cual debe ser corregido en función de la extensión y calidad de los trabajos de bacheo. En este punto, es importante considerar que, si bien algunos métodos de calificación de la condición del pavimento no incluyen las áreas con parches y bacheos, el LCPC considera que ellas deben formar parte integrante de la evaluación, con el argumento de que mientras una reparación localizada reciente enmascara un problema, las reparaciones frecuentes lo confirman.

Efectuada esta corrección, cuando corresponda, se obtiene el "Índice de Deterioro Superficial, (Is)", el cual califica la calzada en la longitud escogida para el cálculo. El valor del Is varía entre 1 y 7 y su cálculo se realiza de la manera como se muestra en la Ilustración 2-3.

No se debe perder de vista, sin embargo, que la valoración de las fallas del tipo A, no constituye un criterio suficiente para definir las acciones que requiere la calzada para su rehabilitación. (Pinilla Valencia, 2007)

Ilustración 2-3 Determinación del Índice de Deterioro Superficial "Is"



Fuente: (Pinilla Valencia, 2007)

### 2.2.3.1.2 Algunos daños de importancia no contemplados por el sistema

El sistema VIZIR no considera, para efectos de diagnóstico, algunas fallas del pavimento, a veces espectaculares, que no están ligadas directamente al comportamiento del mismo y de la subrasante. Es el caso, por ejemplo, de los agrietamientos longitudinales o en forma de media luna que se presentan en los taludes exteriores de secciones de pavimento a media ladera, causados por inestabilidad de estos; los agrietamientos, acompañados o no de levantamientos de la calzada cuando esta alcanza a ser afectada por un movimiento rotacional de un talud de corte; las deformaciones y agrietamientos excesivos de terraplenes construidos sobre suelos de muy limitada capacidad portante o exageradas características expansivas y contráctiles: las deformaciones y agrietamientos generados por inestabilidades locales y regionales, etc.

Este tipo de defectos, frecuentes en algunas carreteras nacionales y de efecto relevante en su comportamiento, deben ser analizados y resueltos con un enfoque geotécnico mucho más amplio, el cual supera el alcance de este método.

Tabla 2-3 Niveles de gravedad de los daños del tipo A

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	1	2	3
			
Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario, pero poco importante. Flecha < 20 mm	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. 20 mm ≤ Flecha ≤ 40 mm	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios Flecha > 40 mm
Grietas longitudinales por fatiga	Fisuras finas en la banda de rodamiento	Fisuras abiertas y a menudo ramificadas	Fisuras muy ramificadas y/o muy abiertas (grietas). Bordes de fisuras ocasionalmente degradados
Piel de cocodrilo	Piel de cocodrilo formada por mallas grandes (> 500 mm) con fisuración fina, sin pérdida de materiales	Mallas más densas (< 500 mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (< 200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales
Bacheos y parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros del tipo B	Intervenciones ligadas a deterioros tipo A	
		Comportamiento satisfactorio de la reparación	Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas

Fuente: (Pinilla Valencia, 2007)

Tabla 2-4 Niveles de Gravedad de los daños del tipo B

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD				
	1	2		3	
					
Grieta longitudinal de junta de construcción	Fina y única	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ancha (10 mm ó más) sin desprendimiento o</li> <li>Fina ramificada</li> </ul>		Ancha con desprendimientos o ramificada	
Grietas de contracción térmica	Fisuras finas	Anchas sin desprendimientos, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas		Anchas con desprendimientos	
Grietas parabólicas	Fisuras finas	Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Grietas de borde	Fisuras finas	Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Abultamientos	F < 20 mm	20 mm ≤ F ≤ 40 mm		F > 40 mm	
Ojos de pescado* (por cada 100 metros)	cantidad	< 5	5 a 10	< 5	> 10
	Diámetro (mm)	≤ 300	≤ 300	≤ 1000	≤ 300
Desprendimientos: <ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdida de película de ligante</li> <li>Pérdida de agregados</li> </ul>	Pérdidas aisladas	Pérdidas continuas		Pérdidas generalizadas y muy marcadas	
		Prof. (mm)	≤ 25		> 25
Descascaramiento	Área (m2)	≤ 0.8	> 0.8	≤ 0.8	> 0.8
	Pulimento agregados				
Exudación	No se definen niveles de gravedad				
	Puntual	Continua sobre la banda de rodamiento		Continua y muy marcada	
Afloramientos: <ul style="list-style-type: none"> <li>de mortero</li> <li>de agua</li> </ul>	Localizados y apenas perceptibles	Intensos		Muy intensos	
		Desintegración de los bordes del pavimento	Inicio de la desintegración	La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más	
Escalonamiento entre calzada y berma	Desnivel de 10 a 50 mm	Desnivel entre 50 y 100 mm		Desnivel superior a 100 mm	
Erosión de las bermas	Erosión incipiente	Erosión pronunciada		La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios	

\* Cuando el número de ojos de pescado supere el número y el tamaño descritos en la tabla, se deberán enfrentar como deterioros del tipo A.

Fuente: (Pinilla Valencia, 2007)

En la Tabla 2-5, se muestran los rangos de calificación del método VIZIR.

Tabla 2-5 Rangos de calificación del VIZIR

Rango calificación	
1 y 2	Bueno
3 y 4	Regular
5, 6 y 7	Deficiente

Fuente: (Cerón Bermúdez, 2006)

### 2.3 MARCO GEOGRÁFICO

La zona objeto de estudio del presente proyecto, está ubicada en el sector que comprende la carrera 15 a la carrera 11 y entre la calle 98 y calle 99 de la localidad de Chapinero, en la ciudad de Bogotá. En la Ubicación de la zona de estudio, se muestra la zona de análisis.

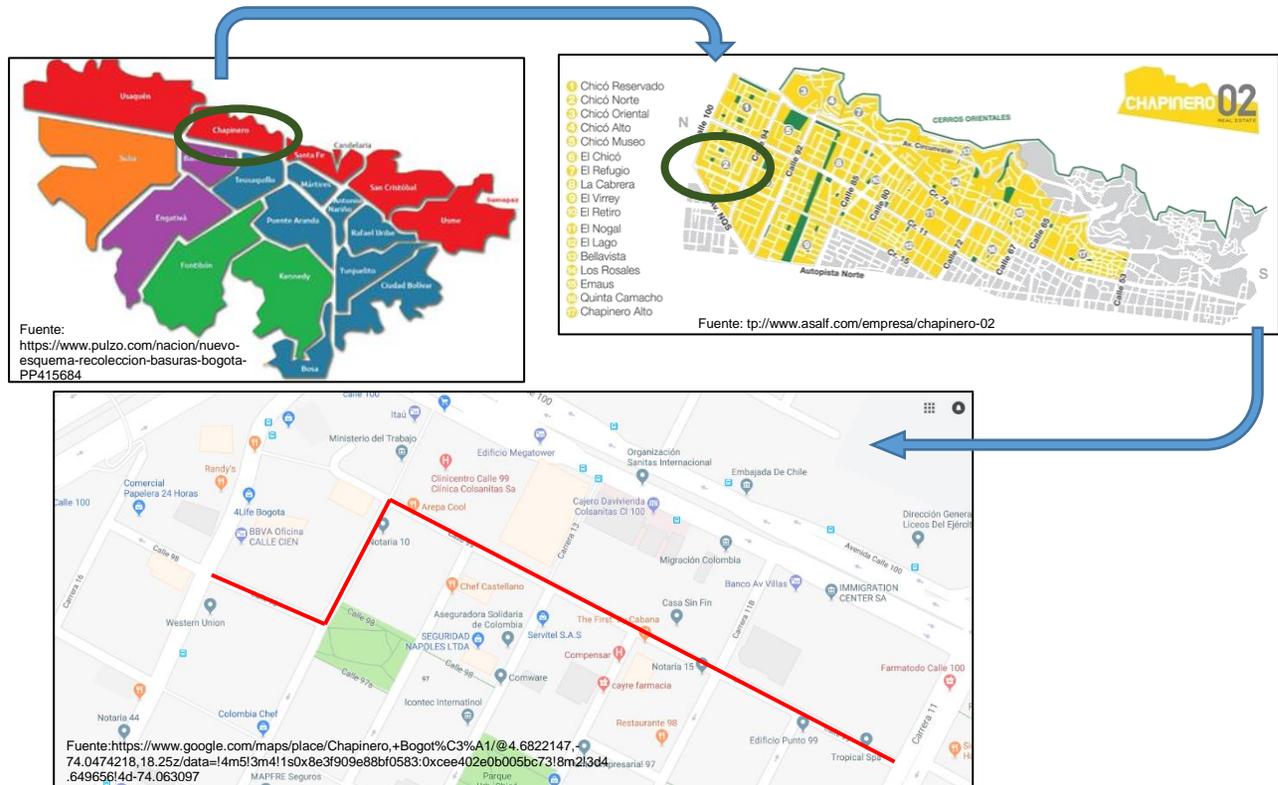


Ilustración 2-4 Ubicación de la zona de estudio

## 2.4 ESTADO DEL ARTE

El estudio del estado de las diferentes vías tanto de alto como bajo tráfico, se ha venido estudiando no solamente en Bogotá, sino en diferentes lugares de Colombia; estudios que han permitido hacer recomendaciones para el mejoramiento y aplicación de métodos constructivos y de reparación para evitar efectos negativos y resultados no esperados, dejando claro que cada uno de ellos se ha desarrollado y analizado para tipos específicos de vías y con nivel de tránsito establecido, lo cual no puede generalizarse para las demás tipologías de vías; dentro de los análisis que se han realizado se encuentran:

- (Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva, mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía acceso al barrio Ciudadela del Calé - Vía la Badea), estudio realizado en el año 2005, por estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia, del programa especialización en Vías y Transporte, documento en el que se hizo un estudio en un sector de vía mediante el índice del PCI, generando unas recomendaciones a partir de los resultados encontrados y análisis e las condiciones del tránsito existente en el sector estudiado.
- (Auscultación, calificación del estado superficial y evaluación económica de la carretera sector puente de La Libertad - Material desde el K0+000 hasta el K6+000), estudio realizado en el año 2007, por estudiantes de la universidad Nacional de Colombia, en este documento, se pudo encontrar información de diferentes metodologías para la inspección de una vía, así como una caracterización de los posibles factores que afectaron la estructura, produciendo cada tipo de patología, adicionalmente, se encontró un análisis de la metodología PCI, una descripción de cada uno de los tramos estudiados, así como una sectorización mediante la metodología de sectores homogéneos, documento que aporta recomendaciones y distinciones entre la aplicación de las dos metodologías utilizadas para vías rurales.
- (Consultoría especializada para la estructuración de concesiones viales), estudio realizado en el año 2013, en el que se hizo un diseño para una vía; documento en

el que se pueden ver los criterios de evaluación de daños y de selección de alternativas de intervención para vías de pavimento asfáltico.

- (Estudio patológico de la vía que comunica el municipio de Coello con el Espinal, en el departamento del Tolima), estudio realizado en el año 2017, documento en el que se hace una comparación de la metodología empleada para el análisis y toma de datos necesarios en la inspección de la vía de estudio.
- (Evaluación y comparación de metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de vía en pavimento flexible y rígido de la vía: Museo Quimbaya - CRQ Armenia Quindío (POR 00+000 - PR 02+600)), estudio realizado en el año 2006, documento en el que se hace evaluación de vías, y se toma como referencia las metodologías y resultados obtenidos en la misma, para su respectivo análisis.
- (Estudio patológico a la vía interna (tramo 1 en la vía de la línea 4) del Condominio Campestre Montelagos, ubicado en la Inspección de San Joaquín del municipio de la mesa - Cundinamarca), estudio realizado en el año 2017, en el mismo, se implementaron metodologías para la toma de datos para la inspección visual de vías y el análisis de estas patologías.

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO

Para el desarrollo del presente documento, se analiza el trazado de acuerdo a abscisas definidas; el tramo de estudio tiene una longitud de 640m lineales, con un ancho de calzada de 6m promedio, el cual se dividirá en tramos de longitudes requeridas para la aplicación de cada una de las metodologías a trabajar; así, para el método PCI, se dividen en tramos de 40, lineales, y para la aplicación del método VIZIR, se divide en tramos de 100 m lineales.

El abscisado utilizado para la aplicación del método VIZIR, se listan a continuación, con su respectiva localización:

- Tramo 1: K0+000 AL K0+100, va por la calle 99 entre carrera 11 y carrera 11A.
- Tramo 2: K0+100 AL K0+200, va por la calle 99 entre carrera 11A y carrera 12.
- Tramo 3: K0+200 AL K0+300, va por la calle 99 entre carrera 12 y carrera 13.
- Tramo 4: K0+300 AL K0+400, va por la calle 99 entre carrera 13 y carrera 13B.
- Tramo 5: K0+400 AL K0+500, va por la calle 99 entre carrera 13B A carrera 14 con CLL 98.
- Tramo 6: K0+500 AL K0+640, va por carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15.

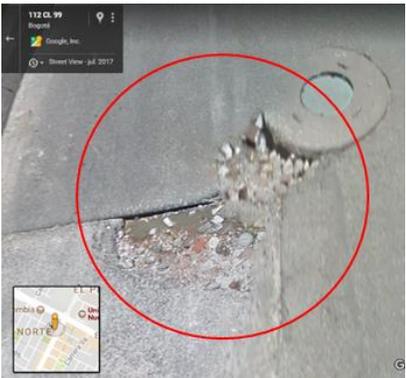
Adicionalmente, se analiza el impacto que genera el tráfico atraído en la zona de estudio, mediante aforos de tráfico.

Por último, se toman muestras de asfalto en el sector, para realizar ensayos de laboratorio y su posterior análisis.

### 3.1.1 Inspección visual a zona de análisis

En la Tabla 3-1, se puede evidenciar la inspección visual realizadas, en la que se evidencia el estado de cada uno de los tramos de vía analizados, con la respectiva comparación con el estado antiguo de la vía, mediante imágenes de referencia tomadas de Google Earth, así como la descripción de cada una de ellas.

Tabla 3-1 Inspección Patológica - Tramo No. 1 – K0+000 a K0+100

ESTADO DE VÍA (Fotos Google Maps)	ESTADO DE VÍA (Inspección realizada por investigadores)
 <p>Foto No. 1 K0+000 a K0+100 - Calle 99 – Carrera 11 Fotografía: Julio 2017</p>	 <p>Foto No. 2 K0+000 a K0+100 - Bacheo en asfalto y en concreto - Calle 99 – Carrera 11 Fotografía: marzo 2018.</p>  <p>Foto No. 3 Fisuras existentes - Calle 99 – Carrera 11 Fotografía: marzo 2018.</p>

## ESQUEMA TRAMO DE VÍA

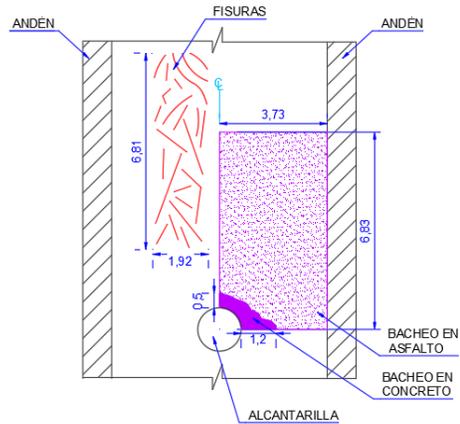


Ilustración 3-1 Esquema de estado vía K0+000 a K0+100

## ANÁLISIS COMPARATIVO ESTADO ANTIGUO VS ESTADO ACTUAL

Se puede observar que en el contorno de la tapa de alcantarilla existía un daño y se observaba totalmente destruida la capa superficial en un área determinada, y en comparación con la revisión realizada se observa que esta irregularidad fue llenada con concreto hidráulico, pese a que la vía está constituida por una mezcla asfáltica.

Adicional a esto se observa bastante severidad en la fisura existente en una de las juntas del bache existente, así como la aparición de un patrón de figuración en el carril izquierdo de la vía.

## ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LA VÍA

En el punto de análisis se puede observar:

Una reparación hecha en la vía con concreto asfáltico de 6.83 m por 3.73 m como se muestra en el esquema anterior y uno de los vértices de esta reparación está arreglada con concreto hidráulico.

Se observa además que existe un mal sello de junta lo que provoca que se cree una fisura de gran grosor en la interface entre el asfalto de reparación y el existente.

Adicional a esto se puede observar una figuración de considerable longitud, pero con una profundidad de estas aun baja.

Tabla 3-2 Inspección patológica - Tramo No. 1 – K0+000 a K0+100

ESTADO DE VÍA (Fotos Google Maps)	ESTADO DE VÍA (Inspección realizada por investigadores)
 <p>Foto No. 4 K0+000 a K0+100 - Calle 99 – Carrera 11 Fotografía: Julio 2017</p>	 <p>Foto No. 5 K0+000 a K0+100 - Bacheo en asfalto con deterioro - Calle 99 – Carrera 11 Fotografía: marzo 2018.</p>  <p>Foto No. 6 K0+000 a K0+100 – Fisuras existentes - Calle 99 – Carrera 11 Fotografía: marzo 2018.</p>

**ESQUEMA TRAMO DE VÍA**

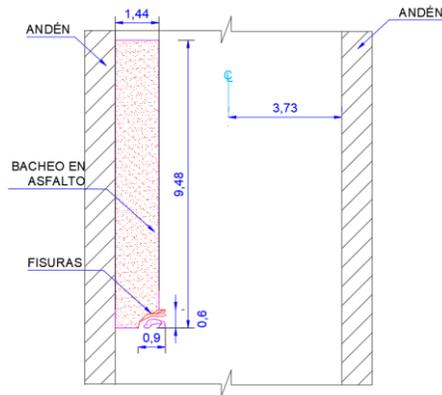


Ilustración 3-2 Esquema de estado vía K0+000 a K0+100

### ANÁLISIS COMPARATIVO ESTADO ANTIGUO VS ESTADO ACTUAL

Se puede observar que existe una diferencia en la vía, en el lapso entre la toma de los registros fotográficos, y es un aumento en el grado de fisuración de una de las esquinas de la reparación realizada.

### ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LA VÍA

Se puede observar en este tramo de la vía una reparación que se realizó a un costado de la vía, y se evidencia que comienza a evolucionar un deterioro desde una de las esquinas de esta.

Además de lo anterior se puede apreciar en la fotografía que en el lugar de la intervención que se presenta un deterioro existe una irregularidad en la reparación, ya que se agregó asfalto en unos puntos sin retirar el existente, y sin generar ningún tipo de junta en este lado de la reparación.

Tabla 3-3 Inspección patológica - Tramo No. 1 – K0+000 a K0+100

ESTADO DE VÍA (Fotos Google Maps)	ESTADO DE VÍA (Inspección realizada por investigadores)
 <p>Foto No. 7 K0+000 a K0+100 - Calle 99 – Carrera 11 Fotografía: Julio 2017 K0+000 a K0+100 - Calle 99 – Carrera 11 Fotografía: Julio 2017</p>	 <p>Foto No. 8 K0+000 a K0+100 – Fisuras existentes - Calle 99 – Carrera 11 Fotografía: Marzo 2018</p>  <p>Foto No. 9 K0+000 a K0+100 – Fisuras existentes - Calle 99 – Carrera 11 Fotografía: Marzo 2018</p>

## ESQUEMA TRAMO DE VÍA

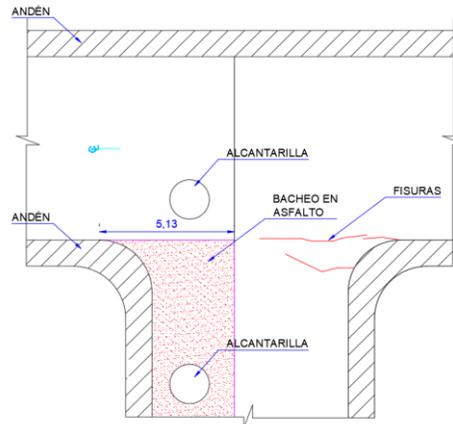


Ilustración 3-3 Esquema de estado vía K0+000 a K0+100

## ANÁLISIS COMPARATIVO ESTADO ANTIGUO VS ESTADO ACTUAL

Se puede observar que existe una diferencia en la vía en el lapso entre la toma de los registros fotográficos, debido a que se realizó un parcheo en el costado norte de la vía de estudio, adicionalmente, es evidente la aparición de fisuras desde la esquina del andén de la zona de estudio.

## ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LA VÍA

Se puede observar en este tramo de la vía, una reparación que se realizó a un costado de la vía, y se evidencia que se ha venido presentando evolución y agrandamiento de fisuras de gran tamaño en una de las esquinas de la vía.

Adicionalmente, se evidencia que pese a que el parcheo se encuentra en una intersección con la vía de análisis, las fisuras que se puedan presentar por deterioro de este o de su junta, pueden afectar directamente la vía de estudio.

Tabla 3-4 Inspección patológica - Tramo No. 2 – K0+100 a K0+200

ESTADO DE VÍA (Fotos Google Maps)	ESTADO DE VÍA (Inspección realizada por investigadores)
 <p data-bbox="207 1125 803 1207">Foto No. 10 K0+100 a K0+200 - Calle 99 – Carrera 11A y carrera 12 Fotografía: Julio 2017</p>	 <p data-bbox="841 716 1409 829">Foto No. 11 K0+100 a K0+200 - Bacheo en asfalto y hundimiento de alcantarilla - Calle 99 – Carrera 11A y carrera 12 Fotografía: marzo 2018.</p>  <p data-bbox="846 1226 1404 1337">Foto No. 12 K0+100 a K0+200 - Bacheo en asfalto y fisuras existentes - Calle 99 – Carrera 11A y carrera 12 Fotografía: marzo 2018</p>

**ESQUEMA TRAMO DE VÍA**

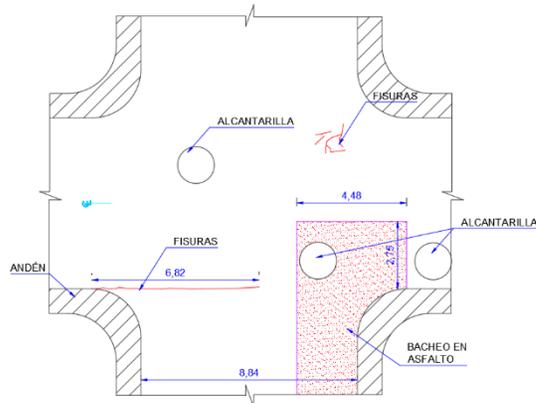


Ilustración 3-4 Esquema de estado vía K0+100 a K0+200

**ANÁLISIS COMPARATIVO ESTADO ANTIGUO VS ESTADO ACTUAL**

Se puede observar, que las fotos existentes en Google Maps, tomadas en el año 2017, no existía mayor deterioro en la vía, sin embargo, se evidenciaba una intervención en la misma; por otra parte, en la toma fotográfica por los investigadores, se puede ver un leve hundimiento en una de las alcantarillas, así como la existencia de fisuras.

**ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LA VÍA**

Se puede observar en este tramo de la vía, aparición de fisuras en la esquina y en el centro de la vía, hundimiento de una de las alcantarillas lo que afecta el confort de los usuarios de la vía.

Tabla 3-5 Inspección patológica - Tramo No. 2 – K0+100 a K0+200

ESTADO DE VÍA (Fotos Google Maps)	ESTADO DE VÍA (Inspección realizada por investigadores)
 <p>Foto No. 13 K0+100 a K0+200 - Calle 99 – Carrera 11A y carrera 12 Fotografía: Julio 2017</p>	 <p>Foto No. 14 K0+100 a K0+200 – Piel de cocodrilo - Calle 99 – Carrera 11A y carrera 12 Fotografía: marzo 2018</p>  <p>Foto No. 15 K0+100 a K0+200 – Piel de cocodrilo - Calle 99 – Carrera 11A y carrera 12 Fotografía: marzo 2018</p>

### ESQUEMA TRAMO DE VÍA

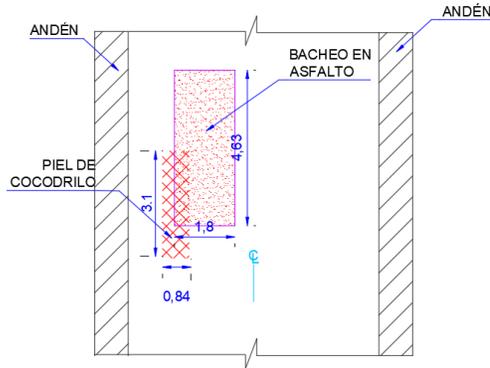


Ilustración 3-5 Esquema de estado vía K0+100 a K0+200

### ANÁLISIS COMPARATIVO ESTADO ANTIGUO VS ESTADO ACTUAL

Se evidencia en el registro fotográfico de Google Maps, la existencia de una intervención en la vía, sin embargo, no se presentaba de manera significativa un deterioro como el que se evidencia en la inspección realizada, en la que se encontró un daño a nivel de piel cocodrilo.

### ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LA VÍA

Se evidencia, la existencia de un patrón de piel de cocodrilo, en una de las esquinas de la vía de estudio, de unas dimensiones de aproximadamente 3.00 m x 0.80 m; por otra parte, es evidente la existencia de desprendimiento de materiales de la capa asfáltica.

Tabla 3-6 Inspección patológica - Tramo No. 3 K0+200 AL K0+300

ESTADO DE VÍA (Fotos Google Maps)	ESTADO DE VÍA (Inspección realizada por investigadores)
 <p>Foto No. 16 K0+200 a K0+300 - Calle 99 entre carrera 12 y carrera 13 Fotografía: Julio 2017</p>	 <p>Foto No. 17 K0+200 a K0+300 – Bacheo existente - Calle 99 entre carrera 12 y carrera 13 Fotografía: marzo 2018</p>

ESTADO DE VÍA (Fotos Google Maps)	ESTADO DE VÍA (Inspección realizada por investigadores)
	 <p data-bbox="870 667 1412 743">Foto No. 18 K0+100 a K0+200 – Piel de cocodrilo - Calle 99 – Carrera 11A y carrera 12 Fotografía: marzo 2018</p>

**ESQUEMA TRAMO DE VÍA**



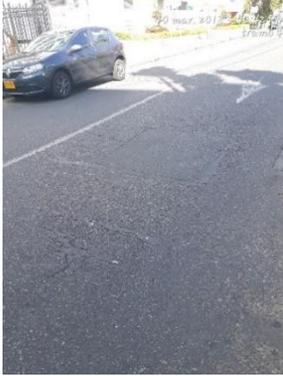
**ANÁLISIS COMPARATIVO ESTADO ANTIGUO VS ESTADO ACTUAL**

Se evidencia en la comparación realizada, que en la fotografía tomada de Google Maps, existía una intervención a la vía, que se encontraba en buenas condiciones; sin embargo, en la inspección realizada para el desarrollo de este proyecto, es evidente el cambio del estado en dicha intervención, pues se observa evidente deterioro en los sellos de juntas y aparición de fisuras.

**ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LA VÍA**

En la inspección realizada, se puede observar una intervención realizada a la vía, en la cual existen unas juntas irregulares, ya que no atraviesan completamente el área de intervención, adicionalmente, se observa un deterioro en la mayoría de juntas existentes y una fisuración de tipo piel de cocodrilo, partiendo de una de estas juntas; lo que indica, que este deterioro se pudo haber acelerado, por la falta de mantenimiento de los sellos de juntas.

Tabla 3-7 Inspección patológica – Tramo No. 4 - K0+300 a K0+400

ESTADO DE VÍA (Fotos Google Maps)	ESTADO DE VÍA (Inspección realizada por investigadores)
 <p>Foto No. 19 K0+300 a K0+400 - Calle 99 entre carrera 13 y carrera 13B Fotografía: Julio 2017</p>  <p>Foto No. 20 K0+300 a K0+400 - Calle 99 entre carrera 13 y carrera 13B Fotografía: Julio 2017</p>	 <p>Foto No. 21 K0+300 a K0+400 – Bacheo en asfalto y fisuras existentes - Calle 99 entre carrera 13 y carrera 13B Fotografía: marzo 2018</p>  <p>Foto No. 22 K0+300 a K0+400 – Intervención por servicios públicos existente - Calle 99 entre carrera 13 y carrera 13B Fotografía: marzo 2018</p>

**ESQUEMA TRAMO DE VÍA**

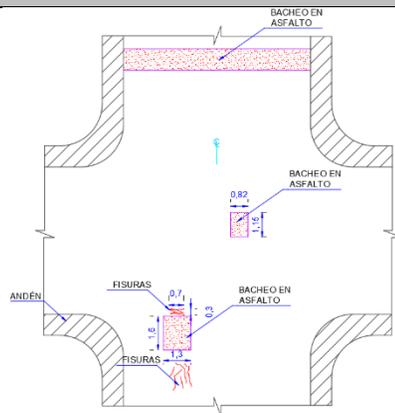


Ilustración 3-7 Esquema de estado vía K0+300 a K0+400

**ANÁLISIS COMPARATIVO ESTADO ANTIGUO VS ESTADO ACTUAL**

Se evidencia, que el bacheo existente, a lo largo del tiempo que fue objeto de comparación, se ha deteriorado en el sello de junta, adicionalmente, cerca de esta intervención, se evidencia aparición de fisuras.

Por otra parte, en la intervención de servicios públicos, es evidente el gran deterioro que se ha venido presentando en el sello de junta.

**ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LA VÍA**

En esta sección de vía, se puede evidenciar la existencia de dos intervenciones (bacheos) y una intervención por servicios públicos; así como una serie de fisuras de pequeño espesor; sin embargo, de no ejecutar el respectivo mantenimiento, se puede acelerar la aparición de daños, hasta obtener toda la sección de vía sin el confort adecuado para los usuarios.

Tabla 3-8 Inspección patológica - Tramo No. 5 – K0+400 al K0+500

ESTADO DE VÍA (Fotos Google Maps)	ESTADO DE VÍA (Inspección realizada por investigadores)
 <p>Foto No. 23 K0+400 a K0+500 - Calle 99 entre carrera 13B a carrera 14 con calle 98 Fotografía: Julio 2017</p>	 <p>Foto No. 24 K0+400 a K0+500 – Deterioro costado de la vía - Calle 99 entre carrera 13B a carrera 14 con calle 98 Fotografía: Marzo 2018</p>  <p>Foto No. 25 K0+400 a K0+500 – Bacheo irregular y huellas de oruga existentes - Calle 99 entre carrera 13B a carrera 14 con calle 98 Fotografía: Marzo 2018</p>

## ESQUEMA TRAMO DE VÍA

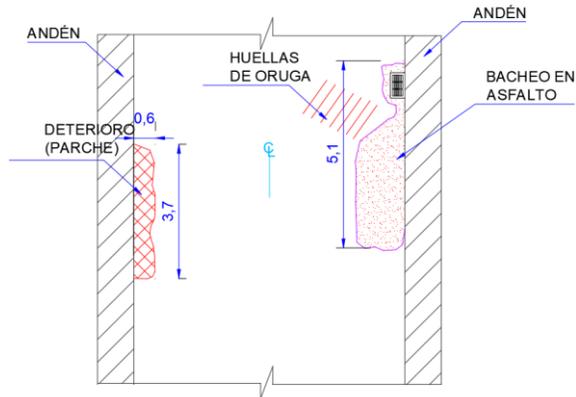


Ilustración 3-8 Esquema de estado vía K0+400 a K0+500

### ANÁLISIS COMPARATIVO ESTADO ANTIGUO VS ESTADO ACTUAL

Se evidencia, que a pesar que en las fotografías tomadas de Google Maps, ya existía un deterioro leve en la vía; en la inspección realizada se encontró un aumento considerable en las dimensiones de dicho deterioro sumado a fisuras generadas.

### ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LA VÍA

Se puede observar, una pérdida de material, deterioro y bache existente al borde la vía, y al costado derecho de esta, se evidencia un bacheo irregular, acompañado de un deterioro causado por el paso de maquinaria de orugas, lo que genera, un área susceptible a daños mayores.

Tabla 3-9 Inspección patológica - Tramo No. 5 – K0+400 al K0+500

ESTADO DE VÍA (Fotos Google Maps)	ESTADO DE VÍA (Inspección realizada por investigadores)
 <p>Foto No. 26 K0+400 a K0+500 - Calle 99 entre carrera 13B a carrera 14 con calle 98 Fotografía: Julio 2017</p>	 <p>Foto No. 13B a carrera 14 con calle 98 27 K0+400 a K0+500 – Fisuras existentes - Calle 99 entre carrera Fotografía: Marzo 2018</p>



Foto No. 28 K0+400 a K0+500 – Fisuras existentes -  
Calle 99 entre carrera 13B a carrera 14 con calle 98  
Fotografía: Marzo 2018

### ESQUEMA TRAMO DE VÍA

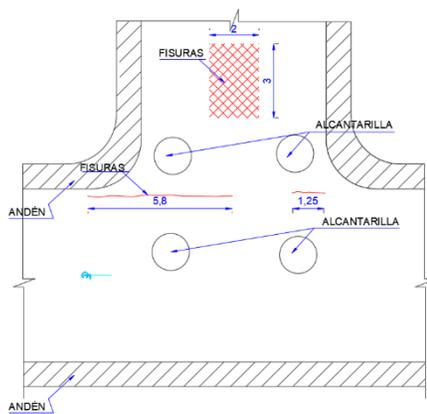


Ilustración 3-9 Esquema de estado vía K0+400 a K0+500

### ANÁLISIS COMPARATIVO ESTADO ANTIGUO VS ESTADO ACTUAL

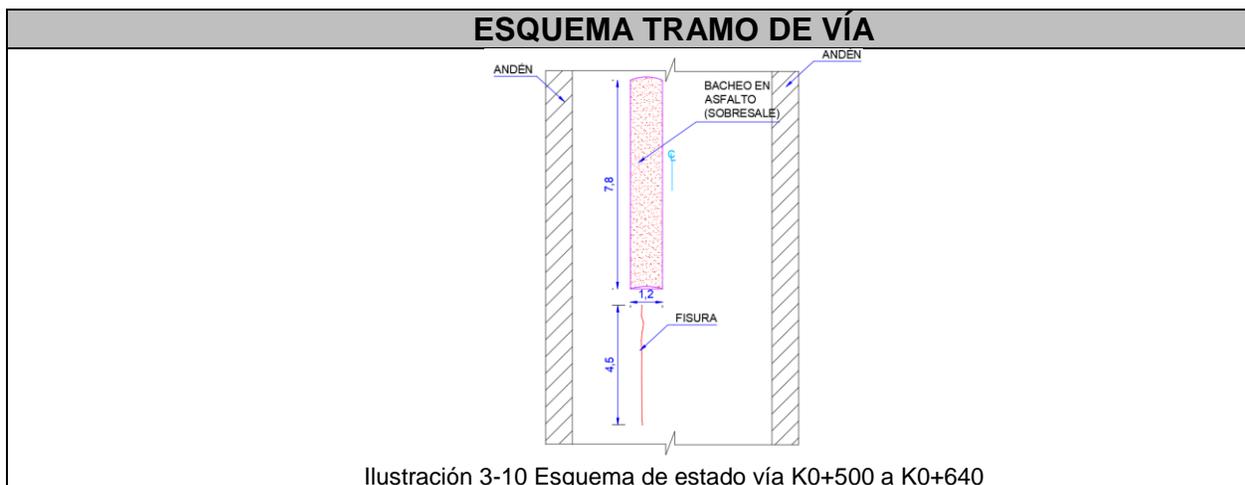
Se evidencia, que en el lapso de tiempo existente entre la fotografía de Google Maps y la inspección realizada, se generaron fisuras en la intersección de la calle 99 y la carrera 14.

### ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LA VÍA

Se puede observar, que en la vía existen fisuras longitudinales, que atraviesan en la totalidad la sección transversal de la vía y un patrón de fisuración en forma de piel de cocodrilo en el centro de la vía.

Tabla 3-10 Inspección patológica - Tramo No. 6 – K0+500 a K0+640

ESTADO DE VÍA (Fotos Google Maps)	ESTADO DE VÍA (Inspección realizada por investigadores)
 <p>Foto No. 29 K0+500 AL K0+640 - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15 Fotografía: Julio 2017</p>	 <p>Foto No. 30 K0+500 AL K0+640 – Fisuras existentes - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15 Fotografía: Marzo 2018</p>  <p>Foto No. 31 K0+500 AL K0+640 – Bacheo existente - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15 Fotografía: Marzo 2018</p>



## ANÁLISIS COMPARATIVO ESTADO ANTIGUO VS ESTADO ACTUAL

Se evidencia que tanto en la inspección realizada, como en la fotografía tomada de Google Maps, existe una intervención en la vía, sin embargo, en la inspección realizada para este proyecto, se evidenció, que dicha intervención tiene un leve deterioro en los bordes de la misma.

## ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LA VÍA

Se puede observar, una intervención realizada anteriormente, con un leve deterioro en los bordes de la misma, adicionalmente, se evidencia una fisura longitudinal de aproximadamente 4.50 m, por el centro de la vía.

Tabla 3-11 Inspección patológica - Tramo No. 6 – K0+500 a K0+640

ESTADO DE VÍA (Fotos Google Maps)	ESTADO DE VÍA (Inspección realizada por investigadores)
 <p>Foto No. 32 K0+500 AL K0+640 - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15 Fotografía: Julio 2017</p>	 <p>Foto No. 34 K0+500 AL K0+640 – Deterioro generalizado existente - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15 Fotografía: Marzo 2018</p>
 <p>Foto No. 33 K0+500 AL K0+640 - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15 Fotografía: Julio 2017</p>	 <p>Foto No. 35 K0+500 AL K0+640 – Piel de cocodrilo existente - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15 Fotografía: Marzo 2018</p>

## ESQUEMA TRAMO DE VÍA

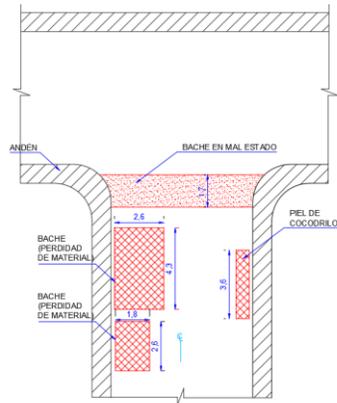


Ilustración 3-11 Esquema de estado vía K0+500 a K0+640

### ANÁLISIS COMPARATIVO ESTADO ANTIGUO VS ESTADO ACTUAL

Como se puede evidenciar en los registros fotográficos tomados de Google Maps, ya existía un bacheo, sin embargo eran evidentes deterioros significativos en la vía como baches, fisuras; al pasar el tiempo y en la inspección realizada, se observó un aumento en la gravedad de las patologías existentes.

### ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LA VÍA

La sección analizada, presenta un alto grado de deterioro a lo largo de todo su área de análisis, presentando piel de cocodrilo, que representa un área significativa, baches, desprendimiento de material y deterioro en los bacheos existentes; lo que permite definir este tramo de estudio, con las patologías más graves y en menor condición de todas las secciones estudiadas y analizadas en este proyecto.

