

**DIAGNÓSTICO VIAL DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLES 25 Y 29 PARA
TRANSPORTE DE CARGA EN LA CIUDAD DE TUNJA.**

**ANDRÉS DANILO OJEDA BARAJAS
LORENA ALEJANDRA TORRES HERRÁN**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS
TUNJA
2020**

**DIAGNÓSTICO VIAL DE LA CARRERA 16 ENTRE CALLES 25 Y 29 PARA
TRANSPORTE DE CARGA EN LA CIUDAD DE TUNJA.**

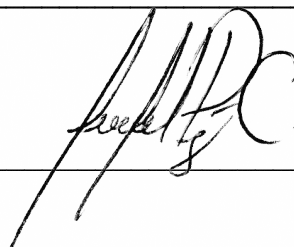
**ANDRÉS DANILO OJEDA BARAJAS
LORENA ALEJANDRA TORRES HERRÁN**

**Trabajo de grado realizado para obtener el título de
INGENIERO CIVIL**

**DIRECTOR: Ing. JUAN RICARDO PÉREZ CUERVO
I.C., I.T.V., Esp., Mg.**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS
TUNJA
2020**

Nota De Aceptación:



Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Tunja, 01 de septiembre de 2020

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Le damos gracias a Dios por regalarnos la vida, llenarnos de inmenso amor y fuerza para terminar con satisfacción lo que un día iniciamos; a nuestras familias, que fueron un apoyo arduo y continuo en este proceso de formación.

Agradecemos calorosamente a nuestra universidad por brindarnos la guía y el apoyo de mano con sus docentes, quienes ilustraron nuestro camino con sus experiencias y conocimientos.

Gracias al Ing. Juan Ricardo Pérez Cuervo por depositar su confianza en nosotros y ser un guía y mentor en cada proceso que se realizó en nuestro proyecto.

Agradecemos a Ambientes Cerámicos y su equipo de trabajo en el área de sistemas por suministrar grabaciones de cámaras de seguridad para la elaboración del estudio de tránsito.

TABLA DE CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	14
1. PROBLEMA DE INVESTIGACION	16
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.3. JUSTIFICACIÓN	17
1.4. OBJETIVOS	18
1.4.1. Objetivo General	18
1.4.2. Objetivos Específicos	18
2. ESTADO DEL ARTE	19
3. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	23
3.1. LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE TUNJA EN EL PAÍS.....	24
3.2. UBICACIÓN CARRERA 16 ENTRES CALLES 25 Y 29.....	24
4. ESTUDIO DE TRANSITO	27
4.1. CATEGORÍA DE VEHÍCULOS	27
4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS	30
4.2.1. Determinación volumen de tránsito en la hora de máxima demanda.....	30
4.2.2. Determinación hora pico día 1	31
4.2.3. Determinación hora pico día 2	33
4.2.4. Conclusiones.....	35
5. SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL DEL TRAMO	37
6. INSPECCIÓN VISUAL Y ANÁLISIS DE DATOS EN PAVIMENTO FLEXIBLE	
39	
6.1. TIPOS DE DAÑOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	40
6.1.1. Fisuras longitudinales y transversales (FL, FT).....	40
6.1.2. Fisuras en juntas de construcción (FCL, FCT).....	40
6.1.3. Fisuras en bloque (FB).....	41
6.1.4. Piel de cocodrilo (PC).....	41
6.1.5. Hundimiento (HUN).....	42
6.1.6. Pérdida de agregado (PA).....	42
6.1.7. Pulimiento del agregado (PU)	43
6.1.8. Baches (BCH)	43
6.1.9. Parches (PCH)	44
6.2. RECOPIACIÓN DE DATOS	44

6.2.1. Detalles del registro de la geometría de la vía	44
6.2.2. Formato para el levantamiento de pavimento flexible	45
6.3.REPORTE DE DAÑOS	45
6.3.1. Hoja de cálculo para el procesamiento y análisis de los datos	46
6.3.2. Área afectada por tramos.....	47
7. INSPECCIÓN VISUAL Y ANÁLISIS DE DATOS EN PAVIMENTO RIGIDO ...	50
7.1.TIPOS DE DAÑOS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	50
7.1.1. Grietas de esquina (GE).....	50
7.1.2. Grietas Longitudinales (GI).....	51
7.1.3. Grietas Transversales (GT).....	51
7.1.4. Grietas en pozos y sumideros (GA)	52
7.1.5. Desportillamiento De Juntas (DPT, DPL)	52
7.1.6. Descascaramiento (DE)	53
7.1.7. Desintegración (DI)	53
7.1.8. Pulimiento (PU)	53
7.1.9. Parches (PCHA – PCHC).....	54
7.1.10. Hundimientos o Asentamientos (HU)	54
7.1.11. Grietas en bloque o fracturación múltiple	55
7.2.REPORTE DE DAÑOS	56
7.2.1. Hoja de cálculo para el procesamiento y análisis de los datos	56
8. DISEÑO PAVIMENTO ASFÁLTICO CON BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO .	63
8.1.FACTORES A CONSIDERAR.....	63
8.1.1. Tránsito	63
8.1.2. Subrasante.....	63
8.1.3. Clima.....	63
8.1.4. Materiales Disponibles	63
8.2.DISEÑO.....	63
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
GLOSARIO	73
ANEXO A.....	77
TABLAS AFOROS PRIMER Y SEGUNDO DÍA.....	77
ANEXO B.....	83
TABLA RECOPIACION DE DATOS LEVANTAMIENTO PAVIMENTO FLEXIBLE	
83	
ANEXO C.....	87
TABLA RECOPIACION DE DATOS LEVANTAMIENTO PAVIMENTO RIGIDO .	87
ANEXO D.....	95
Fotografías Fisuras Longitudinales Y Transversales	95

ANEXO E.....	102
FOTOGRAFÍAS FISURAS EN JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN.....	102
ANEXO F.....	103
FOTOGRAFÍAS FISURAS EN BLOQUE.....	103
ANEXO G.....	107
FOTOGRAFÍAS PIEL DE COCODRILO.....	107
ANEXO H.....	108
FOTOGRAFÍAS HUNDIMIENTO.....	108
ANEXO I.....	109
FOTOGRAFÍAS PÉRDIDA DE AGREGADO.....	109
ANEXO J.....	110
FOTOGRAFÍAS PULIMIENTO DEL AGREGADO.....	110
ANEXO K.....	111
FOTOGRAFÍAS BACHES.....	111
ANEXO L.....	113
FOTOGRAFÍAS PARCHES.....	113
ANEXO M.....	117
FOTOGRAFÍAS GRIETAS DE ESQUINA.....	117
ANEXO N.....	118
FOTOGRAFÍAS GRIETAS LONGITUDINALES.....	118
ANEXO O.....	123
FOTOGRAFÍAS GRIETAS TRANSVERSALES.....	123
ANEXO P.....	126
FOTOGRAFÍAS GRIETAS EN POZOS Y SUMIDEROS.....	126
ANEXO Q.....	127
FOTOGRAFÍAS DESPORTILLAMIENTO DE JUNTAS.....	127
ANEXO R.....	133
FOTOGRAFÍAS DESCASCARAMIENTO.....	133
ANEXO S.....	134
FOTOGRAFÍAS PULIMIENTO.....	134
ANEXO T.....	139
FOTOGRAFÍAS PARCHES.....	139
ANEXO U.....	141
FOTOGRAFÍAS HUNDIMIENTO O ASENTAMIENTOS.....	141
ANEXO V.....	142
FOTOGRAFÍAS GRIETAS EN BLOQUE.....	142
ANEXO W	
MANUAL BÁSICO VISSIM 2020	
ANEXO X	