Tabla 3-12 Inspección patológica - Tramo No. 6 – K0+500 a K0+640

ESTADO DE VÍA (Fotos Google Maps)	ESTADO DE VÍA (Inspección realizada por investigadores)
 <p style="text-align: center;">Foto No. 36 K0+500 AL K0+640 - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15 Fotografía: Julio 2017</p>	 <p style="text-align: center;">Foto No. 38 K0+500 AL K0+640 –Deterioro generalizado existente - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15 Fotografía: Marzo 2018</p>



Foto No. 37 K0+500 AL K0+640 - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15  
Fotografía: Julio 2017



Foto No. 39 K0+500 AL K0+640 – Deterioro generalizado existente - Carrera 14 con calle 98 a calle 98 entre carrera 14 y carrera 15  
Fotografía: Marzo 2018

### ESQUEMA TRAMO DE VÍA

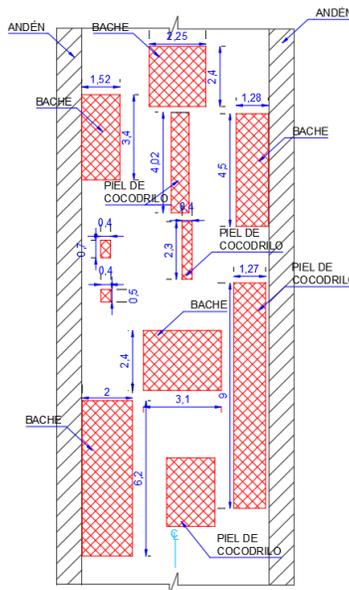


Ilustración 3-12 Esquema de estado vía K0+500 a K0+640

### ANÁLISIS COMPARATIVO ESTADO ANTIGUO VS ESTADO ACTUAL

En las fotografías tomadas de Google Maps, se evidencia, que aunque ya existían daños y deterioros en la vía, como baches, fisuras, hundimientos, sin embargo, en la inspección realizada, se observó que estos daños aumentaron tanto en gravedad de patología como en área incidencia.

### ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LA VÍA

La sección analizada, presenta un alto grado de deterioro generalizado a lo largo de todo el área de análisis, presentando piel de cocodrilo, hundimientos, baches, fisuras de gran tamaño, desprendimiento de material, deterioro en los bacheos ya existentes y un daño que abarca la totalidad de la vía en análisis; lo que permite definir este tramo de estudio, con las patologías más graves y en menor condición de todas las secciones estudiadas y analizadas en este proyecto.

### 3.1.2 Análisis de la condición del pavimento por el método PCI

Teniendo en cuenta la inspección visual realizada y los datos tomados en campo, se procede a implementar la metodología PCI, para el análisis de la condición del pavimento.

- Se determinaron los tramos objeto de análisis, según el criterio de área definido en el método PCI ( $239 \pm 93 \text{ m}^2$ ). En la Tabla 3-13, se muestra las longitudes del tramo analizado, según el ancho de la vía.

Tabla 3-13 Sectorización de tramos de vía en análisis según PCI

Área Unidad de muestreo m2	Ancho de la vía	longitud	Longitud total	Número de tramos
137	7,45	18,38926174	640	35
230	7,45	30,87248322	640	21
323	7,45	43,3557047	640	15

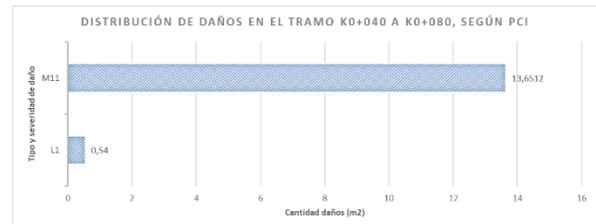
Fuente: Propia

- Se procedió a definir los daños, así como sus respectivas severidades en cada uno de los tramos, en el Anexo 1, se evidencian estos daños.
- Se agruparon las áreas de cada daño existentes en cada tramo, por tipo y severidad del daño. En el Anexo 2, se muestra la distribución de los daños en cada tramo de estudio.

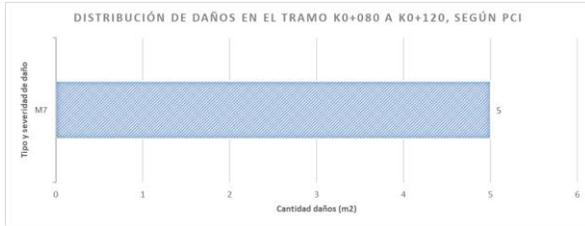
A continuación, se presentan las gráficas de distribución de daños encontrados en la sección de estudio, con su respectiva área.



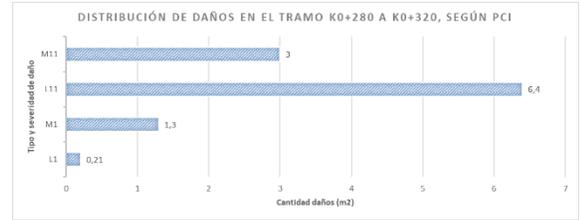
Gráfica 3-1 Distribución de daños en el tramo K0+000 a K0+040



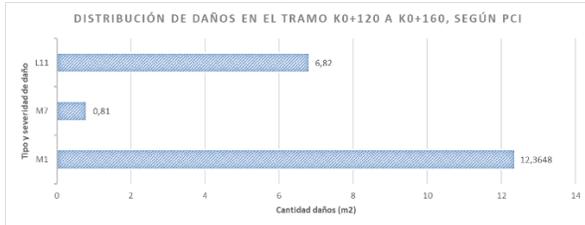
Gráfica 3-2 Distribución de daños en el tramo K0+040 a K0+080



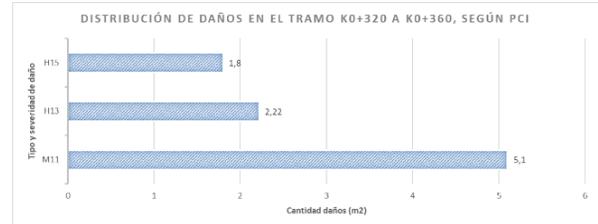
Gráfica 3-3 Distribución de daños en el tramo K0+080 a K0+120



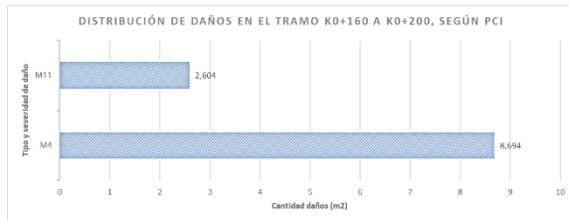
Gráfica 3-8 Distribución de daños en el tramo K0+280 a K0+320



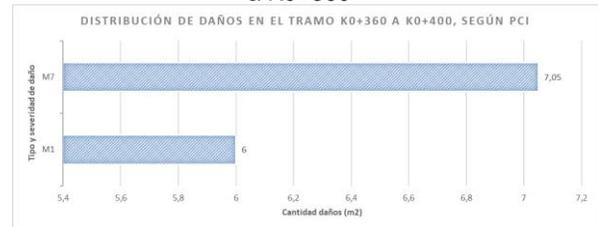
Gráfica 3-4 Distribución de daños en el tramo K0+120 a K0+160



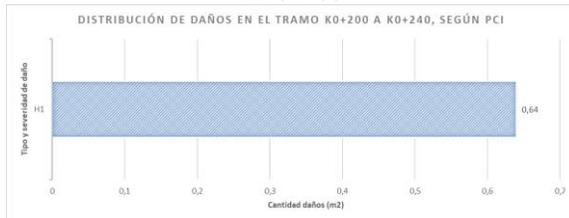
Gráfica 3-9 Distribución de daños en el tramo K0+320 a K0+360



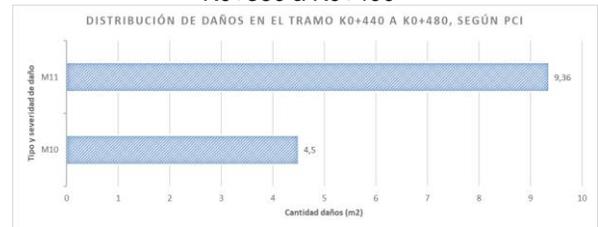
Gráfica 3-5 Distribución de daños en el tramo K0+160 a K0+200



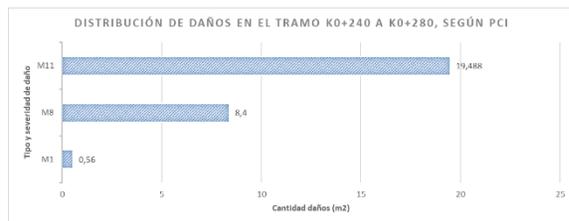
Gráfica 3-10 Distribución de daños en el tramo K0+360 a K0+400



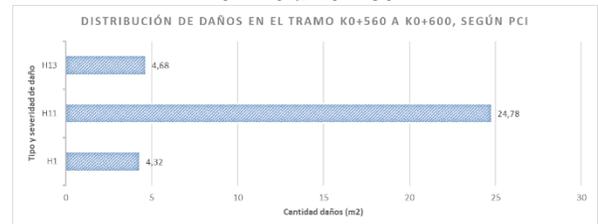
Gráfica 3-6 Distribución de daños en el tramo K0+200 a K0+240



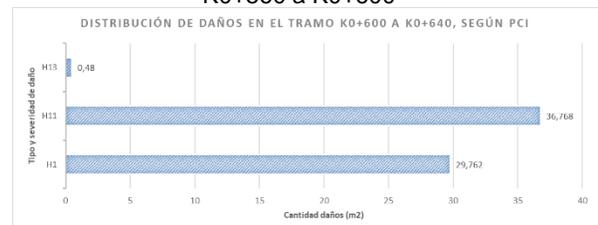
Gráfica 3-11 Distribución de daños en el tramo K0+440 a K0+480



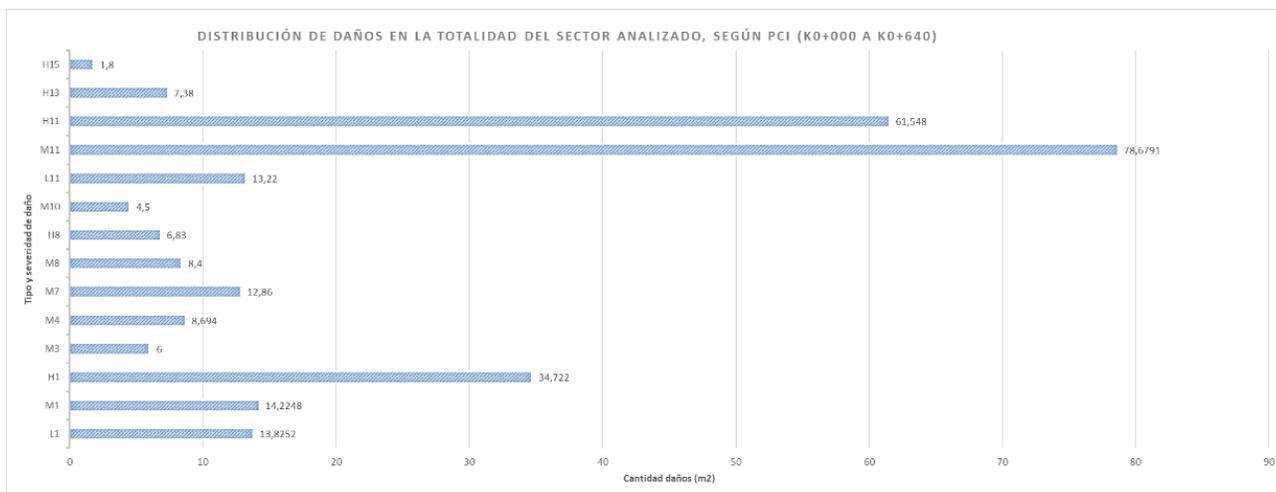
Gráfica 3-7 Distribución de daños en el tramo K0+240 a K0+280



Gráfica 3-12 Distribución de daños en el tramo K0+560 a K0+600



Gráfica 3-13 Distribución de daños en el tramo K0+600 a K0+640



Gráfica 3-14 Distribución de daños en la totalidad del sector analizado según PCI (K0+000 a K0+640)

- Con los datos obtenidos mediante el inciso anterior, se utilizó el aplicativo de la Universidad Nacional de Colombia UNALPCIA, donde se obtuvo el coeficiente PCI, el cual corresponde al índice para definir los rangos de calificación según la metodología PCI. En el Anexo 3, se evidencian, los datos obtenidos mediante el aplicativo.

### 3.1.3 Análisis de la condición del pavimento por el método VIZIR

Teniendo en cuenta la inspección visual realizada y los datos tomados en campo, se procede a implementar la metodología VIZIR, para el análisis de la condición del pavimento.

- Se determinaron los tramos objeto de análisis, según el criterio de longitud definido en el método VIZIR (100m), para el caso de estudio se obtuvieron 7 tramos.
- Se procedió a definir los daños, así como sus respectivas severidades en cada uno de los tramos, en el Anexo 4, se evidencian estos daños.
- Se clasifican los daños determinados en Tipo A (estructurales) y Tipo B (no estructurales).
- Se calculó el índice de daños  $I_s$ , mediante metodología explicada en la Ilustración 2-3, y se dan los niveles de daño establecidos por el método. En el anexo 5, se evidencian los  $I_s$  calculados para cada uno de los tramos analizados.

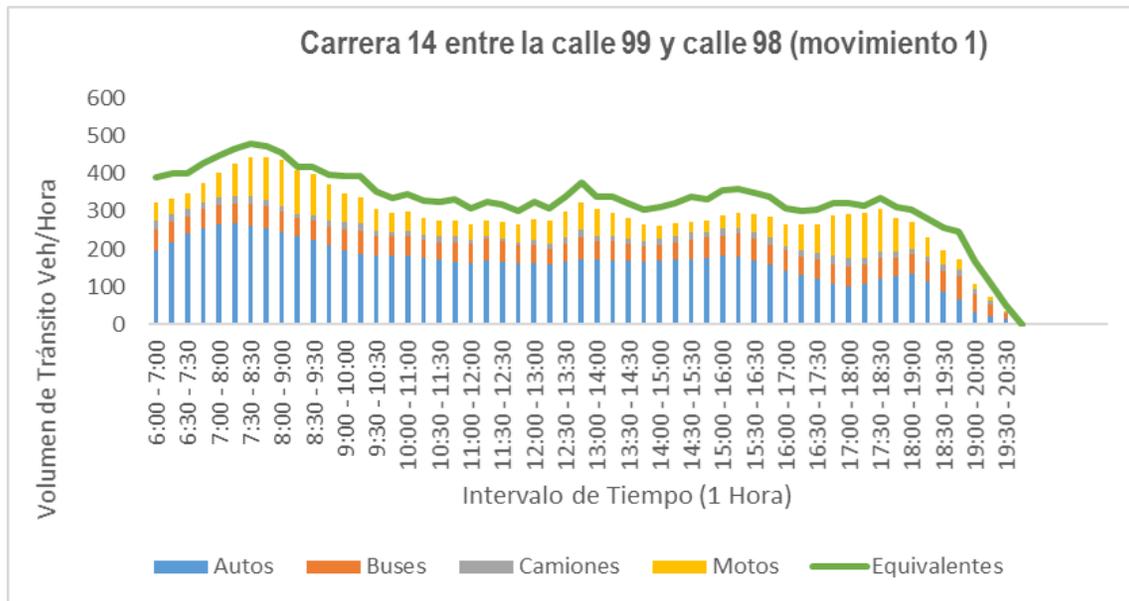
### 3.1.4 Análisis de tránsito

Teniendo en cuenta que el tránsito es uno de los factores importantes para un diseño de rehabilitación de vías en pavimento flexible, se realizaron aforos, los cuales, permitieron obtener unos datos de tránsito promedio. Estos volúmenes de tránsito se tomaron para hora pico – día típico.

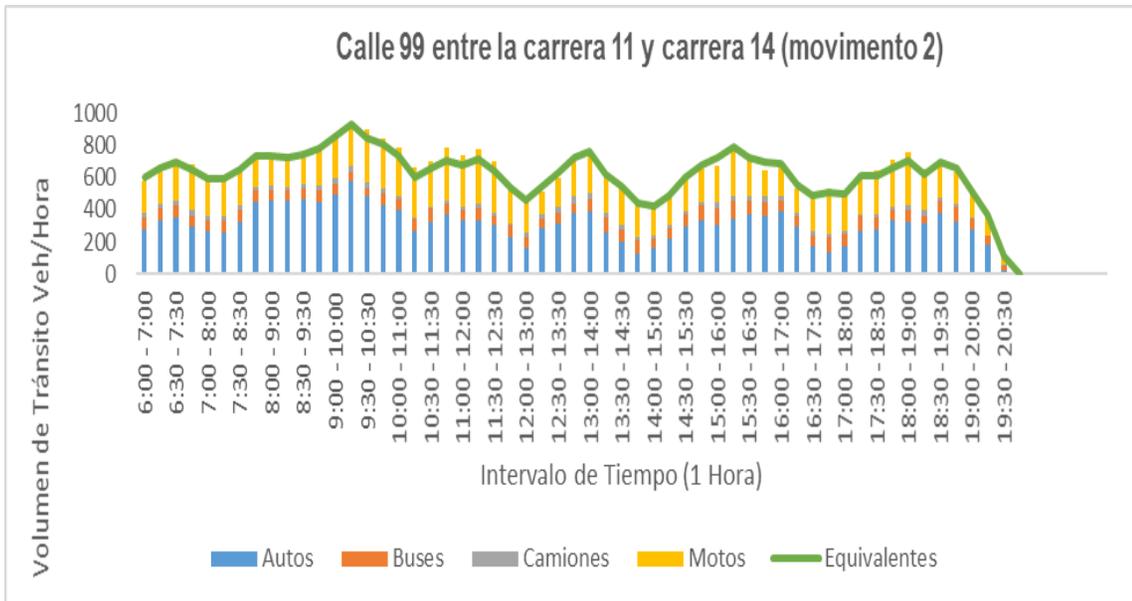
Los volúmenes que se tomaron por dirección, fueron por tramos los cuales son:

- Movimiento 1 carrera 14
- Movimiento 2 calle 99
- Movimiento 3 y 4 calle 98

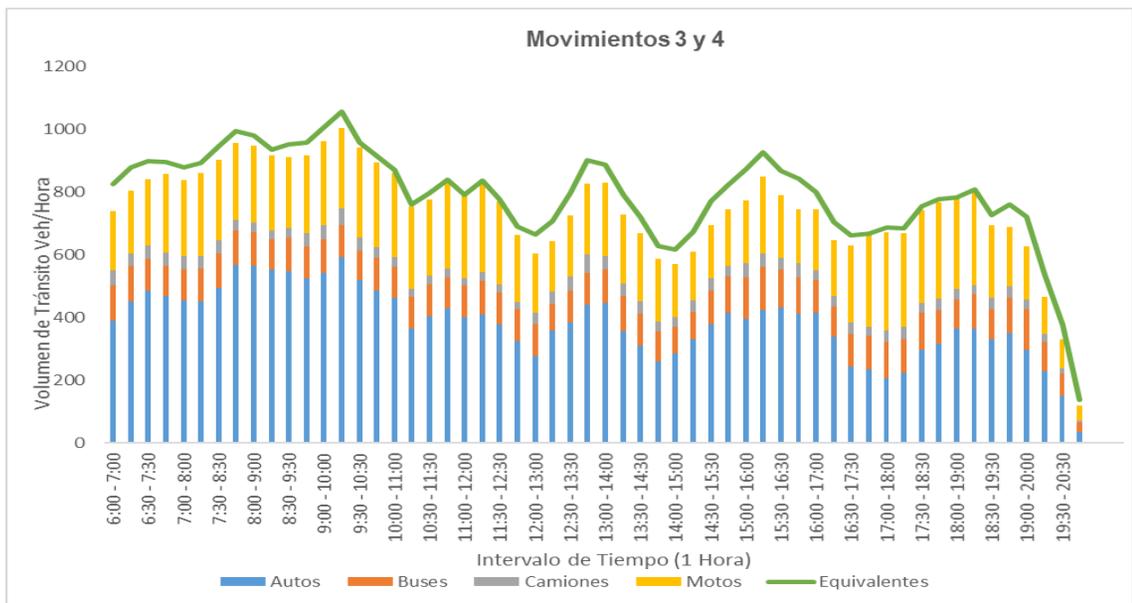
De los datos obtenidos se aforo; automóviles, buses, camiones y motos, de estos movimientos se obtuvieron los siguientes resultados: Los resultados y datos, de los cuales se pudieron realizar las respectivas gráficas de análisis, se puede observar en el anexo 7.



Gráfica 15 Análisis de tránsito movimiento 1



Gráfica 16 Análisis de tránsito movimiento 2



Gráfica 17 Análisis de tránsito movimiento 3 y movimiento 4

### 3.1.5 Análisis de ensayos de laboratorio

Teniendo en cuenta la inspección realizada, se tomó una muestra de asfalto, para analizar el estado de la mezcla empleada en el lugar de estudio, y se realizaron ensayos de granulometría y de contenido de asfalto. En el Anexo 6, se evidencian los resultados obtenidos en la granulometría y las gráficas correspondientes, adicionalmente, en el capítulo de resultados, se encuentran los análisis correspondientes.

Tabla 3-14 Granulometría realizada

Tamiz	Tamiz (mm)	Peso retenido gr	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasa
1"	25,4				
¾"	19,05	30,5	3,6%	3,6%	96,4%
½"	12,7	119,8	14,0%	17,5%	82,5%
3/8"	9,525	37,2	4,3%	21,8%	78,2%
4	4,75	78,7	9,2%	31,0%	69,0%
10	2	95,3	11,1%	42,1%	57,9%
40	0,425	330	38,5%	80,6%	19,4%
80	0,18	95,8	11,2%	91,7%	8,3%
200	0,075	60,6	7,1%	98,8%	1,2%
Bandeja		10,3	1,2%	100,0%	0,0%
Total		858,2			

Fuente: Propia

Adicionalmente, se determinó la cantidad de asfalto existente en la mezcla, el cual se observa su análisis en el capítulo de resultados.

Tabla 3-15 Contenido de asfalto

peso agregado	858,2				
peso muestra asfalto	879				
contenido de asfalto	21,22		Inicial	Final	Diferencia
	2,4%	Peso filtro	16,92	17,34	0,42

Fuente: Propia

## 4 RESULTADOS

### 4.1 COMPARACIÓN RESULTADOS PCI Y VIZIR

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos mediante el método PCI, y las gráficas de distribución de daños presentadas en el capítulo anterior, se hace el siguiente análisis:

- Gráfica 3-1 (K0+000 a K0+040)

En este tramo, se observa, que predominan parches de severidad media; sin embargo, también se encuentra, en menor cantidad, pero no menos importante, piel de cocodrilo de severidad baja y grietas por reflexión de severidad alta, siendo los dos primeros, daños considerados en ambas metodologías (PCI y VIZIR).

- Gráfica 3-2 (K0+040 a K0+080)

En este tramo, se observa, que predominan parches de severidad media, y se observa que empieza a aparecer el daño piel de cocodrilo de severidad baja, siendo las dos consideradas en las dos metodologías utilizadas.

- Gráfica 3-3 (K0+080 a K0+120)

En este tramo, se evidencia que únicamente existen grietas de borde, las cuales, solamente son consideradas en el método PCI, y por lo tanto, puede generar diferencias en la comparación de resultados, ya que no se refleja este tipo de daño en el método VIZIR.

- Gráfica 3-4 (K0+120 a K0+160)

En este tramo, predomina piel de cocodrilo con severidad media, sin embargo, también se encuentra considerable presencia de parches en buen estado, y la aparición de grietas de borde con severidad media de poca longitud, siendo las dos primeras consideradas en las dos metodologías y la última únicamente en el método PCI.

- Gráfica 3-5 (K0+160 a K0+200)

En este tramo, predomina la piel de cocodrilo de severidad media, y existe también

la presencia de parches en regular estado, siendo ambos daños, considerados en las dos metodologías utilizadas.

- Gráfica 3-6 (K0+200 a K0+240)

En este sector, se evidencia únicamente la existencia de piel de cocodrilo, de severidad media, siendo éste considerado en las dos metodologías utilizadas.

- Gráfica 3-7 (K0+240 a K0+280)

En este sector, se observa que predomina existencia de parches, en regular estado; sin embargo, también se evidencia la existencia de grietas de reflexión de junta y en poca área piel de cocodrilo de severidad media, no siendo las grietas de reflexión de junta, consideradas en el método VIZIR.

- Gráfica 3-8 (K0+280 a K0+320)

En este sector, predomina la existencia de parches, una parte de ellos en buen estado y otra en regular estado; adicionalmente se encuentra, piel de cocodrilo de severidad media, y en un punto específico piel de cocodrilo de severidad baja.

- Gráfica 3-9 (K0+320 a K0+360)

En este sector, se evidencia principalmente parches en regular estado, seguida de pulimento de agregados de severidad alta, y por último la aparición de ahuellamiento de severidad alta; sin embargo, el pulimento de agregados no es considerado en la metodología VIZIR.

- Gráfica 3-10 (K0+360 a K0+400)

En este sector, se evidencia la presencia de grietas de borde en su mayoría, así como existencia de piel de cocodrilo en severidad media, siendo esta última, la única en análisis para las dos metodologías.

- Gráfica 3-11 (K0+440 a K0+480)

En este sector, se evidencia en su mayor parte, la presencia de parches en regular estado, y en menor cantidad, fisuras longitudinales y transversales, siendo los dos daños de tipo estructural, y, por ende, considerados en las dos metodologías utilizadas.

- Gráfica 3-12 (K0+560 a K0+600)

En este sector, se evidencia principalmente la existencia de parches en regular estado, con una considerable área de huecos con severidad alta y piel de cocodrilo de severidad alta; siendo los huecos no estructurales y por tanto no considerados en la metodología VIZIR, lo que puede arrojar resultados que no convergen entre la comparación de las dos metodologías, aun cuando la severidad de los mismos es alta.

- Gráfica 3-13 (K0+600 a K0+640)

En este sector, se evidencia un alto grado de parches en pésimo estado, y gran cantidad de piel de cocodrilo en pésimo estado, siendo ambos considerados estructurales, por lo tanto, los resultados de comparación de los dos métodos pueden convergen y considerar planes de acción similares.

Por otra parte, de acuerdo a los resultados obtenidos mediante la evaluación PCI y VIZIR, a continuación, se presenta un análisis comparativo entre los resultados obtenidos al aplicar cada uno de ellas:

Tabla 4-1 Análisis comparativo método PCI y VIZIR

ABSCISAS PCI		DATOS PCI OBTENIDOS %	ASCULTACION DE DAÑOS		ABSCISAS VIZIR		INDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL FINAL Is	CATEGORIA DE DAÑO VIZIR
INICIAL	FINAL		PCI	IDU	INICIAL	FINAL		
0	40	59	BUENO	MANTENIMIENTO PERIODICO	0	100	2	BUENO
40	80	77	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PERIODICO				
80	120	93	EXCELENTE	MANTENIMIENTO RUTINARIO				
120	160	86	EXCELENTE	MANTENIMIENTO RUTINARIO	100	200	3	MARGINAL
160	200	67	BUENO	MANTENIMIENTO PERIODICO				
200	240	84	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PERIODICO	200	300	3	MARGINAL
240	280	70	BUENO	MANTENIMIENTO PERIODICO				
280	320	81	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PERIODICO	300	400	5	DEFICIENTE
320	360	47	REGULAR	REHABILITACIÓN				
360	400	70	BUENO	MANTENIMIENTO PERIODICO				
440	480	80	MUY BUENO	MANTENIMIENTO PERIODICO	400	500	2	BUENO
560	600	14	MUY MALO	RECONSTRUCCIÓN	500	600	3	MARGINAL
600	640	15	MUY MALO	RECONSTRUCCIÓN	600	700	5	DEFICIENTE

- Tramo 1 (K0+000 a K0+100)

En este sector, se evidencia que el resultado obtenido para las dos metodologías, presentan un resultado similar, ya que como se observa, en la metodología VIZIR,

presenta una clasificación buena, y para la metodología PCI, al dividirse este tramo en dos secciones (debido a la diferencia entre las longitudes requeridas según cada metodología), la primera presenta una clasificación buena, y la segunda, presenta una clasificación muy buena; sin embargo, los resultados obtenidos por la metodología PCI, presentan un mayor rango de análisis, ya que hay siete niveles de calificación, mientras que en la VIZIR existen cinco niveles de calificación, por lo tanto, la metodología PCI, permite hacer un análisis de clasificación más específico.

- Tramo 2 (K0+100 a K0+200)

En este sector, se evidencia que los resultados arrojados por ambas metodologías, presenta una diferencia significativa, ya que, mediante la metodología VIZIR, se obtuvo como resultado que el tramo está en condición *marginal*, con un Is de 3, lo que indica un estado regular de la estructura de pavimento; contrario a lo que sucede en el método PCI, pues en esta metodología, los resultados arrojados en este sector oscilan entre bueno y excelente. Lo anterior, indica que los resultados no convergen, por lo cual, los planes de acción del mismo tramo, bajo el análisis de los diferentes métodos, sería diferente.

Lo anterior, puede deberse a que en el método VIZIR, no tiene en cuenta el ancho del daño, sino únicamente la longitud del mismo, lo que es un indicador poco fiable para algunos casos, como en el tramo analizado, en el que se presenta un daño con un deterioro alto en franjas delgadas, por lo que al analizarlo mediante el método PCI, dan áreas de menor impacto, mientras que al analizarlo mediante VIZIR, generan alto impacto al ser únicamente longitudes.

- Tramo 3 (K0+200 a K0+300)

En este sector, se presenta un caso similar al tramo 2 de estudio, pues se evidencia que los resultados arrojados por ambas metodologías, presenta una diferencia significativa, ya que, mediante la metodología VIZIR, se obtuvo como resultado que el tramo está en condición *marginal*, con un Is de 3, lo que indica un estado regular de la estructura de pavimento; contrario a lo que sucede en el método PCI, pues en esta metodología, los resultados arrojados en este sector oscilan entre bueno y muy bueno.

Lo anterior, indica que los resultados no convergen, por lo cual, los planes de acción del mismo tramo, bajo el análisis de los diferentes métodos, sería diferente. La razón de este comportamiento, puede deberse a las ya explicadas en el sector 2.

- Tramo 4 (K0+300 a K0+400)

En este sector, se presenta una alta diferencia entre los resultados obtenidos mediante las dos metodologías, ya que el valor arrojado por VIZIR, da un estado *deficiente* de la estructura, lo cual indicaría la necesidad de hacer una reconstrucción de la estructura de pavimento; sin embargo, pese a la existencia de daños evidenciadas también en el método PCI, este muestra que la concentración de estos, están en un punto específico, por ende, si se analiza esta última metodología, sería necesario hacer una rehabilitación en una parte específica del tramo, y en los demás puntos del mismo tramo, se requeriría un mantenimiento.

- Tramo 5 (K0+400 a K0+500)

En este sector, se evidencia que el resultado obtenido para las dos metodologías, presentan un resultado similar, ya que como se observa, en la metodología VIZIR, presenta una clasificación buena, y para la metodología PCI, presenta una clasificación muy buena; sin embargo, los resultados obtenidos por la metodología PCI, presentan un mayor rango de análisis, lo que indica, que los resultados si convergen, y los planes de acción ante la vía, son similares al analizar los dos métodos.

- Tramo 6 (K0+500 a K0+600)

En este sector, se presentan grandes diferencias en los resultados obtenidos en cada uno de los métodos, pues en la metodología VIZIR se obtiene un estado *marginal*, y en el método PCI, se obtiene una clasificación *muy mala*.

Lo anterior, puede deberse a que el daño existente en este tramo eran ojos de pescado, lo cual el método PCI, le da un valor de daño muy alto, sin embargo, el método VIZIR, considera este tipo de daño como no estructural, y al tener este análisis, no es importante ni significativo en los resultados arrojados. Por lo tanto, los planes de acción no convergen y sería necesario hacer un análisis detallado del caso.

- Tramo 7 (K0+600 a K0+700)

En este sector, se evidencia que el resultado obtenido para las dos metodologías, presentan un resultado similar, ya que como se observa, en la metodología VIZIR, presenta una clasificación deficiente, y para la metodología PCI, presenta una clasificación muy mala, se puede observar que el tramo en análisis se encuentra en pésimas condiciones y requiere como plan de acción una reconstrucción completa.

## 4.2 ANÁLISIS DE TRÁNSITO

Teniendo en cuenta el análisis de tránsito realizado en cada una de las intersecciones establecidas, a continuación, se muestra los mayores volúmenes de tránsito en el sector:

Tabla 2 Volúmenes hora pico de la mañana día típico (06:00 – 12:00) en calle 98 entre la carrera 14 y carrera 15

Día	Acceso	Movimiento	Hora del Volumen Horario Pico	Composición				F.H.P	Mayor Volumen de Tránsito en 15 Min. VEHICULOS MIXTOS	Volumen Horario Pico Observado TOTAL EQUIVALENTES
				Autos	Buses	Camiones	Motos			
28-feb.-18	OCCIDENTE	3	7:30 - 8:30	263	58	20	102	0,94	443	480
				59%	13%	5%	23%			
28-feb.-18	ORIENTE	4	9:15 - 10:15	403	42	32	188	1,01	665	661
				61%	6%	5%	28%			

Tabla 3 Volúmenes hora pico de la tarde día típico (12:00 – 18:00) en calle 98 entre la carrera 14 y carrera 15

Acceso	Movimiento	Hora del volumen horario pico	Composición				F.H.P	Mayor Volumen de Tránsito en 15 Min. VEHICULOS MIXTOS	Volumen Horario Pico Observado TOTAL EQUIVALENTES
			Autos	Buses	Camiones	Motos			
OCCIDENTE	3	12:45 - 13:45	174	56	22	71	1,17	323	377
			54%	17%	7%	22%			
ORIENTE	4	15:15 - 16:15	244	78	25	206	0,98	553	566
			44%	14%	5%	37%			

Tabla 4 Volúmenes hora pico máxima día típico en calle 98 entre la carrera 14 y carrera 15

Día	Acceso	Movimiento	Hora del volumen horario pico	Composición				F.H.P	Mayor Volumen de Tránsito en 15 Min. VEHICULOS MIXTOS	Volumen Horario Pico Observado TOTAL EQUIVALENTES
				Autos	Buses	Camiones	Motos			
28-feb.-18	OCCIDENTE	3	7:30 - 8:30	263	58	20	102	1,06	443	480
				59%	13%	5%	23%			

Día	Acceso	Movimiento	Hora del volumen horario pico	Composición				F.H.P	Mayor Volumen de Tránsito en 15 Min. VEHICULOS MIXTOS	Volumen Horario Pico Observado TOTAL EQUIVALENTES
				Autos	Buses	Camiones	Motos			
28-feb.-18	ORIENTE	4	9:15 - 10:15	403	42	32	188	1,01	665	661
				61%	6%	5%	28%			

Tabla 5 Volúmenes vehiculares en las horas de mayor demanda en calle 98 entre la carrera 14 y carrera 15

Sentidos	Autos	Buses	Camiones	Motos	Mixtos	Distribución	Vehículos por minuto
W-E	263	58	20	102	443	40,0%	18,5
E-W	403	42	32	188	665	60,0%	
<b>TOTAL</b>	<b>666</b>	<b>100</b>	<b>52</b>	<b>290</b>	<b>1108</b>	<b>100%</b>	

Tabla 6 Volúmenes hora pico de la mañana día típico (06:00 – 12:00) en calle 99 entre la carrera 11 y carrera 14

Día	Acceso	Movimiento	Hora del volumen horario pico	Composición				F.H.P	Mayor Volumen de Tránsito en 15 Min. VEHICULOS MIXTOS	Volumen Horario Pico Observado TOTAL EQUIVALENTES
				Autos	Buses	Camiones	Motos			
28-feb.-18	ORIENTE	4	9:15 - 10:15	576	58	42	266	0,99	942	930
				61%	6%	4%	28%			

Tabla 7 Volúmenes hora pico de la tarde-día típico (12:00 - 18:00) en calle 99 entre la carrera 11 y carrera 14

Día	Acceso	Movimiento	Hora del volumen horario pico	Composición				F.H.P	Mayor Volumen de Tránsito en 15 Min. VEHICULOS MIXTOS	Volumen Horario Pico Observado TOTAL EQUIVALENTES
				Autos	Buses	Camiones	Motos			
28-feb.-18	ORIENTE	4	15:15 - 16:15	347	109	32	294	0,99	782	792
				44%	14%	4%	38%			

Tabla 8 Volúmenes hora pico máxima día típico en calle 99 entre la carrera 11 y carrera 14

Día	Acceso	Movimiento	Hora del volumen horario pico	Composición				F.H.P	Mayor Volumen de Tránsito en 15 Min. VEHICULOS MIXTOS	Volumen Horario Pico Observado TOTAL EQUIVALENTES
				Autos	Buses	Camiones	Motos			
28-feb.-18	ORIENTE	4	9:15 - 10:15	576	58	42	266	0,99	942	930
				61%	6%	4%	28%			

Tabla 9 Volúmenes vehiculares en las horas de mayor demanda en calle 99 entre la carrera 11 y carrera 14

Sentidos	Autos	Buses	Camiones	Motos	Mixtos	Distribución	Vehículos por minuto
E-W	576	58	42	266	942	100,0%	15,7
<b>TOTAL</b>	<b>576</b>	<b>58</b>	<b>42</b>	<b>266</b>	<b>942</b>	<b>100%</b>	

Tabla 10 Volúmenes vehiculares en las horas de mayor demanda en carrera 14 entre la calle 99 y calle 98

Día	Acceso	Movimiento	Hora del volumen horario pico	Composición				F.H.P	Mayor Volumen de Tránsito en 15 Min. VEHICULOS MIXTOS	Volumen Horario Pico Observado TOTAL EQUIVALENTES
				Autos	Buses	Camiones	Motos			
28-feb.-18	NORTE	1	7:30 - 8:30	263	58	20	102	1,06	443	480
				59%	13%	5%	23%			

Tabla 11 Volúmenes hora pico de la tarde-día típico (12:00 - 18:00) en carrera 14 entre la calle 99 y calle 98

Día	Acceso	Movimiento	Hora del volumen horario pico	Composición				F.H.P	Mayor Volumen de Tránsito en 15 Min. VEHICULOS MIXTOS	Volumen Horario Pico Observado TOTAL EQUIVALENTES
				Autos	Buses	Camiones	Motos			
28-feb.-18	NORTE	1	12:45 - 13:45	174	56	22	71	0,86	323	377
				54%	17%	7%	22%			

Tabla 12 Volúmenes hora pico máxima día típico en carrera 14 entre la calle 99 y calle 98

Día	Acceso	Movimiento	Hora del volumen horario pico	Composición				F.H.P	Mayor Volumen de Tránsito en 15 Min. VEHICULOS MIXTOS	Volumen Horario Pico Observado TOTAL EQUIVALENTES
				Autos	Buses	Camiones	Motos			
28-feb.-18	NORTE	1	7:30 - 8:30	263	58	20	102	1,06	443	480
				59%	13%	5%	23%			

Tabla 13 Volúmenes vehiculares en las horas de mayor demanda en carrera 14 entre la calle 99 y calle 98

SENTIDOS	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS	MIXTOS	Distribución	Vehículos por Minuto
N-S	263	58	20	102	443	100,0%	7,4
<b>TOTAL</b>	<b>263</b>	<b>58</b>	<b>20</b>	<b>102</b>	<b>443</b>	<b>100%</b>	

Con lo anterior, se puede establecer, que las horas picos sufren un alto flujo vehicular y se generan atascamientos por los niveles de tráfico atraídos, viendo que es una ruta tomada por los usuarios como retorno de la calle 100 a regresar a tomar la carrera 15 hacia el norte.

Una de las consecuencias por el deterioro de la carpeta asfáltica, es el nivel de tráfico que se mueve por la zona de influencia, además, en esta vía, años atrás fue diseñada y construida para un tránsito más ligero, ya que era un barrio residencial y en estos momentos se han construidos torres de edificios para oficinas generando mayor demanda y por tanto mayor tránsito.