MANUAL BÁSICO KENPAVE.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Aforo carrera 16 hoja 1	77
Tabla 2. Aforo carrera 16 hoja 2	78
Tabla 3. Aforo carrera 16 hoja 3	79
Tabla 4. Aforo carrera 16 hoja 4	80
Tabla 5. Aforo carrera 16 hoja 5	81
Tabla 6. Aforo carrera 16 hoja 6	82
Tabla 7. Datos por hora flujo ambos sentidos día 1.....	31
Tabla 8. Variación horaria del volumen de transito día 1	32
Tabla 9. Datos por hora flujo ambos sentidos día 2.....	33
Tabla 10. Variación horaria del volumen de transito día 2	35
Tabla 11. Formato para el levantamiento de pavimento flexible	45
Tabla 12. Daños en el pavimento flexible	46
Tabla 13. Patologías severidad baja.....	57
Tabla 14. Patologías de severidad media.....	58
Tabla 15. Patologías de severidad alta.....	59
Tabla 16. Cuadro resumen a las patologías encontradas.....	59
Tabla 17. Niveles de confiabilidad	66
Tabla 18 Parámetros de Diseño Pavimento	67
Tabla 19 Datos Convenciones Kenpave	69
Tabla 20 Análisis centro llanta interna eje simple	70
Tabla 21 Análisis eje llanta interna eje simple	70
Tabla 22 Análisis centro llanta externa eje simple	70

LISTA DE ILUSTRACIONES

pág.

Ilustración 1. Localización del municipio de Tunja en Colombia.	23
Ilustración 2. Localización del municipio de Tunja en Boyacá	24
Ilustración 3. Ubicación carrera 16 entre calles 25 y 29 en la ciudad de Tunja	25
Ilustración 4. Perfil levantamiento topográfico.....	26
Ilustración 5. Categoría autos	27
Ilustración 6. Categoría buses	28
Ilustración 7. Categoría camión	28
Ilustración 8. Categoría camión	28
Ilustración 9. Categoría camión	29
Ilustración 10. Hora máxima demanda día 1	31
Ilustración 11. Factor hora máxima demanda día 1	32
Ilustración 12. Variación horaria del volumen de transito día 1.....	33
Ilustración 13. Hora máxima demanda día 2	34
Ilustración 14. Factor hora máxima demanda día 2	34
Ilustración 15. Variación horaria del volumen de transito día 2.....	35
Ilustración 16. Comparación día 1 día 2 por tipo de vehículo	36
Ilustración 17. Geometría de la vía pavimento flexible.....	44
Ilustración 18. Área afectada por tramo	47
Ilustración 19. Daños con severidad baja	48
Ilustración 20. Daños con severidad media	48
Ilustración 21. Daños con severidad alta	49
Ilustración 22. Procesamiento y análisis de los datos	56
Ilustración 23. Porcentaje de daño por tramos.....	57
Ilustración 24. Grafico patologías y severidades	62
Ilustración 25. Volumen vehicular diario	64
Ilustración 26. Cálculo Fcc.....	65
Ilustración 27. Tabla climática // datos históricos del tiempo Tunja.....	66
Ilustración 28 Carta No 1 (Frio Seco Y Frio Semihumedo)	68

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

pág.

Fotografía 1. Fisura Longitudinal y Transversales	40
Fotografía 2. Fisura en Junta de Construcción	40
Fotografía 3. Fisura en Bloque.....	41
Fotografía 4. Piel de Cocodrilo.....	41
Fotografía 5. Hundimiento	42
Fotografía 6. Pérdida de Agregado.....	42
Fotografía 7. Pulimiento del Agregado.....	43
Fotografía 8. Baches.....	43
Fotografía 9. Parches	44
Fotografía 10. Grieta de Esquina.....	50
Fotografía 11. Fisura Longitudinal	51
Fotografía 12. Grieta Transversal	51
Fotografía 13. Grieta en sumidero	52
Fotografía 14. Desportillamiento de junta	52
Fotografía 15. Descascaramiento	53
Fotografía 16. Desintegración.....	53
Fotografía 17. Pulimiento	54
Fotografía 18. Parche	54
Fotografía 19. Hundimiento	55
Fotografía 20. Grietas en Bloque	55

RESUMEN

Se llevó a cabo un diagnóstico y valoración de la carrera 16 entre calles 25 y 29 de la ciudad de Tunja, en la cual se encontró un problema de deterioro en la malla vial y congestión vehicular. El crecimiento poblacional y el sector comercial han llevado a la reubicación de bodegas para materiales de construcción. Esto ha generado un aumento significativo en los volúmenes de tránsito (particular, servicio público y carga); cuyas condiciones no estaban previstas en el diseño inicial de la vía.

Con el fin de conocer las condiciones actuales de movilidad, se realizó un estudio de tránsito de acuerdo con los lineamientos estipulados en el *Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte*; de este modo se detalló el número de vehículos que a diario circula por esta vía, identificando la variación del volumen en el flujo vehicular en la hora de máxima demanda; de igual manera la distribución y composición del tráfico de automotores.

El diagnóstico de la infraestructura vial se realizó acorde con el *Manual de Inspección Visual del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS)*; para pavimentos rígidos y flexibles según sea el caso. Se efectuó un análisis con los datos recopilados de daños con el fin de conocer el estado actual, la severidad y su probable evolución a cada patología encontrada.

Palabras clave: *Diagnostico, Pavimento flexible, Pavimento Rígido, Volumen vehicular*

ABSTRACT

A diagnosis and assessment of the 16th race between 25th and 29th streets in the city of Tunja was carried out, in which there was a problem with deterioration of the highway network and also with vehicular congestion. Population growth and the commercial sector of the city have led to the relocation of warehouses for construction materials. This has significantly increased the traffic (particular vehicles, public service and loading), fact that was not planned in the initial design of the road.

In order to determine the current conditions of mobility, a traffic study was made according to the *Guidelines of Planning and Design Manual for Traffic and Transport Management*. In this way, the number of vehicles that circulate daily on this road was detailed, identifying the variation in traffic volume at the peak time, as well as the distribution and composition of motor vehicle traffic.

The diagnosis of the road infrastructure was carried out according to the *Invias Visual Inspection Manual for Rigid and Flexible Pavements*, as the case may be. An analysis with the data collected on damages was made in order to know the current state, severity and probable evolution of each pathology encountered.

Keys words: *Diagnosis, Flexible pavement, Rigid pavement, Vehicle volume*

INTRODUCCIÓN

Tunja es una ciudad que ha crecido aceleradamente en los últimos años, gracias a su ubicación geográfica, su cercanía con la capital colombiana y ciudades principales del departamento de Boyacá. ha influido activamente en los sectores socios económicos y culturales. Su población ha aumentado de manera significativa, creciendo en infraestructura y de este modo aumentando los volúmenes de tránsito.

El crecimiento en el campo constructivo trae consigo que enormes empresas colombianas se ubiquen con fuerza en los sectores comerciales de Tunja, implementando grandes bodegas de materiales de construcción, almacenes de ventas, entre otros. Como consecuencia, se han reubicado varias compañías para descongestionar y crear nuevos espacios públicos, generando competencia y aumentando la productividad.

La carrera 16 entre calles 25 y 29 hace unos años correspondía a un sector netamente residencial, hoy por hoy se encuentra la mayor cantidad de bodegas y almacenes de ventas en lo que a materiales de construcción respecta. Por consiguiente, esta vía se ha sometido a esfuerzos para los cuales no estaba diseñada, ocasionando daños y fracturamientos en la infraestructura vial.

De la misma manera se incrementa el volumen de tránsito, al cambiar de un sector residencial a comercial (mixto). La presencia de vehículos de carga y particulares se ve aumentada, lo que lleva consigo congestión vehicular, por estacionamiento, cargue y descargue de material, en general.

La evaluación del pavimento se puede llevar a cabo con ayuda de diferentes técnicas, las cuales pueden ser invasivas y no invasivas, en el caso de la carrera 16 entre calles 25 y 29 de la ciudad de Tunja se desarrolló una inspección visual siguiendo los respectivos lineamientos del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

El inventario en la infraestructura vial, es una herramienta que se utiliza con el fin de conocer las condiciones actuales, en funcionalidad y operatividad de una vía; con ayuda de mediciones de campo se identifican y se registran las características y estado de cada patología del pavimento (fallas, daños), seguido se cuantifica y se evalúa la información, generando datos estadísticos para establecer una serie de

recomendaciones de mantenimiento o sustitución; de esta manera mejorar la movilidad, seguridad y bienestar de los usuarios.

Para identificar los problemas de movilidad, se realiza un estudio de tránsito a fin de asimilar las solicitudes de actuales de la vía, determinando las horas con mayor solicitud vehicular, el tipo de vehículo que más transita y analizar el comportamiento de cada uno de ellos. Con el fin de determinar el flujo y demanda real de la carrera 16.

El documento presenta información acerca del estudio de tránsito realizado, su respectivo análisis y conclusiones, determinado los tipos de intervención que se pueden realizar para mitigar los impactos que están causando deterioro. En segundo lugar, se genera el estudio de las patologías encontradas en la infraestructura vial; determinando el tipo de falla más común en el área de estudio y por último se plantea un diseño óptimo de pavimento con el fin de solventar el problema la problemática que golpea este sector de la ciudad.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La ciudad de Tunja ha crecido a muy buen ritmo en los últimos años, donde las industrias cerámicas, perfilarias y almacenes de carpintería han hecho presencia en el sector constructivo. Actualmente la mayoría de bodegas se han concentrado en la carrera 16 entre calles 25 y 29; en el cual las empresas que proveen los suministros, trabajadores, transportistas son los principales actores en el incremento vehicular.

Dicho esto, el transporte de carga en este sector de la ciudad de Tunja no posee una distribución urbana de mercancías eficiente; ya que no existe una infraestructura necesaria dedicada a realizar el cargue y descargue de forma organizada. Sumado al problema, se añade el hecho de que esta vía no fue diseñada con el fin de soportar altas cargas, ya que inicialmente se trataba de una zona de uso residencial.

Actualmente se presentan daños en la infraestructura vial, la presencia de vehículos de carga son el principal causante; además de esto, se generan congestiones vehiculares cuando se realizan operaciones de cargue o descargue de material. De igual manera, la ausencia de zonas de parqueo o parqueaderos ocasiona que compradores estacionen sus automóviles en andenes o sobre la vía generando conflictos de movilidad.

1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué tipos de daños se encuentran actualmente en la infraestructura vial de este sector de la ciudad que este afectando directa o indirectamente la movilidad?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El crecimiento poblacional y de comercio en la ciudad de Tunja, ha traído consigo la reubicación de negocios y bodegas del sector constructivo; antes ubicados en periferias del centro, donde se encuentran albergados todos los sectores comerciales y empresariales de la ciudad.

Lo que ocasiona una saturación en las vías y colapso en el transporte en horas pico, generando mayores tiempos de carga y descarga, aumento en consumo de combustible, y reducción de la productividad de vehículos de carga; por esta razón, las principales compañías en ventas de materiales de construcción, toma la alternativa de construir grandes bodegas de almacenamiento y venta en la carrera 16; zona residencial que contaba con extensos predios y rutas de acceso poco transitadas anteriormente.

Es por ello que la carrera 16 entre calles 25 y 29 se convierte en una vía indispensable de la ciudad; ya que el sector centro-occidental cuenta con una zona de uso comercial y residencial, por lo que se evidencia transporte (particular, público y de carga); volúmenes de tránsito no contemplados en el diseño de esta troncal, lo cual está generando daños prematuros en la infraestructura vial.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Diagnosticar las condiciones de movilidad e infraestructura de la carrera 16 entre calles 25 y 29 para transporte de carga en la ciudad de Tunja.

1.4.2. Objetivos Específicos

Realizar un estudio de tránsito para definir las horas pico del tráfico mixto y transporte de carga de la carrera 16 entre calles 25 y 29.

Examinar las estructuras de pavimento rígido y flexible siguiendo la metodología establecida por el manual de inspección visual de pavimentos del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

Sugerir una estructura que soporte la imposición de cargas actuales en la vía.

Elaborar un manual de ayuda en el manejo del software KENPAVE para analizar esfuerzos y deformaciones en pavimentos rígidos y flexibles.

Realizar una guía de usuario del programa VISSIM para simulación del flujo de tránsito.

2. ESTADO DEL ARTE

Tunja, la ciudad más antigua y capital del departamento de Boyacá ubicado dentro de una las 12 provincias sobre la cordillera oriental de los andes. Su topografía tiene una gran variedad de altitudes y geo-formas que la caracterizan; desde colinas con pendientes muy altas hasta un valle aluvial donde se producen inundaciones por la cercanía del río Jordán¹.

De acuerdo con Torres y Cáceres² la inclinación de los terrenos está determinada por los rasgos tectónicos presentes, principalmente por la estructura sinclinal, cuyo eje es paralelo al curso del río Jordán por lo cual los dos flancos se inclinan hacia éste. Las elevaciones que se encuentran en el territorio son de mayor intensidad en el flanco oeste del sinclinal. Por su parte, el límite oriental, formado por materiales post-orogénicos, posee pendientes menores, y se ve afectado en gran proporción por el carcavamiento.

La zonificación geotécnica de Tunja identificó como estructura principal un sinclinal (dirección ne – sw)³, con un proceso de carcavamiento pronunciado en los dos flancos del anticlinal. La zona urbanizada se caracteriza por la presencia de numerosas pendientes y de zonas con inestabilidad y vulnerabilidad sísmica. Debido a la variedad de características topográficas que presenta la ciudad se han presentado ciertos cambios geomorfológicos; erosión, carcavamiento, inestabilidad en los taludes, entre otros.

Sin embargo, a lo largo del tiempo se coincide en la idea de que la ciudad no ha tenido una planificación adecuada; se afirma que persisten problemas como la desorganización en los usos del suelo, el crecimiento poblacional descontrolado, urbanización acelerada y no planificada y la conformación de asentamientos humanos de tipo marginal⁴.

¹ Colombiamania. (2017). Colombiamania.Com. Retrieved 03 11, 2019, From Departamento De Boyacá: [Http://Www.Colombiamania.Com/Index.Html](http://www.Colombiamania.Com/Index.Html)

² Torres, J., & Cáceres, L. (2005). Clasificación De Información De Los Sistemas De Cárcavas En Tunja. (F. D. Civil., Ed.) Tunja: Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia.

³ Ramírez, O. (1991). Zonificación Geotécnica De Tunja. Revista Facultad De Ingeniería, 107 - 115.

⁴ Tunja. (1998). Acuerdo Municipal No. 008 (30 De junio). Capítulo Xv, 107 110.

En el diagnóstico elaborado durante el proceso de formulación del plan de ordenamiento territorial⁵, se señalaron algunas zonas diferenciadas, a partir de las cuales se puede contextualizar el panorama fisiográfico de la ciudad.

En la zona centro occidental de Tunja correspondiente a los barrios Ricaurte, concepción, milagro, san lázaro y Altamira, se encuentran pendientes que oscilan en (27%), los sectores de del Carmen, bello horizonte, la esperanza, los trigales y la fuente, presentan inclinaciones de (12%) hasta (22%).

Sin duda alguna, las pendientes son los elementos principales que han determinado la configuración morfológica de Tunja; sumada al continuo proceso de deforestación y pérdida de la cobertura vegetal lo cual favorece a procesos erosivos⁶. El desarrollo reciente que ha presentado la ciudad ha sido tan abismal de acuerdo con las cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el crecimiento de las ciudades colombianas entre 1973 y 2012 muestra que la capital de Boyacá es una de las de mayor ampliación, por encima de Bogotá, Cali y Medellín.