### 4.3 ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS

Teniendo en cuenta los análisis de laboratorio realizados, a continuación, se presenta un análisis correspondiente:

#### 4.3.1 Granulometría

Se puede observar, según lo mostrado en el Anexo 6, que la gradación se ajusta de una manera más adecuada a las franjas granulométricas definidas en la Mezcla Densa en Caliente MDC-19; lo anterior debido, a que, según las comparaciones realizadas con las franjas granulométricas más comunes para asfaltos, esta es la que mayor proximidad presenta; sin embargo, debido a la adición de Filler, se puede generar que algunos puntos se salen del rango de la mezcla.

A continuación, se presenta una tabla establecida por el INVIAS, en el cual se definen los tipos de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa.

Tabla 4-14 Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa

TIPO DE CAPA	ESPEJOR COMPACTO (mm)	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	30-40	MDC-10
	40-60	MDC-19, MSC-19
	>60	MDC-25, MDC-19, MSC-19
Intermedia	>50	MDC-25, MSC-25
Base	>75	MSC-25, MGC-38, MGC-25
Alto módulo	60-130	MAM-25
Bacheos	50-75	MSC-25, MGC-25
	>75	MSC-25, MGC-38, MGC-25

Fuente: (INVIAS, 2012)

De acuerdo a lo anterior, se puede observar, que la mezcla MDC-19, únicamente es recomendada para capas de rodadura; sin embargo, dentro de las muestras tomadas para análisis, eran correspondientes a una intervención en la vía, la cual, según la norma, debería ser un tipo de mezcla de mayor resistencia, como la MSC-25, MGC-25, MSC-

25, MGC-38, MGC-25.

#### **4.3.2 Contenido de asfalto**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos para contenido de asfalto, se puede observar que presenta un bajo contenido, correspondiente a 2.4%, lo que implica, una baja calidad de la mezcla asfáltica, alto contenido de vacíos, baja densidad, baja resistencia, baja gravedad específica, entre otros, lo que genera un mal comportamiento de la estructura, no acorde al desempeño requerido.

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el momento de realizar la comparación de los resultados obtenidos mediante las dos metodologías y haciendo un análisis a un mismo tramo de vía, se obtuvo como resultado una diferencia de calidad y estado de las vías de un tamaño considerable para algunas de ellas, lo cual indica inconsistencias en los criterios de evaluación entre ambas metodologías, por lo tanto, en el momento de elegir una alternativa de intervención, es posible que puedan presentarse grandes diferencias, debido al método elegido para el análisis y evaluación del pavimento.
- Para el caso dado por el uso de la metodología VIZIR, éste, al considerar la mayoría de los daños en unidades de longitud, implica que es un indicador de deterioro de cada uno de los daños de baja objetividad, ya que, al utilizar esta metodología, se valora con igual magnitud un daño localizado en una sección angosta de la vía, a un daño en la totalidad de su ancho, con la posibilidad de generar y establecer indicadores de daños muy altos en la estructura por algunos daños localizados.
- Una de las diferencias más importantes establecidas entre las metodologías utilizadas en el presente documento, es que el método PCI tiene en cuenta todos los deterioros que presenta el pavimento para el cálculo de su condición, generando un indicador en el cual se valoran todos los deterioros presentes en la estructura, diferente a lo que genera el método VIZIR, pues este solo valora los deterioros que sean de tipo estructural, lo cual es un factor que puede llegar a ser muy importante, ya que una vía con gran cantidad de daños que no sean de tipo estructural, también pueden hacer que se requiera una intervención de carácter urgente, debido a que estos pueden deteriorar rápidamente el pavimento, incluso hasta el punto de llegar a comprometer la capacidad estructural del mismo.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Cerón Bermúdez, V. (2006). *Evaluación y comparación de metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de vía en pavimento flexible y rígido de la vía: Museo Quimbaya - CRQ Armenia Quindío (POR 00+000 - PR 02+600)*. Manizales, Colombia.
- Díaz Cárdenas, J. M. (2014). *Evaluación de la metodología PCI como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles*. Bogotá, D.C.
- FONADE. (2013). *Consultoría especializada para la estructuración de concesiones viales*.
- Instituto de Desarrollo Urbano - IDU. (Diciembre de 2013). *Bogotá mejor para todos - Instituto de Desarrollo Urbano*. Obtenido de <https://www.idu.gov.co/page/inventario-malla-vial>
- Instituto de Desarrollo Urbano - IDU. (s.f.). *Bogotá mejor para todos - Instituto de Desarrollo Urbano*. Obtenido de <https://www.idu.gov.co/page/siipviales/innovacion/portafolio>
- INVIAS. (2012). *Especificaciones INVIAAS - Artículo 450*.
- Jacome, E. (21 de Marzo de 2017). *El bacheo es la solución más barata para daños en las vías*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/bacheo-solucion-barato-vias-quito.html>
- Jiménez Boulanger, F., Espinoza Gutiérrez, C., & Fonseca Retana, L. (2007). *Ingeniería Económica*. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Martínez, C. E. (2014). *Evaluación de la metodología VIZIR como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles*. Bogotá.
- Mba Lozano, E., & Tabares González, R. (2005). *Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva, mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía acceso al barrio Ciudadela del Calé - Vía la Badea*. Manizales,

Colombia.

Pinilla Valencia, J. A. (2007). *Auscultación, calificación del estado superficial y evaluación económica de la carretera sector puente de La Libertad - Material desde el K0+000 hasta el K6+000*. Manizales, Colombia.

Reyes Lizcano, F. A., & Rondón Quintana, H. A. (2015). *Pavimentos - Materiales, construcción y diseño*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Robles Bustios, R. (2015). *Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) Barranco - Surco - Lima*. Lima, Perú.

Rodríguez Velásquez, E. D. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla*. Piura.

Silva Díaz, Y., & Cruz Padilla, Y. (2017). *Estudio patológico a la vía interna (tramo 1 en la vía de la línea 4) del Condominio Campestre Montelagos, ubicado en la Inspección de San Joaquín del municipio de la mesa - Cundinamarca*. Bogotá, Colombia.

Solano Jimenez, J. (s.f.). Bacheo de vías utilizando concreto compactado con rodillo. *En concreto*.

Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de transporte, Instituto Nacional de vías. (2006). *Estudio de investigación del estado actual de las obras de la Red Nacional de Carreteras - Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles*. Bogotá, D.C.

Vásquez Varela, L. R. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Manizales.

Vera Guarnizo, M. C., & Villar Herrera, L. P. (2017). *Estudio patológico de la vía que comunica el municipio de Coello con el Espinal, en el departamento del Tolima*. Bogotá, Colombia.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Definición de daños según método PCI.

**Anexo 2.** Distribución de daños por tramos definidos.

**Anexo 3.** Datos obtenidos aplicativo UNALPCIA.

**Anexo 4.** Definición de daños según método VIZIR.

**Anexo 5.** Cálculo de Is para método VIZIR

**Anexo 6.** Ensayos de granulometría realizado

**Anexo 7.** Análisis de tránsito del sector

**Anexo 1. Definición de daños según método  
PCI**

**INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO  
CARRETERAS DE SUPERFICIE EN PAVIMENTO FLEXIBLE  
EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO**

**ZONA**

**BARRIO CHICÓ NORTE**

**ABSCISA INICIAL**

**0**

**ABSCISA FINAL**

**640**

**FECHA ENTREGA**

**22/06/2018**

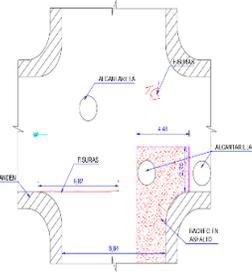
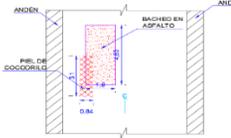
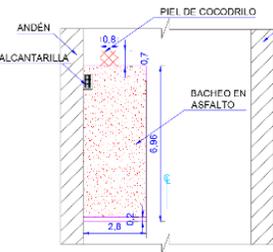
**ANCHO CALZADA**

**7,42**

**ANCHO CARRIL**

**3,71**

UND	PR INICIAL	PR FINAL	ÁREA TRAMO (m2)	DAÑO No.	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)	ESQUEMA
1	K0+000	K0+040	298	1	L	6,81	1,92	13,0752	
1	K0+000	K0+040	298	8	H	6,83	1	6,83	
1	K0+000	K0+040	298	11	M	6,83	3,73	25,4759	
2	K0+040	K0+080	298	1	L	0,9	0,6	0,54	
2	K0+040	K0+080	298	11	M	9,48	1,44	13,6512	

UND	PR INICIAL	PR FINAL	ÁREA TRAMO (m2)	DAÑO No.	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)	ESQUEMA
3	K0+080	K0+120	298	7	M	5	1	5	
4	K0+120	K0+160	298			0,8	0,8	0,64	
4	K0+120	K0+160	298	1	M	2,76	4,48	12,3648	
4	K0+120	K0+160	298	11	L	6,82	1	6,82	
4	K0+120	K0+160	298	7	M	0,9	0,9	0,81	
5	K0+160	K0+200	298	4	M	4,83	1,8	8,694	
5	K0+160	K0+200	298	11	M	0,84	3,1	2,604	
6	K0+200	K0+240	298	1	H	0,8	0,8	0,64	
7	K0+240	K0+280	298	11	M	2,8	6,96	19,488	
7	K0+240	K0+280	298	8	M	2,8	3	8,4	
7	K0+240	K0+280	298	1	M	0,7	0,8	0,56	
8	K0+280	K0+320	298	11	L	0,8	8	6,4	
8	K0+280	K0+320	298	11	M	0,8	1,15	0,92	



UND	PR INICIAL	PR FINAL	ÁREA TRAMO (m2)	DAÑO No.	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)	ESQUEMA
12	K0+560	K0+600	298	13	H	1,8	2,6	4,68	
13	K0+600	K0+640	298	11	H	2,4	2,5	6	
13	K0+600	K0+640	298	11	H	1,52	3,4	5,168	
13	K0+600	K0+640	298	11	H	4,5	1,28	5,76	
13	K0+600	K0+640	298	1	H	4,02	0,6	2,412	
13	K0+600	K0+640	298	1	H	2,3	0,4	0,92	
13	K0+600	K0+640	298	13	H	0,4	0,7	0,28	
13	K0+600	K0+640	298	13	H	0,5	0,4	0,2	
13	K0+600	K0+640	298	1	H	9	1,27	11,43	
13	K0+600	K0+640	298	11	H	2,4	3,1	7,44	
13	K0+600	K0+640	298	11	H	2	6,2	12,4	
13	K0+600	K0+640	298	1	H	5	3	15	

**Anexo 2.** Distribución de daños por tramos  
definidos

ABS I	ABS F	UNIT	AREA	RL1	RM1	RH1	RM4	RM7	RM8	RH8	RM10	RL11	RM11	RH11	RH13	RH15
K0+000	K0+040	1	298	13,0752	0	0	0	0	0	6,83	0	0	25,4759	0	0	0
K0+040	K0+080	2	298	0,54	0	0	0	0	0	0	0	0	13,6512	0	0	0
K0+080	K0+120	3	298	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
K0+120	K0+160	4	298	0	12,3648	0	0	0,81	0	0	0	6,82	0	0	0	0
K0+160	K0+200	5	298	0	0	0	8,694	0	0	0	0	0	2,604	0	0	0
K0+200	K0+240	6	298	0	0	0,64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K0+240	K0+280	7	298	0	0,56	0	0	0	8,4	0	0	0	19,488	0	0	0
K0+280	K0+320	8	298	0,21	1,3	0	0	0	0	0	0	6,4	3	0	0	0
K0+320	K0+360	9	298	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,1	0	2,22	1,8
K0+360	K0+400	10	298	0	0	0	0	7,05	0	0	0	0	0	0	0	0
K0+440	K0+480	11	298	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	9,36	0	0	0
K0+560	K0+600	12	298	0	0	4,32	0	0	0	0	0	0	0	24,78	4,68	0
K0+600	K0+640	13	298	0	0	29,762	0	0	0	0	0	0	0	36,768	0,48	0

Fuente Plantilla: Hoja de cálculo diseñada por Ing. José Luis Mercado – Docente especialización Ingeniería de Pavimentos – Universidad Militar

Nueva Granada

### **Anexo 3. Datos obtenidos aplicativo UNALPCIA**

No.	Inicio	Final	PCI	Piel de cocodrilo (m <sup>2</sup> )	Parcheo (m <sup>2</sup> )	Huecos (un)	Reconstrucción (m <sup>2</sup> )
1		40	59	13	8	25	48
2	40	80	77	0	54	13	65
3	80	120	93	0	0	0	0
4	120	160	86	0	64	12	36
5	160	200	67	2	60	8	69
6	200	240	84	0	64	0	0
7	240	280	70	0	56	19	49
8	280	320	81	1	30	9	40
9	320	360	47	0	0	5	10
10	360	400	70	6	0	0	0
11	440	480	80	0	0	9	36
12	560	600	14	4	32	24	78
13	600	640	15	29	76	36	77

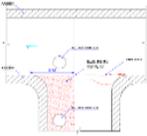
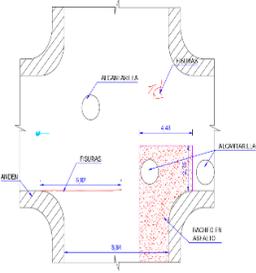
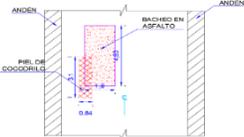
Fuente: Aplicativo UNALPCIA

**Anexo 4. Definición de daños según método  
VIZIR**

**INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO  
CARRETERAS DE SUPERFICIE EN PAVIMENTO RIGIDO  
EXPLORACIÓN DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO**

<b>ZONA</b>	<b>ABSCISA INICIAL</b>
BARRIO CHICÓ NORTE	0
<b>FECHA</b>	<b>ABSCISA FINAL</b>
22-jun-18	700
<b>ANCHO CALZADA</b>	<b>ANCHO CARRIL</b>
7,42	3,71

UND	PR INICIAL	PR FINAL	ÁREA TRAMO (m2)	DAÑO VIZIR	DAÑO No.	SEVERIDAD	LARGO (m)	ESQUEMA
1	K0+000	K0+100	298	FPC	1	1	6,81	
1	K0+000	K0+100	298	FTJ	8	3	6,83	
1	K0+000	K0+100	298	B	11	2	6,83	
1	K0+000	K0+100	298	FPC	1	1	0,9	
1	K0+000	K0+100	298	B	11	2	9,48	

UND	PR INICIAL	PR FINAL	ÁREA TRAMO (m2)	DAÑO VIZIR	DAÑO No.	SEVERIDAD	LARGO (m)	ESQUEMA
2	K0+100	K0+200	298	FLJ	7	2	5	
2	K0+100	K0+200	298	FPC	1	2	0,8	
2	K0+100	K0+200	298	B	11	1	2,76	
2	K0+100	K0+200	298	FLJ	7	2	6,82	
2	K0+100	K0+200	298	DM	4	2	0,9	
2	K0+100	K0+200	298	B	11	2	4,83	
2	K0+100	K0+200	298	FPC	1	3	0,84	
3	K0+200	K0+300	298	FPC	1	3	0,8	
3	K0+200	K0+300	298	B	11	2	2,8	
3	K0+200	K0+300	298	FTJ	8	2	2,8	
3	K0+200	K0+300	298	FPC	1	2	0,7	
4	K0+300	K0+400	298	B	11	1	0,8	
4	K0+300	K0+400	298	B	11	2	0,8	



UND	PR INICIAL	PR FINAL	ÁREA TRAMO (m2)	DAÑO VIZIR	DAÑO No.	SEVERIDAD	LARGO (m)	ESQUEMA
6	K0+500	K0+600	298	O	13	3	1,8	
7	K0+600	K0+700	298	B	11	3	2,4	
7	K0+600	K0+700	298	B	11	3	1,52	
7	K0+600	K0+700	298	B	11	3	4,5	
7	K0+600	K0+700	298	FPC	1	3	4,02	
7	K0+600	K0+700	298	FPC	1	3	2,3	
7	K0+600	K0+700	298	O	13	3	0,4	
7	K0+600	K0+700	298	O	13	3	0,5	
7	K0+600	K0+700	298	FPC	1	3	9	
7	K0+600	K0+700	298	B	11	3	2,4	
7	K0+600	K0+700	298	B	11	3	2	
7	K0+600	K0+700	298	FPC	1	3	5	

## **Anexo 5. Cálculo de Is para método VIZIR**

## Daños Tipo A

PR		Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales						Fisuras longitudinales por fatiga			Fisuras piel de cocodrilo			Bacheos y parcheos		
				AH	DL	DT	Long (m)	Deterioro %	Gravedad	FLF	Deterioro %	Gravedad	FPC	Deterioro %	Gravedad	B	Deterioro %	Gravedad
DE	HASTA			Long (m)	Long (m)	Long (m)	Long (m)	Deterioro %	Gravedad	Long (m)	Deterioro %	Gravedad	Long (m)	Deterioro %	Gravedad	Long (m)	Deterioro %	Gravedad
K0+000	K0+100	100	7,42				0,00	0,0			0,0		7,41	7,4	1	16,31	16,3	2
K0+100	K0+200	100	7,42				0,00	0,0			0,0		3,90	3,9	3	7,59	7,6	2
K0+200	K0+300	100	7,42				0,00	0,0			0,0		1,50	1,5	3	2,80	2,8	2
K0+300	K0+400	100	7,42	1,50			1,50	1,5	3		0,0		2,60	2,6	2	8,30	8,3	2
K0+400	K0+500	100	7,42				0,00	0,0		4,50	4,5	2		0,0		1,20	1,2	2
K0+500	K0+600	100	7,42				0,00	0,0			0,0		3,60	3,6	3	6,00	6,0	3
K0+600	K0+700	100	7,42				0,00	0,0			0,0		20,32	20,3	3	12,82	12,8	3

**AH:** Ahuellamiento **DL:** Depresiones o hundimientos longitudinales **DT:** Depresiones o hundimientos transversales  
**FLF:** Fisuras longitudinales por fatiga **FPC:** Fisuras piel de cocodrilo **B:** Bacheos y parcheos