Se afirma, que de acuerdo con los datos de expansión calculados para el año de 1907, Tunja aumentó su tamaño en 3,7 veces en un lapso de 57 años, configurando un área de 497.23 Ha; esta superficie corresponde a la cuarta parte del incremento en 2005⁷.

La ciudad ha experimentado transformaciones en cuanto a uso y ocupación del de predios, infraestructura, distribución de equipamientos y densificación del espacio; además del crecimiento y expansión en sus últimos años. En consecuencia, el uso del suelo, como reflejo de los procesos dados presenta nuevas dinámicas que permiten determinar ciertos aspectos inherentes a dicha situación.

Es evidente una creciente dinámica del sector constructor; manifestada en los desarrollos urbanísticos de orden residencial, pero sin dejar de lado el componente comercial y de servicios. Durante los últimos seis años se han proyectado y

⁵ Tunja, A. M. (2001). Plan De Ordenamiento Territorial. Diagnóstico De Áreas Fisiográficas Homogéneas.

⁶ Javeriana, I. G. (2000). Consultoría Colombiana S.A. Microzonificación sísmica preliminar de Tunja. Bogotá.

⁷ Rincón, M. (2009). Procesos De Transformación Urbana. El Caso De Tunja 1900- 2005. Perspectiva Geográfica, 13-44.

construido en la ciudad cerca de 40 proyectos que representan alrededor de 4800 unidades de vivienda⁸.

Los componentes fundamentales dentro del desarrollo urbano; hacen referencia a la oferta de espacios públicos, zonas verdes y áreas de recreación. En este sentido, según Parra⁹ la capital boyacense no ofrece una cantidad ni calidad adecuada de estas áreas.

El estudio realizado para el año 2010, demuestra que las zonas verdes por habitante llega apenas a los 1.34 m², muy por debajo del mínimo internacional que se maneja en la actualidad (10 a 14 m² por persona).

Según Méndez¹⁰, los sistemas de regulación y control comprenden aspectos como; intersecciones, señalización, cruces peatonales, estacionamientos, sentidos viales y corredores, factores administrativos y de control tecnologías para regulación controles y operativos a usuarios vulnerables, vigilancia de velocidad y alcoholemia planes de manejo del tránsito por eventos y obras terminales satélites.

Los elementos del tránsito son cinco, usuarios (peatones y conductores), vehículos, infraestructura vial, sistema de regulación - control, y entorno o ambiente. La importancia del medio radica directamente en el comportamiento del usuario; es evidente que cuando no se hace una adecuada intervención, por ejemplo, falta de señalización, los usuarios tienden a desobedecer más las normas de conducta en el tráfico.

A través de la evolución que ha tenido Tunja y del sistema de transporte se ha generado un proceso atrasado de entrecruzamiento y de mutua influencia. De la misma manera, ha estado en constante estudio de esas interrelaciones y se ha limitado a un análisis de causalidad, que hoy por hoy está siendo superado y se ha pasado a considerar que tanto la ciudad y así mismo, el transporte son continuamente uno producto del otro; donde se explicitan las características temporales, espaciales y sociales de dicha relación en un esfuerzo por entender el cómo y porqué los ciudadanos se mueven en ese espacio vital¹¹.

⁸ Gidpot. (2012). Caracterización De La Movilidad. Tunja. Tunja: Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Tunja.

⁹ Parra, E. (2010). Estudio De Zonas Verdes En Tunja. (E. D. Caldas., Ed.) Tunja: Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia.

¹⁰ Méndez, D. (2009, abril). Maestría En Vías Terrestres. Retrieved From Curso: Ingeniería De Transito: <https://Sjnavarro.Files.Wordpress.Com/2008/08/Elementos-Del-Transito.Pdf>

¹¹ Guasch, M. (2002). Ciudad Y Transporte El Binomio Imperfecto. Barcelona: Ariel Geografía.

De acuerdo con la base de datos de accidentalidad de la ciudad de Tunja¹² los lugares de mayor ocurrencia de víctimas fatales se presentan en sectores claramente diferenciados; avenida oriental en zonas específicas como los hongos, las inmediaciones del terminal de transportes, la zona del barrio Maldonado colindante con esa vía; así mismo, sobre la avenida norte (continuidad de la anterior) los sectores de “la Glorieta”, el sector de “Olímpica” y los barrios los muiscas y el Carmen, se exhiben víctimas entre 2006 y 2009.

Se realiza una encuesta para determinar el parque total automotor en Tunja, los autos y motocicletas de uso personal representan más del 80% de los vehículos de la ciudad. Según el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT), hay en Tunja 126 automóviles y 45 motos por cada 1000 habitantes. El número de vehículos de transporte colectivo representa el 3% del total automotor e incluye a los del TPCU, escolares y vehículos del servicio especial¹³.

En relación con los datos sobre motorización arrojados por la Encuesta Origen Destino (EOD)¹⁴, en la que se averiguó por la presencia de automóviles en el hogar, se estableció que aunque hay un auge de motocicletas en el país, en la ciudad aún no tienen un mercado significativo, pero se destaca que la tasa cambió de menos de 0,02 motos por vivienda según el censo del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) del año 2005 a cerca de 0,09 por vivienda en la actualidad, que representan un incremento de alrededor de 400% en un lapso de apenas siete años. Esta cifra equivale a 4173 motos, inferior a la señalada por el Runt de 7810 vehículos de ese tipo¹⁵.

¹² Inmlcf. (2012). Base De Datos Sobre La Accidentalidad En La Ciudad De Tunja. Bogotá: Instituto Nacional De Medicina Legal Y Ciencias Forenses Grupo De Referencia Nacional Sobre Violencia.

¹³ Bogotá, S. D. (2012). Informe De Indicadores. Encuesta De Movilidad De Bogotá 2011. Bogotá: Sdg Y Centro Nacional De Consultoría.

¹⁴ Tunja, A. M. (2001). Plan De Ordenamiento Territorial. Diagnóstico De Áreas Fisiográficas Homogéneas.

¹⁵ Dane. (2010). Censo General 2005. Bogotá: Departamento Nacional De Estadística.

3. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

La ciudad de Tunja se encuentra ubicada sobre la cordillera oriental, en la zona central del departamento de Boyacá, localizado a 05°32'7'' de latitud norte y 73°22'04'' de longitud oeste, con alturas que van desde los 2.700 m.s.n.m. hasta 3.150 m.s.n.m. en la parte más elevada, con una extensión de 121.4 km², y una temperatura de 13°C. Tunja es agrícola, cultural y comercial¹⁶.

Ilustración 1. Localización del municipio de Tunja en Colombia.

Localización del Municipio de Tunja en el País



Recuperado: <http://www.Tunja-Boyaca.Gov.Co/Municipio/Geografia>

¹⁶ Tunja, A. M. (2020). Nuestro Municipio. Retrieved 10 05, 2020, From <http://www.Tunja-Boyaca.Gov.Co/Municipio/Nuestro-Municipio>

3.1. LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE TUNJA EN EL PAÍS

Tunja es la capital del departamento de Boyacá - Colombia, ubicado dentro de la provincia centro, sobre la cordillera oriental de los Andes a 130 km al noreste de la ciudad de Bogotá.

Ilustración 2. Localización del municipio de Tunja en Boyacá



Recuperado: <http://www.Tunja-Boyaca.Gov.Co/Municipio/Geografia>

3.2. UBICACIÓN CARRERA 16 ENTRES CALLES 25 Y 29

La carrera 16 entre calles 25 y 29 atraviesa los barrios, el Carmen y 20 de Julio, con una extensión de 500 metros; esta zona de la ciudad se caracteriza actualmente por albergar grandes bodegas con suministros para construcción, carpintería, y ornamentación. De igual manera, por sus altas pendientes que llegan a alcanzar valores de (12%) hasta (22%)¹⁷.

¹⁷ Javeriana, I. G. (2000). Consultoría Colombiana S.A. Microzonificación Sísmica Preliminar De Tunja. Bogotá.

Ilustración 3. Ubicación carrera 16 entre calles 25 y 29 en la ciudad de Tunja



Fuente: Ptv Vissim

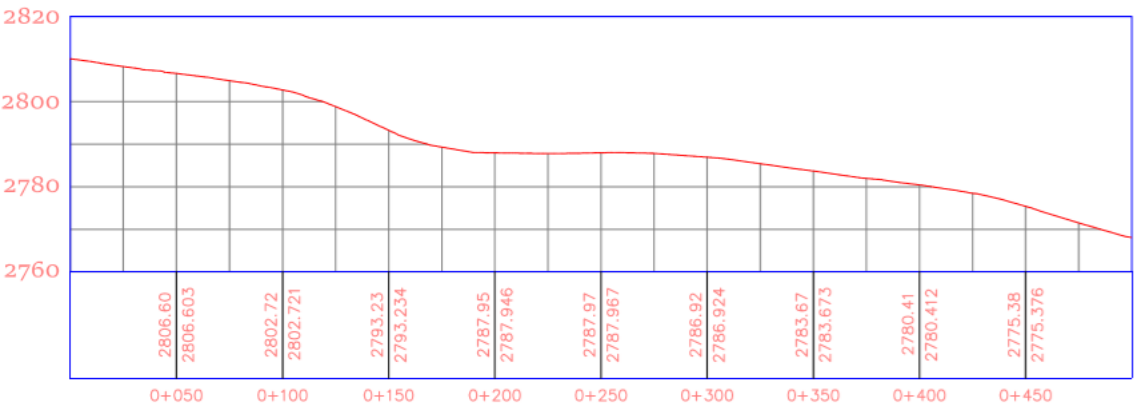
Con el software PTV VISSIM 2020 se desarrolló la simulación del tránsito. con los datos obtenidos en los aforos realizados, se obtuvo información en porcentajes del volumen de cada tipo de vehículo, el cual fue suministrado en el programa, mostrando los conflictos generados a causa de automóviles estacionados en la vía.

Adicionalmente se elaboró una guía manual, describiendo las funcionalidades principales del PTV VISSIM 2020 y el paso a paso resolviendo un ejercicio de mayor complejidad, con el fin de aportar en nuevos estudios de movilidad.

Se realizó un levantamiento topográfico arrojando el nivel más bajo 2768.05 msnm y cota más alta 2810.12 msnm; una diferencia de alturas de 42.07 m. El perfil que se muestra a continuación se aprecia K0+000 como punto inicial en la calle 25 y K0+500 como punto final en la calle 29 demostrando a simple vista la pendiente existente en el tramo de estudio.

UBICACIÓN	COTA (msnm)
K0+000	2768.05
K0+500	2810.12

Ilustración 4. Perfil levantamiento topográfico



Fuente: Autores

4. ESTUDIO DE TRANSITO

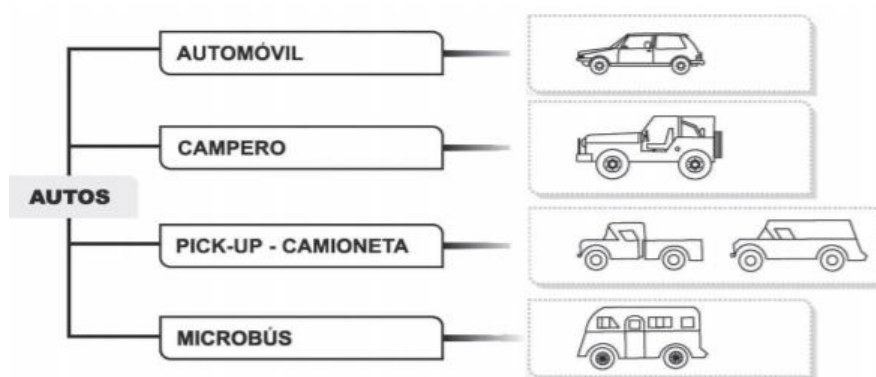
De acuerdo al manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte; la determinación de los volúmenes vehiculares, forma parte de la información básica a tener en cuenta en el estudio y análisis de las condiciones del tránsito en corredores viales urbanos. Por esta razón, su cuantificación constituye una de las principales medidas en cualquier estudio de tránsito y transporte¹⁸.

La información de campo se registra en periodos de 15 minutos, clasificándolos de acuerdo con el tipo de movimiento y la clase de vehículo (auto, bus, moto, camión) a medida que van fluyendo por el punto de referencia. Como el flujo de “camiones” es bajo se clasifican según su número de ejes C2, C3, C4, C5 respectivamente.

4.1. CATEGORÍA DE VEHÍCULOS

Las siguientes ilustraciones contienen la clasificación utilizada en la elaboración de los aforos. Los cuales se clasifican en autos, buses, motos y camiones especificados según su número de ejes.

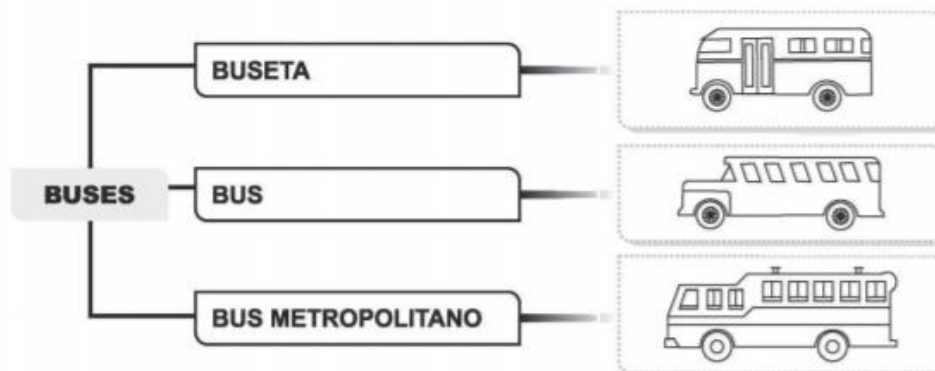
Ilustración 5. Categoría autos



Fuente: Instituto Nacional Vías

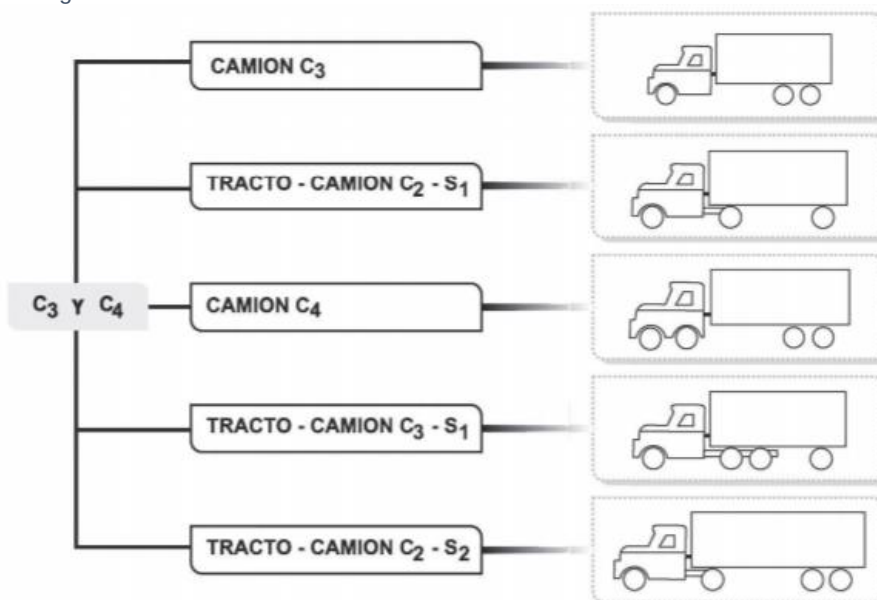
¹⁸ Triana, W. F. (2005). Manual De Planeación Y diseño Para La administración Del Tránsito Y El Transporte (Vol. Tomo Ii). Bogotá: Alcaldía Mayor De Bogotá.