## Daños Tipo B

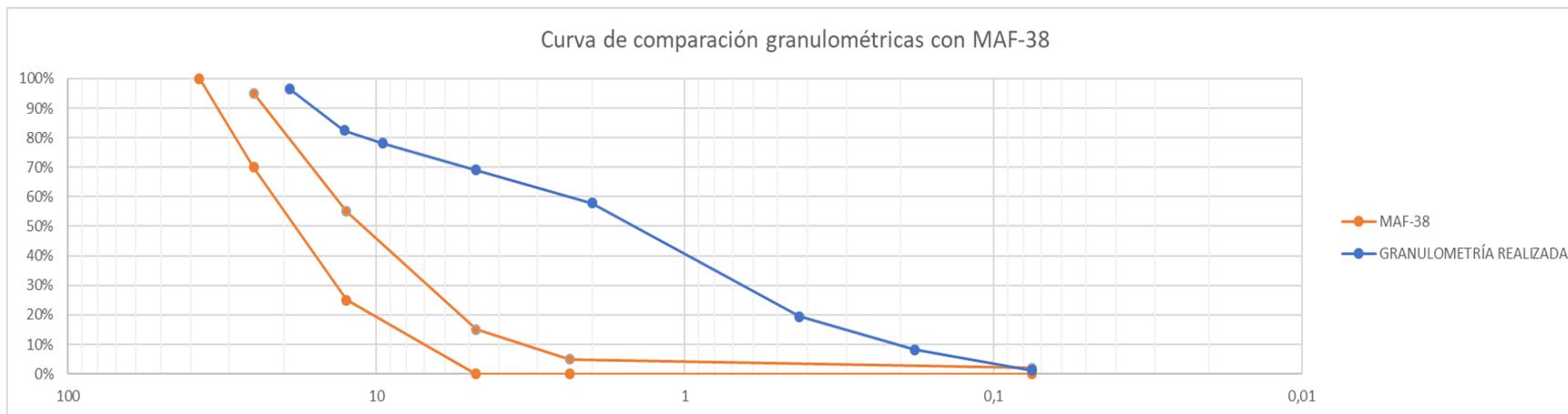
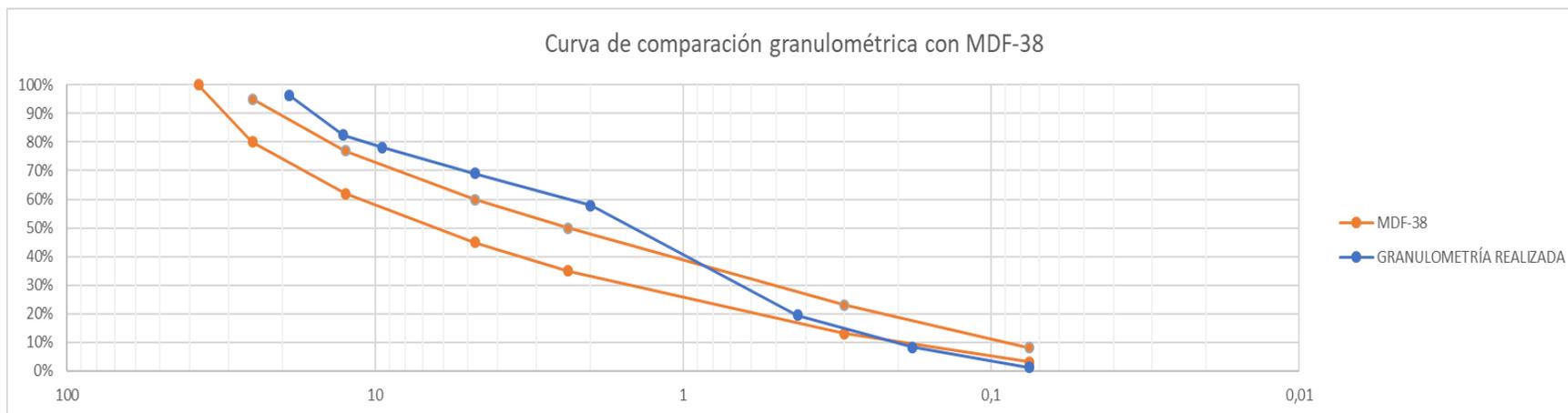
PR		Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Fisuras										Deformación		Desprendimientos							
				FLJ		FTJ		FCT		FP		FB		DM		O		PL		PA		D	
DE	HASTA			Long (m)	G	Long (m)	G	Unidad	G	Long (m)	G	Long (m)	G	Área (m <sup>2</sup> )	G								
K 0+000	K 0+100	100	7,42			6,83	3																
K 0+100	K 0+200	100	7,42	11,81	2									0,9	2								
K 0+200	K 0+300	100	7,42			2,8	2																
K 0+300	K 0+400	100	7,42	7,05	2											3,7	3						
K 0+400	K 0+500	100	7,42																				
K 0+500	K 0+600	100	7,42													1,8	3						
K 0+600	K 0+700	100	7,42													0,9	3						

## Resultados VIZIR

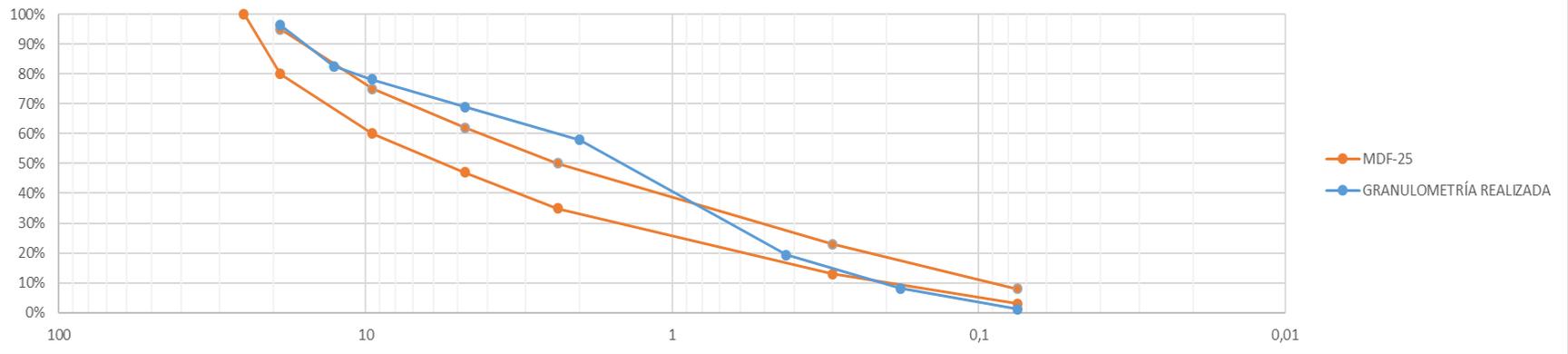
PR		Cálculo del Índice de Fisuración (If)							Cálculo del Índice de Deformación (Id)			Índice de Deterioro Superficial Inicial Is	Corrección y Cálculo Índice de Deterioro Superficial				Categoría
		Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)			Fisuras piel de cocodrilo (FPC)			Índice de Fisuración If	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT)				Bacheos y parcheos			Índice de Deterioro Superficial Final Is	
		Extensión % de longitud	Gravedad	If(1)	Extensión % de longitud	Gravedad	If(2)		Extensión % de longitud	Gravedad	Id		Extensión % de longitud	Gravedad	Corrección		
DE	HASTA																
0	100	0,0	0	0	7,4	1,0	1	1	0,0	0	0	2	16,3	2	0	2	BUENO
100	200	0,0	0	0	3,9	3,0	3	3	0,0	0	0	3	7,6	2	0	3	MARGINAL
200	300	0,0	0	0	1,5	3,0	3	3	0,0	0	0	3	2,8	2	0	3	MARGINAL
300	400	0,0	0	0	2,6	2,0	2	2	1,5	3	3	5	8,3	2	0	5	DEFICIENTE
400	500	4,5	2	2	0,0	0,0	0	2	0,0	0	0	2	1,2	2	0	2	BUENO
500	600	0,0	0	0	3,6	3,0	3	3	0,0	0	0	3	6,0	3	0	3	MARGINAL
600	700	0,0	0	0	20,3	3,0	4	4	0,0	0	0	4	12,8	3	1	5	DEFICIENTE

## **Anexo 6. Ensayos de granulometría realizado**

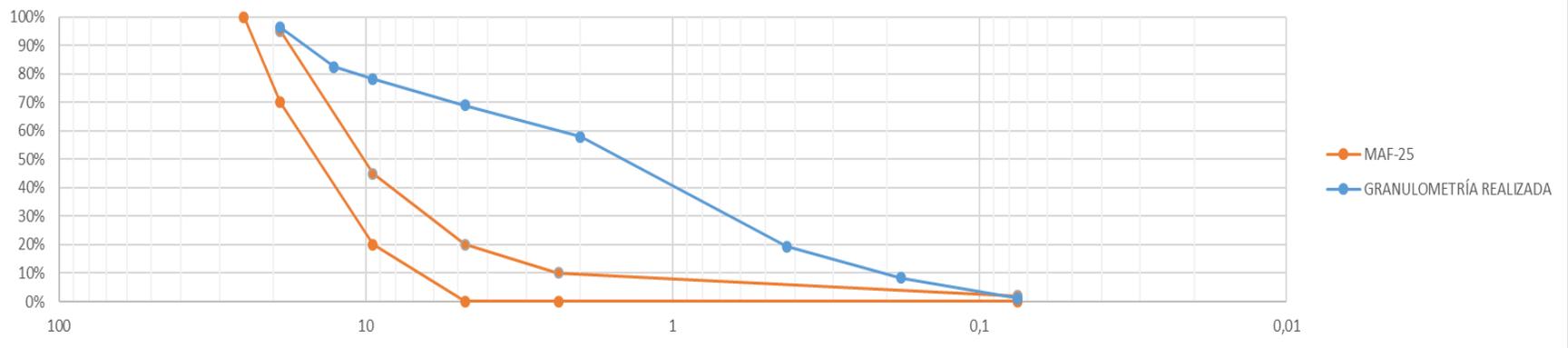
## Comparación de granulometría con mezclas típicas según INVÍAS



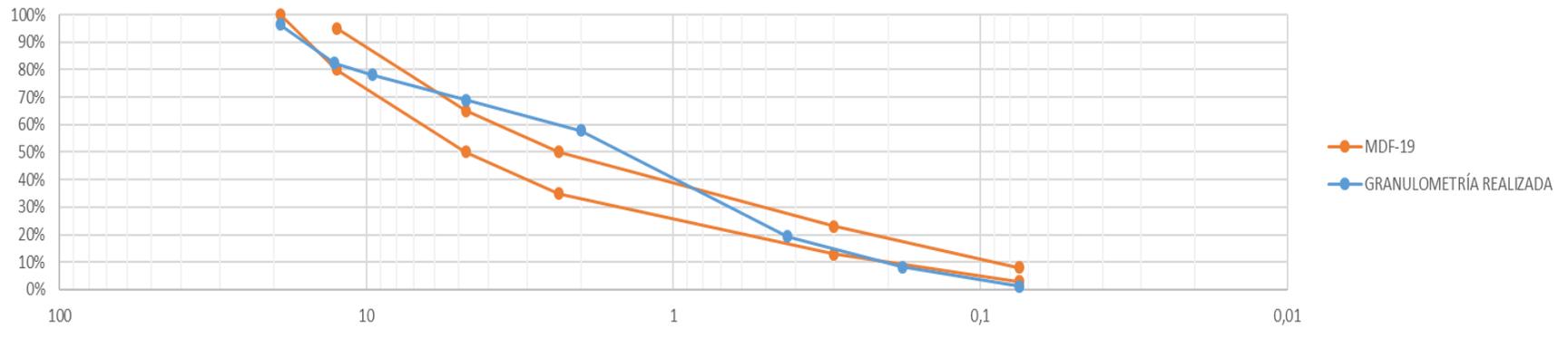
Curva de comparación granulométricas con MDF-25



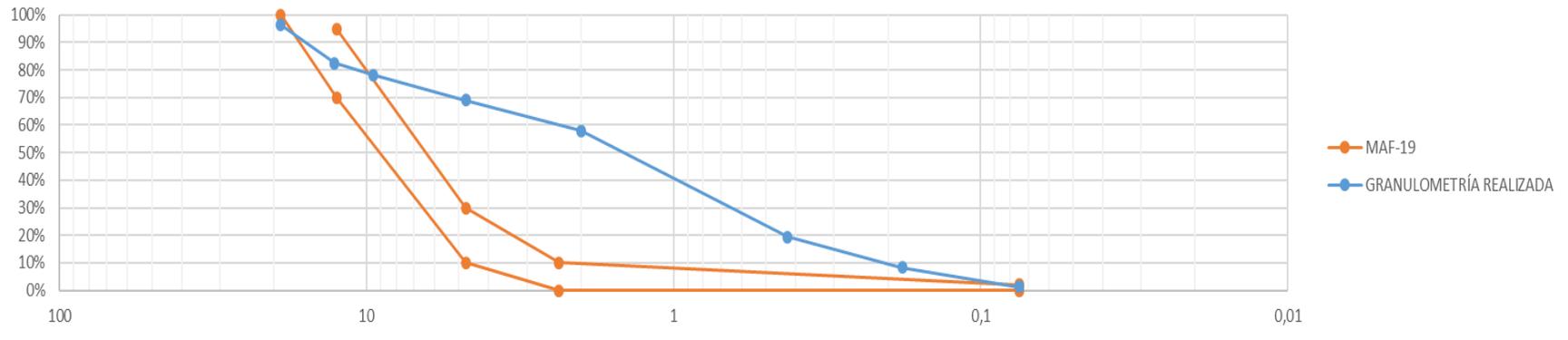
Curva de comparación granulométrica con MAF-25



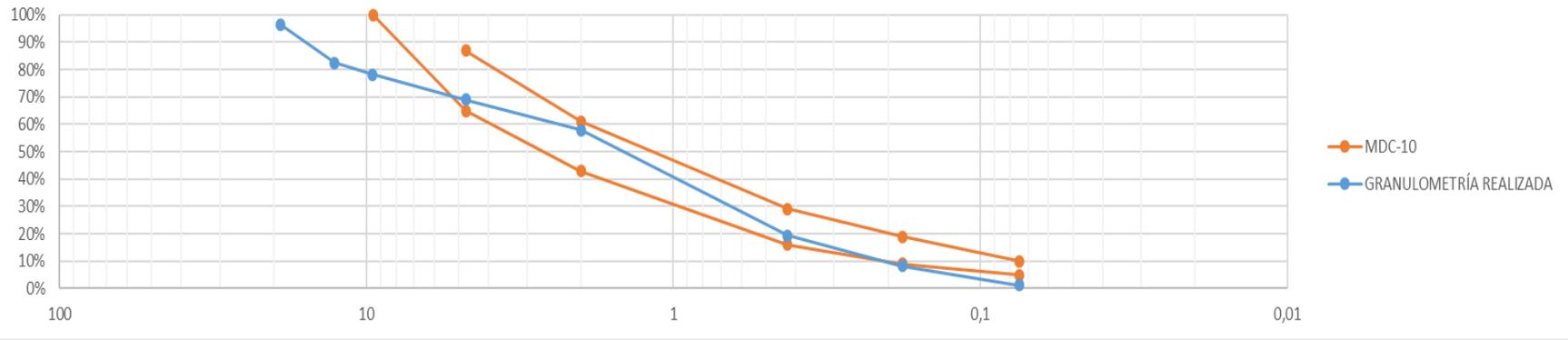
Curva de comparación granulométrica con MDF-19



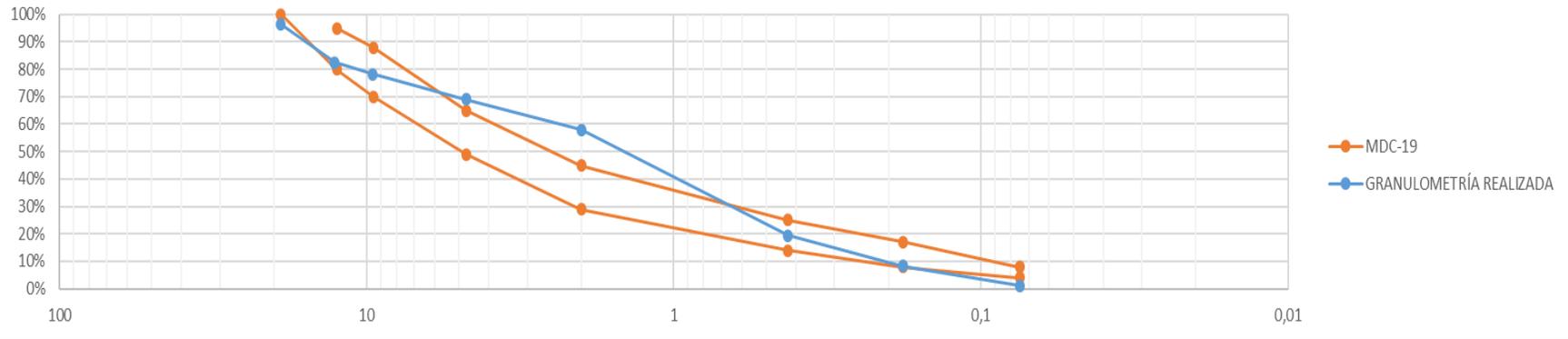
Curva de comparación granulométrica con MAF-19



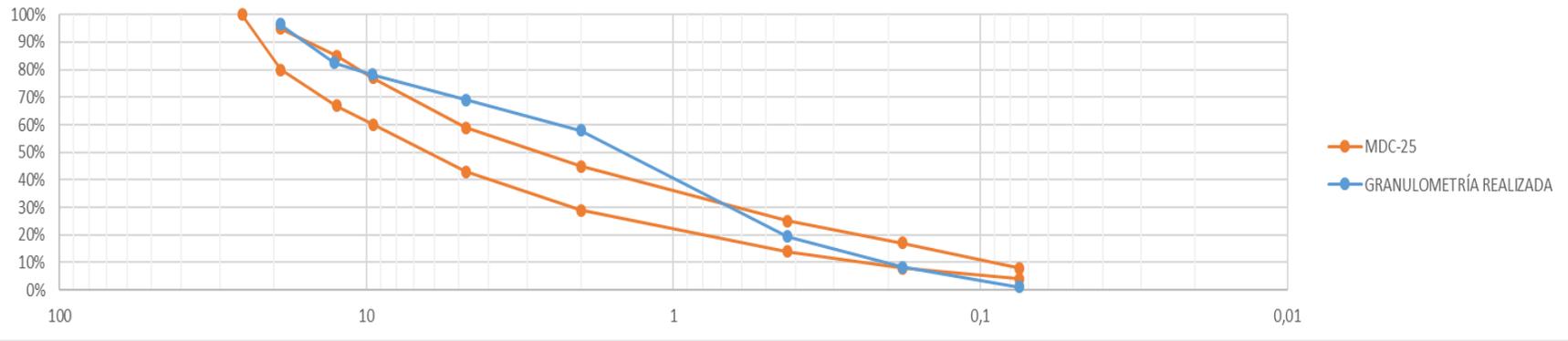
Curva de comparación granulométrica con MDC-10



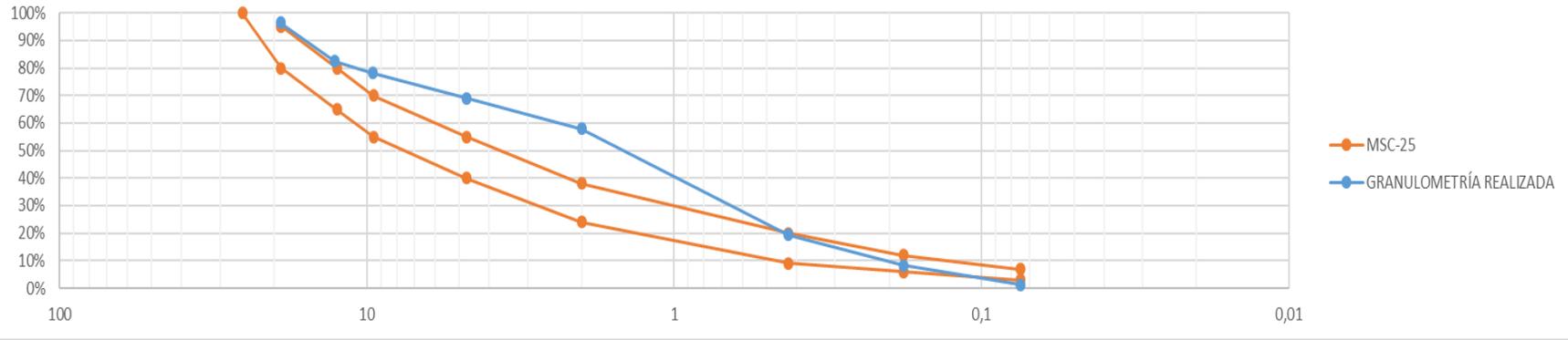
Curva de comparación granulométrica con MDC-19



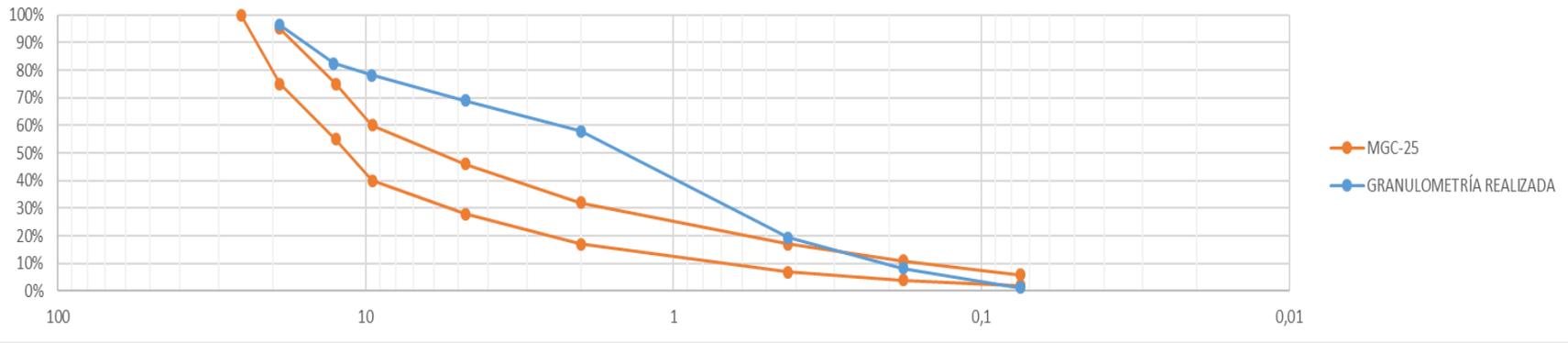
Curva de comparación granulométrica con MDC-25