Ilustración 6. Categoría buses



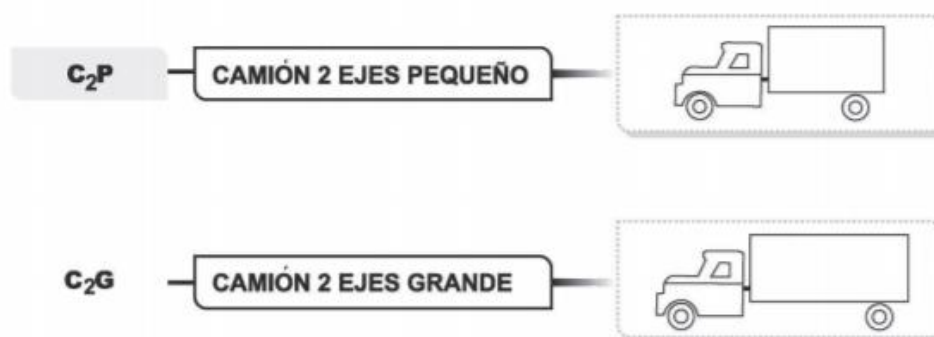
Fuente: Instituto Nacional Vías

Ilustración 7. Categoría camión



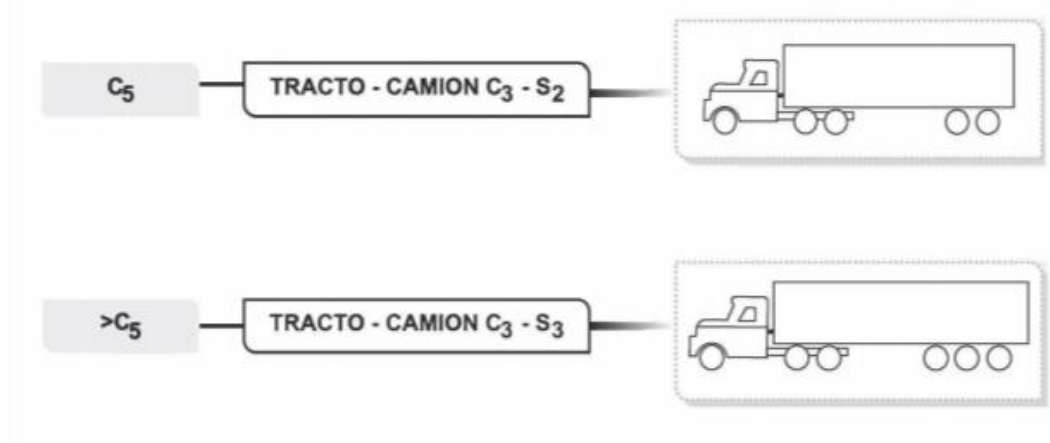
Fuente: Instituto Nacional Vías

Ilustración 8. Categoría camión



Fuente: Instituto Nacional Vías

Ilustración 9. Categoría camión



Fuente: Instituto Nacional V

RECOPIACIÓN DE DATOS VER ANEXO A

4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.2.1. Determinación volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se puede presentar a lo largo de un día en particular¹⁹.

Se representa como: (VHMD).

Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que conserve la misma frecuencia de flujo durante toda la hora²⁰. Esto representa que existen periodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo mayores a las de la misma hora.

Para la hora de máxima demanda, se llama factor de la hora de máxima demanda (FHMD), a la relación entre el volumen horario de máxima demanda (VHMD), y el volumen máximo $q_{\max}$ que se presenta durante un periodo dado dentro de dicha hora, matemáticamente se expresa como:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(Q_{\max})}$$

Dónde: N = número de periodos durante la hora

¹⁹ Triana, W. F. (2005). Manual De Planeación Y diseño Para La administración Del Tránsito Y El Transporte (Vol. Tomo Ii). Bogotá: Alcaldía Mayor De Bogotá.

²⁰ Cal Y Mayor, R., & Cárdenas G., J. (2007). Ingeniería De Transito Fundamentos Y Aplicaciones. México: Alfaomega.

4.2.2. Determinación hora pico día 1

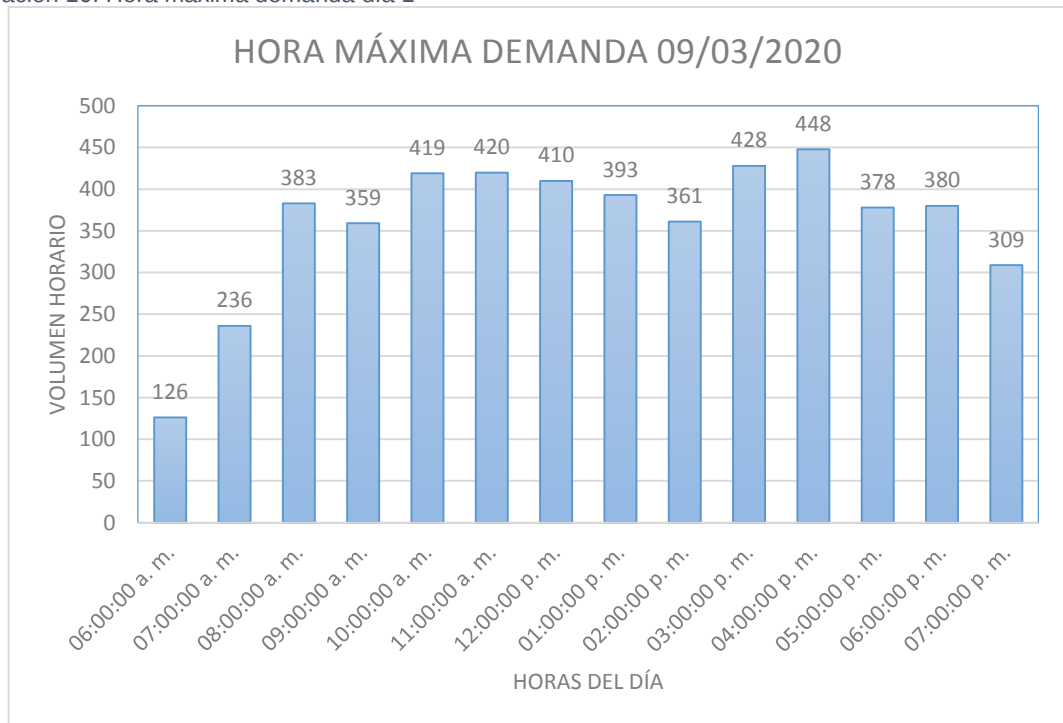
Tabla 1. Datos por hora flujo ambos sentidos día 1

9/03/2020				
HORA		MANIOBRA N-S	MANIOBRA S-N	AMBOS SENTIDOS
06:00:00 a. m.	07:00:00 a. m.	53	73	126
07:00:00 a. m.	08:00:00 a. m.	93	143	236
08:00:00 a. m.	09:00:00 a. m.	199	184	383
09:00:00 a. m.	10:00:00 a. m.	189	170	359
10:00:00 a. m.	11:00:00 a. m.	216	203	419
11:00:00 a. m.	12:00:00 p. m.	186	234	420
12:00:00 p. m.	01:00:00 p. m.	200	210	410
01:00:00 p. m.	02:00:00 p. m.	158	235	393
02:00:00 p. m.	03:00:00 p. m.	180	181	361
03:00:00 p. m.	04:00:00 p. m.	210	218	428
04:00:00 p. m.	05:00:00 p. m.	191	257	448
05:00:00 p. m.	06:00:00 p. m.	169	209	378
06:00:00 p. m.	07:00:00 p. m.	163	217	380
07:00:00 p. m.	08:00:00 p. m.	121	188	309

Fuente: Autores

Para el día uno la hora con máxima demanda corresponde entre las 4:00 p.m. y las 5 p.m. con un aforo de 448 vehículos.

Ilustración 10. Hora máxima demanda día 1

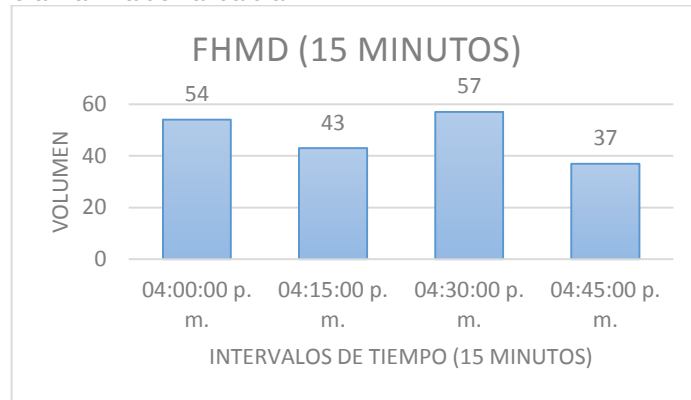


Fuente: Autores

El factor de la hora de máxima demanda (FHMD) corresponde a 2.04

FHMD ₁₅	2.04
--------------------	------

Ilustración 11. Factor hora máxima demanda día 1



Fuente: Autores

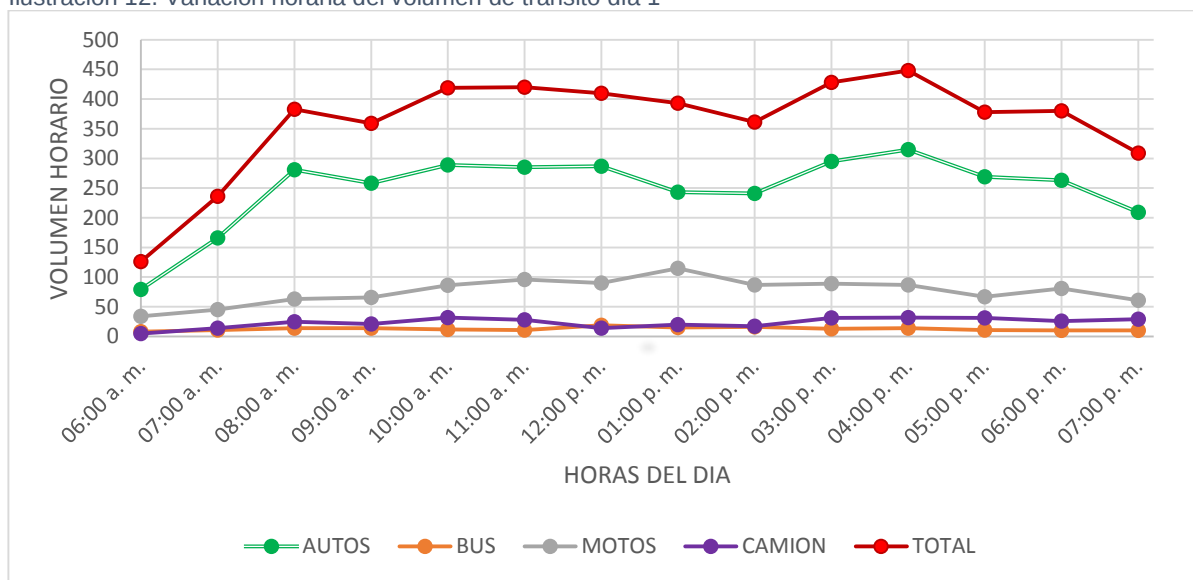
La siguiente tabla y grafica muestran la variación típica del volumen de tránsito en ambos sentidos.

Tabla 2. Variación horaria del volumen de tránsito día 1

HORA		AUTO	BUSES	MOTOS	CAMIÓN	TOTAL
06:00:00 a. m.	07:00:00 a. m.	79	8	34	5	126
07:00:00 a. m.	08:00:00 a. m.	166	11	45	14	236
08:00:00 a. m.	09:00:00 a. m.	281	14	63	25	383
09:00:00 a. m.	10:00:00 a. m.	258	14	66	21	359
10:00:00 a. m.	11:00:00 a. m.	289	12	86	32	419
11:00:00 a. m.	12:00:00 p. m.	285	11	96	28	420
12:00:00 p. m.	01:00:00 p. m.	287	19	90	14	410
01:00:00 p. m.	02:00:00 p. m.	243	15	115	20	393
02:00:00 p. m.	03:00:00 p. m.	241	16	87	17	361
03:00:00 p. m.	04:00:00 p. m.	295	13	89	31	428
04:00:00 p. m.	05:00:00 p. m.	315	14	87	32	448
05:00:00 p. m.	06:00:00 p. m.	269	11	67	31	378
06:00:00 p. m.	07:00:00 p. m.	263	10	81	26	380
07:00:00 p. m.	08:00:00 p. m.	209	10	61	29	309

Fuente: Autores

Ilustración 12. Variación horaria del volumen de tránsito día 1



Fuente: Autores

4.2.3. Determinación hora pico día 2

Tabla 3. Datos por hora flujo ambos sentidos día 2

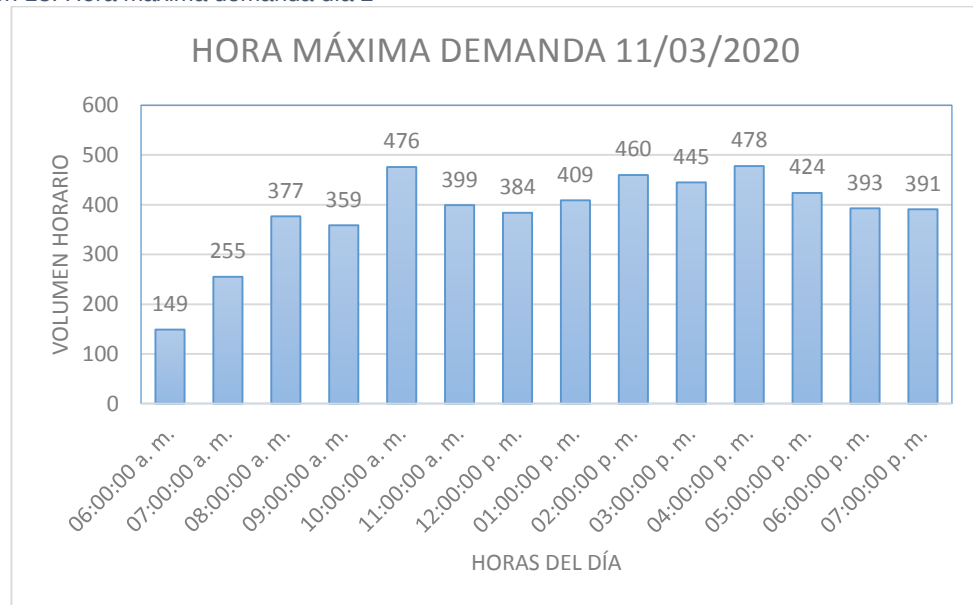
11/03/2020				
HORA		MANIOBRA N-S	MANIOBRA S-N	AMBOS SENTIDOS
06:00:00 a. m.	07:00:00 a. m.	82	67	149
07:00:00 a. m.	08:00:00 a. m.	110	145	255
08:00:00 a. m.	09:00:00 a. m.	193	184	377
09:00:00 a. m.	10:00:00 a. m.	193	166	359
10:00:00 a. m.	11:00:00 a. m.	227	249	476
11:00:00 a. m.	12:00:00 p. m.	177	222	399
12:00:00 p. m.	01:00:00 p. m.	166	218	384
01:00:00 p. m.	02:00:00 p. m.	165	244	409
02:00:00 p. m.	03:00:00 p. m.	246	214	460
03:00:00 p. m.	04:00:00 p. m.	232	213	445
04:00:00 p. m.	05:00:00 p. m.	243	235	478
05:00:00 p. m.	06:00:00 p. m.	208	216	424
06:00:00 p. m.	07:00:00 p. m.	180	213	393
07:00:00 p. m.	08:00:00 p. m.	147	244	391

Fuente: Autores

Para el dos uno la hora con máxima demanda corresponde entre las 4:00 p.m. y las 5 p.m. con un aforo de 478 vehículos.