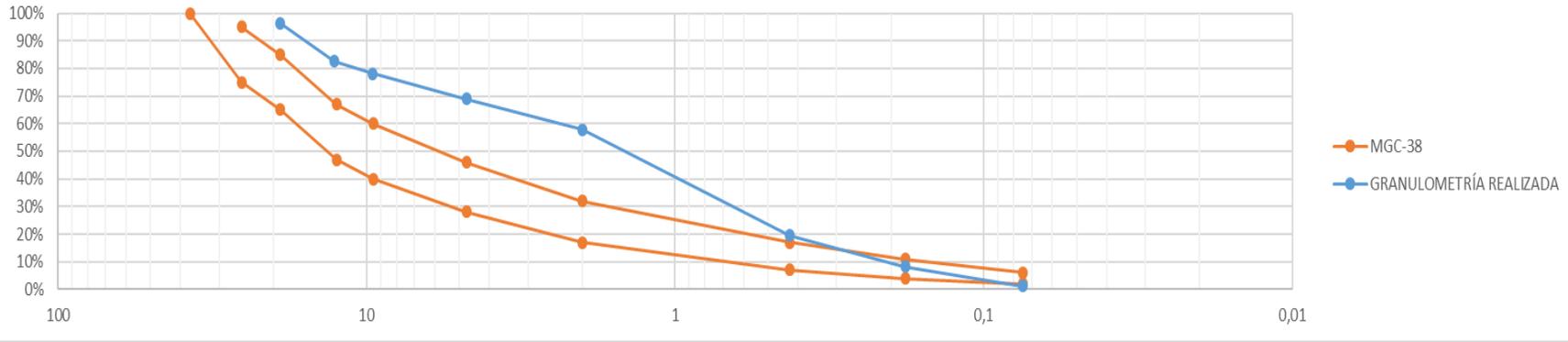
Curva de comparación granulométrica con MSC-25



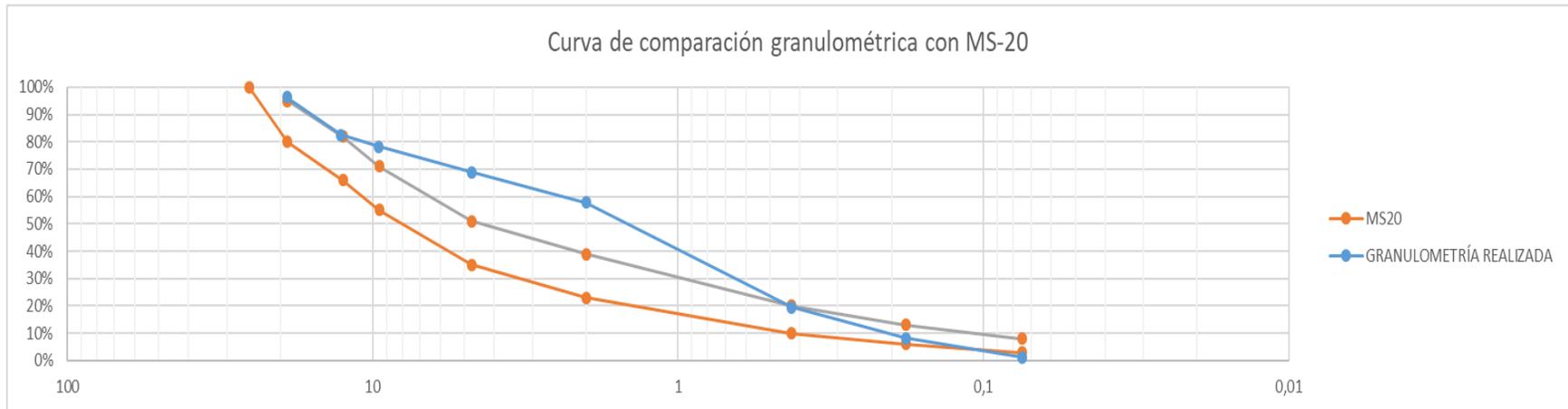
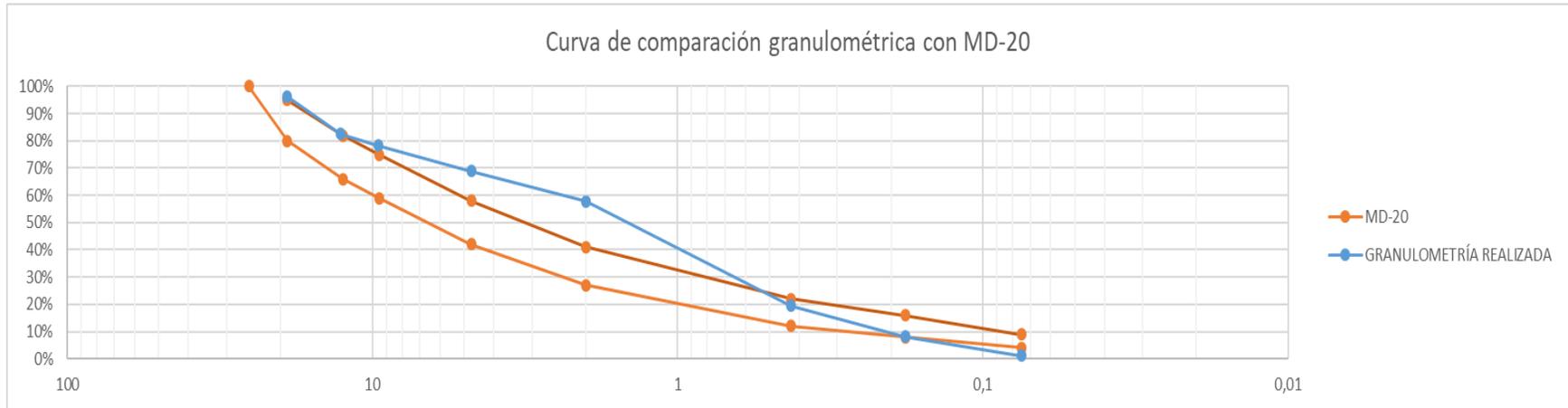
Curva de comparación granulométrica con MGC-25



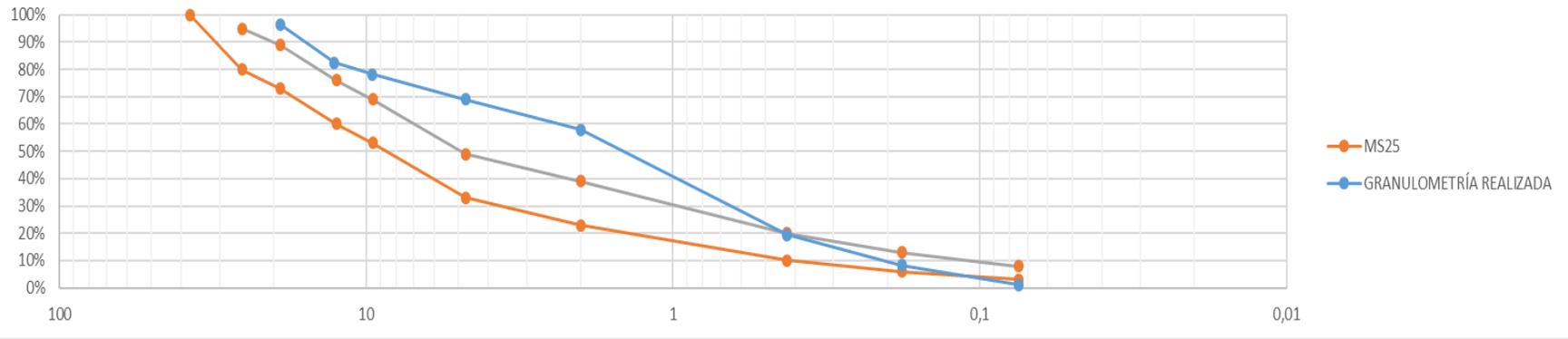
Curva de comparación granulométrica con MGC-38



## Comparación de granulometría con mezclas típicas según IDU



Curva de comparación granulométrica con MS-25



## **Anexo 7. Análisis de tránsito realizado**

## CARRERA 14 ENTRE LA CALLE 99 Y CALLE 98 (MOVIMIENTO 1)

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 1				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
6:00 - 6:15	42	17	7	15	81	101
6:15 - 6:30	45	18	6	12	81	102
6:30 - 6:45	52	10	6	11	79	93
6:45 - 7:00	58	9	6	10	83	96
7:00 - 7:15	62	18	3	9	92	110
7:15 - 7:30	68	8	5	13	94	103
7:30 - 7:45	68	14	6	18	106	120
7:45 - 8:00	68	12	5	24	109	117
8:00 - 8:15	65	17	5	29	116	126
8:15 - 8:30	62	15	4	31	112	118
8:30 - 8:45	59	14	4	31	108	113
8:45 - 9:00	58	11	1	31	101	98
9:00 - 9:15	54	9	2	25	90	90
9:15 - 9:30	52	18	8	22	100	119
9:30 - 9:45	46	11	6	18	81	92
9:45 - 10:00	45	18	2	13	78	93
10:00 - 10:15	45	12	6	15	78	92
10:15 - 10:30	46	13	0	12	71	78
10:30 - 10:45	48	9	1	13	71	75
10:45 - 11:00	45	15	8	12	80	101
11:00 - 11:15	37	11	5	9	62	76
11:15 - 11:30	42	10	2	10	64	72
11:30 - 11:45	42	15	2	10	69	82
11:45 - 12:00	42	15	0	12	69	78
12:00 - 12:15	45	16	4	10	75	92
12:15 - 12:30	37	8	3	13	61	67
12:30 - 12:45	37	10	0	15	62	65
12:45 - 13:00	42	17	7	16	82	102
13:00 - 13:15	42	8	3	19	72	75
13:15 - 13:30	45	14	6	18	83	97
13:30 - 13:45	45	17	6	18	86	103
13:45 - 14:00	40	9	0	15	64	66
14:00 - 14:15	40	10	3	12	65	74
14:15 - 14:30	45	9	5	10	69	81
14:30 - 14:45	42	12	6	7	67	85
14:45 - 15:00	42	11	2	7	62	73
15:00 - 15:15	45	11	6	8	70	86
15:15 - 15:30	45	17	5	7	74	95
15:30 - 15:45	46	13	1	9	69	79

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 1				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
15:45 - 16:00	46	13	7	11	77	95
16:00 - 16:15	42	18	3	12	75	92
16:15 - 16:30	37	14	4	16	71	83
16:30 - 16:45	33	9	5	15	62	71
16:45 - 17:00	31	12	0	16	59	63
17:00 - 17:15	31	13	7	21	72	85
17:15 - 17:30	26	17	6	24	73	87
17:30 - 17:45	24	8	3	29	64	62
17:45 - 18:00	26	14	7	34	81	89
18:00 - 18:15	26	11	8	31	76	84
18:15 - 18:30	33	17	0	26	76	80
18:30 - 18:45	36	12	5	20	73	83
18:45 - 19:00	33	8	4	12	57	65
19:00 - 19:15	33	16	2	14	65	77
19:15 - 19:30	11	17	3	5	36	55
19:30 - 19:45	9	16	7	6	38	62
19:45 - 20:00	14	14	3	4	35	52

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 1				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
6:00 - 7:00	197	54	25	48	324	392
6:15 - 7:15	217	55	21	42	335	401
6:30 - 7:30	240	45	20	43	348	402
6:45 - 7:45	256	49	20	50	375	429
7:00 - 8:00	266	52	19	64	401	450
7:15 - 8:15	269	51	21	84	425	466
7:30 - 8:30	263	58	20	102	443	480
7:45 - 8:45	254	58	18	115	445	473
8:00 - 9:00	244	57	14	122	437	454
8:15 - 9:15	233	49	11	118	411	418
8:30 - 9:30	223	52	15	109	399	419
8:45 - 9:45	210	49	17	96	372	399
9:00 - 10:00	197	56	18	78	349	393
9:15 - 10:15	188	59	22	68	337	395
9:30 - 10:30	182	54	14	58	308	354
9:45 - 10:45	184	52	9	53	298	337
10:00 - 11:00	184	49	15	52	300	346
10:15 - 11:15	176	48	14	46	284	330
10:30 - 11:30	172	45	16	44	277	324

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 1				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
10:45 - 11:45	166	51	17	41	275	331
11:00 - 12:00	163	51	9	41	264	308
11:15 - 12:15	171	56	8	42	277	324
11:30 - 12:30	166	54	9	45	274	319
11:45 - 12:45	161	49	7	50	267	302
12:00 - 13:00	161	51	14	54	280	325
12:15 - 13:15	158	43	13	63	277	308
12:30 - 13:30	166	49	16	68	299	338
12:45 - 13:45	174	56	22	71	323	377
13:00 - 14:00	172	48	15	70	305	341
13:15 - 14:15	170	50	15	63	298	339
13:30 - 14:30	170	45	14	55	284	323
13:45 - 14:45	167	40	14	44	265	304
14:00 - 15:00	169	42	16	36	263	311
14:15 - 15:15	174	43	19	32	268	324
14:30 - 15:30	174	51	19	29	273	338
14:45 - 15:45	178	52	14	31	275	333
15:00 - 16:00	182	54	19	35	290	355
15:15 - 16:15	179	61	16	39	295	361
15:30 - 16:30	171	58	15	48	292	349
15:45 - 16:45	158	54	19	54	285	341
16:00 - 17:00	143	53	12	59	267	309
16:15 - 17:15	132	48	16	68	264	302
16:30 - 17:30	121	51	18	76	266	306
16:45 - 17:45	107	52	23	108	290	323
17:00 - 18:00	102	50	24	118	294	321
17:15 - 18:15	109	50	18	120	297	314
17:30 - 18:30	121	54	20	111	306	335
17:45 - 18:45	128	48	17	89	282	311
18:00 - 19:00	135	53	11	72	271	305
18:15 - 19:15	113	53	14	51	231	280
18:30 - 19:30	86	57	16	37	196	259
18:45 - 19:45	67	63	15	29	174	245
19:00 - 20:00	34	47	13	15	109	168
19:15 - 20:15	23	30	10	10	73	113
19:30 - 20:30	14	14	3	4	35	52
19:45 - 20:45	0	0	0	0	0	0

**CALLE 99 ENTRE CARRERA 11 Y CARRERA 14 (MOVIMIENTO 2)**

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 2				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
6:00 - 6:15	18	22	12	51	103	118
6:15 - 6:30	51	21	3	43	118	122
6:30 - 6:45	68	21	3	18	110	127
6:45 - 7:00	138	16	9	87	250	236
7:00 - 7:15	76	21	9	76	182	179
7:15 - 7:30	68	18	7	60	153	152
7:30 - 7:45	18	9	7	60	94	84
7:45 - 8:00	104	16	7	60	187	184
8:00 - 8:15	68	31	4	76	179	178
8:15 - 8:30	138	14	10	26	188	204
8:30 - 8:45	138	9	0	18	165	165
8:45 - 9:00	112	16	7	51	186	187
9:00 - 9:15	68	26	3	76	173	166
9:15 - 9:30	146	21	12	18	197	227
9:30 - 9:45	122	9	10	68	209	199
9:45 - 10:00	154	14	12	104	284	264
10:00 - 10:15	154	14	8	76	252	240
10:15 - 10:30	51	16	8	76	151	141
10:30 - 10:45	68	31	3	51	153	163
10:45 - 11:00	122	9	0	104	235	192
11:00 - 11:15	26	18	1	76	121	103
11:15 - 11:30	112	21	9	51	193	202
11:30 - 11:45	112	16	7	104	239	214
11:45 - 12:00	87	12	1	87	187	157
12:00 - 12:15	26	22	8	104	160	142
12:15 - 12:30	76	14	4	18	112	123
12:30 - 12:45	43	22	4	26	95	110
12:45 - 13:00	18	9	12	43	82	88
13:00 - 13:15	146	12	12	51	221	226
13:15 - 13:30	104	26	10	60	200	211
13:30 - 13:45	112	14	12	68	206	204
13:45 - 14:00	26	30	3	51	110	119
14:00 - 14:15	18	21	4	43	86	92
14:15 - 14:30	43	14	12	68	137	135
14:30 - 14:45	43	12	1	60	116	100
14:45 - 15:00	60	12	1	18	91	96
15:00 - 15:15	76	22	9	26	133	156
15:15 - 15:30	112	31	12	96	251	252

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 2				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
15:30 - 15:45	87	25	3	68	183	179
15:45 - 16:00	26	31	10	43	110	135
16:00 - 16:15	122	22	7	87	238	227
16:15 - 16:30	138	9	8	18	173	185
16:30 - 16:45	76	21	10	18	125	152
16:45 - 17:00	51	18	1	68	138	124
17:00 - 17:15	26	21	2	51	100	99
17:15 - 17:30	18	12	9	104	143	117
17:30 - 17:45	76	30	0	76	182	174
17:45 - 18:00	18	25	7	60	110	116
18:00 - 18:15	60	9	4	18	91	97
18:15 - 18:30	112	30	3	96	241	228
18:30 - 18:45	87	9	7	104	207	175
18:45 - 19:00	76	12	7	76	171	156
19:00 - 19:15	51	25	8	51	135	147
19:15 - 19:30	96	9	8	26	139	147
19:30 - 19:45	154	30	3	60	247	252
19:45 - 20:00	26	26	3	60	115	116

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 2				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
6:00 - 7:00	275	80	27	199	581	602
6:15 - 7:15	333	79	24	224	660	663
6:30 - 7:30	350	76	28	241	695	693
6:45 - 7:45	300	64	32	283	679	650
7:00 - 8:00	266	64	30	256	616	597
7:15 - 8:15	258	74	25	256	613	597
7:30 - 8:30	328	70	28	222	648	649
7:45 - 8:45	448	70	21	180	719	731
8:00 - 9:00	456	70	21	171	718	734
8:15 - 9:15	456	65	20	171	712	722
8:30 - 9:30	464	72	22	163	721	745
8:45 - 9:45	448	72	32	213	765	779
9:00 - 10:00	490	70	37	266	863	856
9:15 - 10:15	576	58	42	266	942	930
9:30 - 10:30	481	53	38	324	896	844
9:45 - 10:45	427	75	31	307	840	808
10:00 - 11:00	395	70	19	307	791	736

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 2				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
10:15 - 11:15	267	74	12	307	660	599
10:30 - 11:30	328	79	13	282	702	660
10:45 - 11:45	372	64	17	335	788	710
11:00 - 12:00	337	67	18	318	740	675
11:15 - 12:15	337	71	25	346	779	715
11:30 - 12:30	301	64	20	313	698	636
11:45 - 12:45	232	70	17	235	554	532
12:00 - 13:00	163	67	28	191	449	463
12:15 - 13:15	283	57	32	138	510	546
12:30 - 13:30	311	69	38	180	598	634
12:45 - 13:45	380	61	46	222	709	728
13:00 - 14:00	388	82	37	230	737	760
13:15 - 14:15	260	91	29	222	602	626
13:30 - 14:30	199	79	31	230	539	550
13:45 - 14:45	130	77	20	222	449	445
14:00 - 15:00	164	59	18	189	430	422
14:15 - 15:15	222	60	23	172	477	486
14:30 - 15:30	291	77	23	200	591	603
14:45 - 15:45	335	90	25	208	658	682
15:00 - 16:00	301	109	34	233	677	721
15:15 - 16:15	347	109	32	294	782	792
15:30 - 16:30	373	87	28	216	704	725
15:45 - 16:45	362	83	35	166	646	699
16:00 - 17:00	387	70	26	191	674	688
16:15 - 17:15	291	69	21	155	536	559
16:30 - 17:30	171	72	22	241	506	491
16:45 - 17:45	138	88	18	291	535	505
17:00 - 18:00	172	76	20	258	526	503
17:15 - 18:15	266	94	14	250	624	614
17:30 - 18:30	277	73	21	278	649	615
17:45 - 18:45	335	60	21	294	710	655
18:00 - 19:00	326	76	25	327	754	704
18:15 - 19:15	310	55	30	257	652	624
18:30 - 19:30	377	76	26	213	692	701
18:45 - 19:45	327	90	22	197	636	661
19:00 - 20:00	276	65	14	146	501	514
19:15 - 20:15	180	56	6	120	362	367
19:30 - 20:30	26	26	3	60	115	116
19:45 - 20:45	0	0	0	0	0	0

**CALLE 98 ENTRE CARRERA 14 Y CARRERA 15 (MOVIMIENTO 3)**

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 3				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
6:00 - 6:15	42	17	7	15	81	101
6:15 - 6:30	45	18	6	12	81	102
6:30 - 6:45	52	10	6	11	79	93
6:45 - 7:00	58	9	6	10	83	96
7:00 - 7:15	62	18	3	9	92	110
7:15 - 7:30	68	8	5	13	94	103
7:30 - 7:45	68	14	6	18	106	120
7:45 - 8:00	68	12	5	24	109	117
8:00 - 8:15	65	17	5	29	116	126
8:15 - 8:30	62	15	4	31	112	118
8:30 - 8:45	59	14	4	31	108	113
8:45 - 9:00	58	11	1	31	101	98
9:00 - 9:15	54	9	2	25	90	90
9:15 - 9:30	52	18	8	22	100	119
9:30 - 9:45	46	11	6	18	81	92
9:45 - 10:00	45	18	2	13	78	93
10:00 - 10:15	45	12	6	15	78	92
10:15 - 10:30	46	13	0	12	71	78
10:30 - 10:45	48	9	1	13	71	75
10:45 - 11:00	45	15	8	12	80	101
11:00 - 11:15	37	11	5	9	62	76
11:15 - 11:30	42	10	2	10	64	72
11:30 - 11:45	42	15	2	10	69	82
11:45 - 12:00	42	15	0	12	69	78
12:00 - 12:15	45	16	4	10	75	92
12:15 - 12:30	37	8	3	13	61	67
12:30 - 12:45	37	10	0	15	62	65
12:45 - 13:00	42	17	7	16	82	102
13:00 - 13:15	42	8	3	19	72	75
13:15 - 13:30	45	14	6	18	83	97
13:30 - 13:45	45	17	6	18	86	103
13:45 - 14:00	40	9	0	15	64	66
14:00 - 14:15	40	10	3	12	65	74
14:15 - 14:30	45	9	5	10	69	81
14:30 - 14:45	42	12	6	7	67	85
14:45 - 15:00	42	11	2	7	62	73
15:00 - 15:15	45	11	6	8	70	86
15:15 - 15:30	45	17	5	7	74	95

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 3				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
15:30 - 15:45	46	13	1	9	69	79
15:45 - 16:00	46	13	7	11	77	95
16:00 - 16:15	42	18	3	12	75	92
16:15 - 16:30	37	14	4	16	71	83
16:30 - 16:45	33	9	5	15	62	71
16:45 - 17:00	31	12	0	16	59	63
17:00 - 17:15	31	13	7	21	72	85
17:15 - 17:30	26	17	6	24	73	87
17:30 - 17:45	24	8	3	29	64	62
17:45 - 18:00	26	14	7	34	81	89
18:00 - 18:15	26	11	8	31	76	84
18:15 - 18:30	33	17	0	26	76	80
18:30 - 18:45	36	12	5	20	73	83
18:45 - 19:00	33	8	4	12	57	65
19:00 - 19:15	33	16	2	14	65	77
19:15 - 19:30	11	17	3	5	36	55
19:30 - 19:45	9	16	7	6	38	62
19:45 - 20:00	14	14	3	4	35	52

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 3				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
6:00 - 7:00	197	54	25	48	324	392
6:15 - 7:15	217	55	21	42	335	401
6:30 - 7:30	240	45	20	43	348	402
6:45 - 7:45	256	49	20	50	375	429
7:00 - 8:00	266	52	19	64	401	450
7:15 - 8:15	269	51	21	84	425	466
7:30 - 8:30	263	58	20	102	443	480
7:45 - 8:45	254	58	18	115	445	473
8:00 - 9:00	244	57	14	122	437	454
8:15 - 9:15	233	49	11	118	411	418
8:30 - 9:30	223	52	15	109	399	419
8:45 - 9:45	210	49	17	96	372	399
9:00 - 10:00	197	56	18	78	349	393
9:15 - 10:15	188	59	22	68	337	395
9:30 - 10:30	182	54	14	58	308	354
9:45 - 10:45	184	52	9	53	298	337

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 3				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
10:00 - 11:00	184	49	15	52	300	346
10:15 - 11:15	176	48	14	46	284	330
10:30 - 11:30	172	45	16	44	277	324
10:45 - 11:45	166	51	17	41	275	331
11:00 - 12:00	163	51	9	41	264	308
11:15 - 12:15	171	56	8	42	277	324
11:30 - 12:30	166	54	9	45	274	319
11:45 - 12:45	161	49	7	50	267	302
12:00 - 13:00	161	51	14	54	280	325
12:15 - 13:15	158	43	13	63	277	308
12:30 - 13:30	166	49	16	68	299	338
12:45 - 13:45	174	56	22	71	323	377
13:00 - 14:00	172	48	15	70	305	341
13:15 - 14:15	170	50	15	63	298	339
13:30 - 14:30	170	45	14	55	284	323
13:45 - 14:45	167	40	14	44	265	304
14:00 - 15:00	169	42	16	36	263	311
14:15 - 15:15	174	43	19	32	268	324
14:30 - 15:30	174	51	19	29	273	338
14:45 - 15:45	178	52	14	31	275	333
15:00 - 16:00	182	54	19	35	290	355
15:15 - 16:15	179	61	16	39	295	361
15:30 - 16:30	171	58	15	48	292	349
15:45 - 16:45	158	54	19	54	285	341
16:00 - 17:00	143	53	12	59	267	309
16:15 - 17:15	132	48	16	68	264	302
16:30 - 17:30	121	51	18	76	266	306
16:45 - 17:45	112	50	16	90	268	297
17:00 - 18:00	107	52	23	108	290	323
17:15 - 18:15	102	50	24	118	294	321
17:30 - 18:30	109	50	18	120	297	314
17:45 - 18:45	121	54	20	111	306	335
18:00 - 19:00	128	48	17	89	282	311
18:15 - 19:15	135	53	11	72	271	305
18:30 - 19:30	113	53	14	51	231	280
18:45 - 19:45	86	57	16	37	196	259
19:00 - 20:00	67	63	15	29	174	245
19:15 - 20:15	34	47	13	15	109	168
19:30 - 20:30	23	30	10	10	73	113
19:45 - 20:45	14	14	3	4	35	52

**CALLE 98 ENTRE CARRERA 14 Y CARRERA 15 (MOVIMIENTO 4)**

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 4				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
6:00 - 6:15	13	16	9	36	74	86
6:15 - 6:30	36	15	3	30	84	89
6:30 - 6:45	48	15	3	13	79	92
6:45 - 7:00	96	12	7	61	176	168
7:00 - 7:15	54	15	7	54	130	129
7:15 - 7:30	48	13	5	42	108	108
7:30 - 7:45	13	7	5	42	67	61
7:45 - 8:00	73	12	5	42	132	131
8:00 - 8:15	48	22	4	54	128	129
8:15 - 8:30	96	10	8	19	133	146
8:30 - 8:45	96	7	0	13	116	117
8:45 - 9:00	79	12	5	36	132	134
9:00 - 9:15	48	19	3	54	124	121
9:15 - 9:30	102	15	9	13	139	161
9:30 - 9:45	85	7	8	48	148	143
9:45 - 10:00	108	10	9	73	200	187
10:00 - 10:15	108	10	6	54	178	170
10:15 - 10:30	36	12	6	54	108	102
10:30 - 10:45	48	22	3	36	109	118
10:45 - 11:00	85	7	0	73	165	136
11:00 - 11:15	19	13	1	54	87	75
11:15 - 11:30	79	15	7	36	137	145
11:30 - 11:45	79	12	5	73	169	152
11:45 - 12:00	61	9	1	61	132	112
12:00 - 12:15	19	16	6	73	114	103
12:15 - 12:30	54	10	4	13	81	91
12:30 - 12:45	30	16	4	19	69	82
12:45 - 13:00	13	7	9	30	59	65
13:00 - 13:15	102	9	9	36	156	161
13:15 - 13:30	73	19	8	42	142	152
13:30 - 13:45	79	10	9	48	146	146
13:45 - 14:00	19	21	3	36	79	87
14:00 - 14:15	13	15	4	30	62	68
14:15 - 14:30	30	10	9	48	97	97
14:30 - 14:45	30	9	1	42	82	72
14:45 - 15:00	42	9	1	13	65	69
15:00 - 15:15	54	16	7	19	96	113
15:15 - 15:30	79	22	9	67	177	179

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 4				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
15:30 - 15:45	61	18	3	48	130	129
15:45 - 16:00	19	22	8	30	79	98
16:00 - 16:15	85	16	5	61	167	160
16:15 - 16:30	96	7	6	13	122	132
16:30 - 16:45	54	15	8	13	90	111
16:45 - 17:00	36	13	1	48	98	89
17:00 - 17:15	19	15	2	36	72	72
17:15 - 17:30	13	9	7	73	102	85
17:30 - 17:45	54	21	0	54	129	123
17:45 - 18:00	13	18	5	42	78	83
18:00 - 18:15	42	7	4	13	66	73
18:15 - 18:30	79	21	3	67	170	162
18:30 - 18:45	61	7	5	73	146	124
18:45 - 19:00	54	9	5	54	122	112
19:00 - 19:15	36	18	6	36	96	105
19:15 - 19:30	67	7	6	19	99	106
19:30 - 19:45	108	21	3	42	174	179
19:45 - 20:00	19	19	3	42	83	86

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 4				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
6:00 - 7:00	193	58	22	140	413	434
6:15 - 7:15	234	57	20	158	469	477
6:30 - 7:30	246	55	22	170	493	496
6:45 - 7:45	211	47	24	199	481	465
7:00 - 8:00	188	47	22	180	437	427
7:15 - 8:15	182	54	19	180	435	428
7:30 - 8:30	230	51	22	157	460	466
7:45 - 8:45	313	51	17	128	509	522
8:00 - 9:00	319	51	17	122	509	525
8:15 - 9:15	319	48	16	122	505	516
8:30 - 9:30	325	53	17	116	511	532
8:45 - 9:45	314	53	25	151	543	558
9:00 - 10:00	343	51	29	188	611	612
9:15 - 10:15	403	42	32	188	665	661
9:30 - 10:30	337	39	29	229	634	602
9:45 - 10:45	300	54	24	217	595	577

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 4				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
10:00 - 11:00	277	51	15	217	560	525
10:15 - 11:15	188	54	10	217	469	430
10:30 - 11:30	231	57	11	199	498	472
10:45 - 11:45	262	47	13	236	558	507
11:00 - 12:00	238	49	14	224	525	483
11:15 - 12:15	238	52	19	243	552	511
11:30 - 12:30	213	47	16	220	496	457
11:45 - 12:45	164	51	15	166	396	387
12:00 - 13:00	116	49	23	135	323	339
12:15 - 13:15	199	42	26	98	365	397
12:30 - 13:30	218	51	30	127	426	459
12:45 - 13:45	267	45	35	156	503	523
13:00 - 14:00	273	59	29	162	523	545
13:15 - 14:15	184	65	24	156	429	452
13:30 - 14:30	141	56	25	162	384	397
13:45 - 14:45	92	55	17	156	320	323
14:00 - 15:00	115	43	15	133	306	305
14:15 - 15:15	156	44	18	122	340	350
14:30 - 15:30	205	56	18	141	420	433
14:45 - 15:45	236	65	20	147	468	490
15:00 - 16:00	213	78	27	164	482	519
15:15 - 16:15	244	78	25	206	553	566
15:30 - 16:30	261	63	22	152	498	518
15:45 - 16:45	254	60	27	117	458	500
16:00 - 17:00	271	51	20	135	477	491
16:15 - 17:15	205	50	17	110	382	403
16:30 - 17:30	122	52	18	170	362	356
16:45 - 17:45	99	63	14	205	381	363
17:00 - 18:00	122	55	16	182	375	363
17:15 - 18:15	188	67	12	176	443	440
17:30 - 18:30	195	53	17	195	460	441
17:45 - 18:45	236	44	17	207	504	470
18:00 - 19:00	230	55	19	230	534	503
18:15 - 19:15	218	41	22	182	463	446
18:30 - 19:30	265	55	20	151	491	501
18:45 - 19:45	230	65	18	139	452	475
19:00 - 20:00	194	47	12	103	356	370
19:15 - 20:15	127	40	6	84	257	264
19:30 - 20:30	19	19	3	42	83	86
19:45 - 20:45	0	0	0	0	0	0

**CALLE 98 ENTRE CARRERA 14 Y CARRERA 15 (MOVIMIENTO 3 Y  
MOVIMIENTO 4)**

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 4				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
6:00 - 6:15	55	33	16	51	155	187
6:15 - 6:30	81	33	9	42	165	191
6:30 - 6:45	100	25	9	24	158	185
6:45 - 7:00	154	21	13	71	259	264
7:00 - 7:15	116	33	10	63	222	239
7:15 - 7:30	116	21	10	55	202	211
7:30 - 7:45	81	21	11	60	173	181
7:45 - 8:00	141	24	10	66	241	247
8:00 - 8:15	113	39	9	83	244	255
8:15 - 8:30	158	25	12	50	245	263
8:30 - 8:45	155	21	4	44	224	229
8:45 - 9:00	137	23	6	67	233	232
9:00 - 9:15	102	28	5	79	214	210
9:15 - 9:30	154	33	17	35	239	280
9:30 - 9:45	131	18	14	66	229	235
9:45 - 10:00	153	28	11	86	278	280
10:00 - 10:15	153	22	12	69	256	262
10:15 - 10:30	82	25	6	66	179	180
10:30 - 10:45	96	31	4	49	180	193
10:45 - 11:00	130	22	8	85	245	237
11:00 - 11:15	56	24	6	63	149	151
11:15 - 11:30	121	25	9	46	201	217
11:30 - 11:45	121	27	7	83	238	234
11:45 - 12:00	103	24	1	73	201	190
12:00 - 12:15	64	32	10	83	189	195
12:15 - 12:30	91	18	7	26	142	158
12:30 - 12:45	67	26	4	34	131	146
12:45 - 13:00	55	24	16	46	141	166
13:00 - 13:15	144	17	12	55	228	236
13:15 - 13:30	118	33	14	60	225	249
13:30 - 13:45	124	27	15	66	232	249
13:45 - 14:00	59	30	3	51	143	152
14:00 - 14:15	53	25	7	42	127	142
14:15 - 14:30	75	19	14	58	166	177
14:30 - 14:45	72	21	7	49	149	156
14:45 - 15:00	84	20	3	20	127	142
15:00 - 15:15	99	27	13	27	166	199

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 4				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
15:15 - 15:30	124	39	14	74	251	274
15:30 - 15:45	107	31	4	57	199	208
15:45 - 16:00	65	35	15	41	156	193
16:00 - 16:15	127	34	8	73	242	252
16:15 - 16:30	133	21	10	29	193	215
16:30 - 16:45	87	24	13	28	152	182
16:45 - 17:00	67	25	1	64	157	152
17:00 - 17:15	50	28	9	57	144	157
17:15 - 17:30	39	26	13	97	175	172
17:30 - 17:45	78	29	3	83	193	185
17:45 - 18:00	39	32	12	76	159	171
18.00 - 18:15	68	18	12	44	142	156
18:15 - 18.30	112	38	3	93	246	242
18:30 - 18:45	97	19	10	93	219	207
18:45 - 19:00	87	17	9	66	179	177
19:00 - 19:15	69	34	8	50	161	182
19:15 - 19:30	78	24	9	24	135	161
19:30 - 19:45	117	37	10	48	212	240
19:45 - 20:00	33	33	6	46	118	137

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 4				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
6:00 - 7:00	390	112	47	188	737	826
6:15 - 7:15	451	112	41	200	804	878
6:30 - 7:30	486	100	42	213	841	898
6:45 - 7:45	467	96	44	249	856	894
7:00 - 8:00	454	99	41	244	838	877
7:15 - 8:15	451	105	40	264	860	893
7:30 - 8:30	493	109	42	259	903	946
7:45 - 8:45	567	109	35	243	954	994
8:00 - 9:00	563	108	31	244	946	979
8:15 - 9:15	552	97	27	240	916	934
8:30 - 9:30	548	105	32	225	910	951
8:45 - 9:45	524	102	42	247	915	957
9:00 - 10:00	540	107	47	266	960	1005
9:15 - 10:15	591	101	54	256	1002	1056
9:30 - 10:30	519	93	43	287	942	956

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 4				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
9:45 - 10:45	484	106	33	270	893	914
10:00 - 11:00	461	100	30	269	860	871
10:15 - 11:15	364	102	24	263	753	760
10:30 - 11:30	403	102	27	243	775	796
10:45 - 11:45	428	98	30	277	833	838
11:00 - 12:00	401	100	23	265	789	791
11:15 - 12:15	409	108	27	285	829	835
11:30 - 12:30	379	101	25	265	770	776
11:45 - 12:45	325	100	22	216	663	688
12:00 - 13:00	277	100	37	189	603	664
12:15 - 13:15	357	85	39	161	642	705
12:30 - 13:30	384	100	46	195	725	797
12:45 - 13:45	441	101	57	227	826	899
13:00 - 14:00	445	107	44	232	828	885
13:15 - 14:15	354	115	39	219	727	791
13:30 - 14:30	311	101	39	217	668	719
13:45 - 14:45	259	95	31	200	585	627
14:00 - 15:00	284	85	31	169	569	616
14:15 - 15:15	330	87	37	154	608	674
14:30 - 15:30	379	107	37	170	693	771
14:45 - 15:45	414	117	34	178	743	822
15:00 - 16:00	395	132	46	199	772	874
15:15 - 16:15	423	139	41	245	848	926
15:30 - 16:30	432	121	37	200	790	867
15:45 - 16:45	412	114	46	171	743	841
16:00 - 17:00	414	104	32	194	744	799
16:15 - 17:15	337	98	33	178	646	705
16:30 - 17:30	243	103	36	246	628	662
16:45 - 17:45	234	108	26	301	669	666
17:00 - 18:00	206	115	37	313	671	685
17:15 - 18:15	224	105	40	300	669	684
17:30 - 18:30	297	117	30	296	740	754
17:45 - 18:45	316	107	37	306	766	776
18:00 - 19:00	364	92	34	296	786	781
18:15 - 19:15	365	108	30	302	805	807
18:30 - 19:30	331	94	36	233	694	726
18:45 - 19:45	351	112	36	188	687	759
19:00 - 20:00	297	128	33	168	626	720
19:15 - 20:15	228	94	25	118	465	538
19:30 - 20:30	150	70	16	94	330	377

INTERVALO DE TIEMPO	VOLÚMENES DE TRÁNSITO OBSERVADOS MOVIMIENTO 4				TOTAL MIXTO	TOTAL EQUIV.
	AUTOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS		
19:45 - 20:45	33	33	6	46	118	137