04:00:00 p. m.	05:00:00 p. m.	VHMD	478
----------------	----------------	------	-----

Ilustración 13. Hora máxima demanda día 2

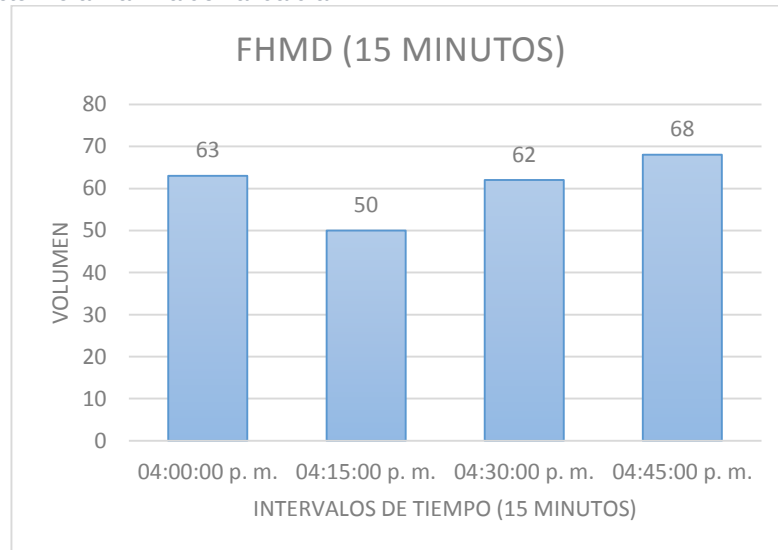


Fuente: Autores

El factor de la hora de máxima demanda (FHMD) corresponde a 1.76

FHMD ₁₅	1.76
--------------------	------

Ilustración 14. Factor hora máxima demanda día 2



Fuente: Autores

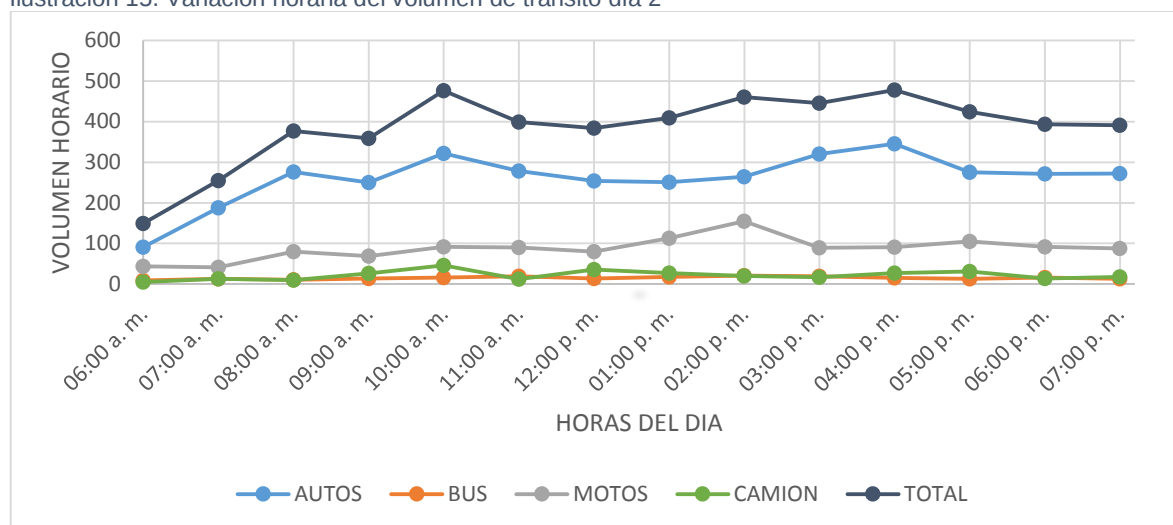
La siguiente tabla y grafica muestran la variación típica del volumen de tránsito en ambos sentidos.

Tabla 4. Variación horaria del volumen de tránsito día 2

HORA		AUTO	BUSES	MOTOS	CAMIÓN	TOTAL
06:00:00 a. m.	07:00:00 a. m.	91	9	44	5	149
07:00:00 a. m.	08:00:00 a. m.	188	13	41	13	255
08:00:00 a. m.	09:00:00 a. m.	276	11	80	10	377
09:00:00 a. m.	10:00:00 a. m.	250	14	69	26	359
10:00:00 a. m.	11:00:00 a. m.	322	16	92	46	476
11:00:00 a. m.	12:00:00 p. m.	278	19	90	12	399
12:00:00 p. m.	01:00:00 p. m.	254	14	80	36	384
01:00:00 p. m.	02:00:00 p. m.	251	18	113	27	409
02:00:00 p. m.	03:00:00 p. m.	264	21	155	20	460
03:00:00 p. m.	04:00:00 p. m.	320	19	89	17	445
04:00:00 p. m.	05:00:00 p. m.	345	15	91	27	478
05:00:00 p. m.	06:00:00 p. m.	275	13	105	31	424
06:00:00 p. m.	07:00:00 p. m.	271	16	92	14	393
07:00:00 p. m.	08:00:00 p. m.	272	13	88	18	391

Fuente: Autores

Ilustración 15. Variación horaria del volumen de tránsito día 2

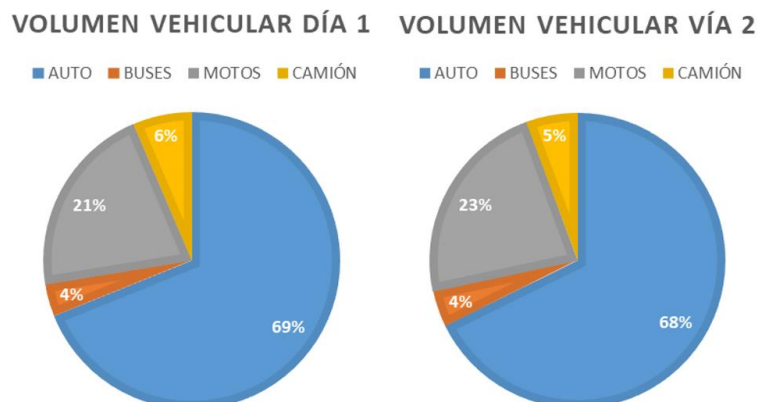


Fuente: Autores

4.2.4. Conclusiones

El análisis da como resultado que el rango de tiempo con mayor volumen de demanda vehicular (hora pico) en el día 1 y día 2 corresponde entre las 4:00 p.m. y las 5 p.m. siendo la hora que presenta aumento en el flujo, en su mayoría automoviles.

Ilustración 16. Comparación día 1 día 2 por tipo de vehículo



Fuente: Autores

El número de camiones se ve disminuido en el día; en las visitas a campo se encontró que unas de las bodegas tienen entradas traseras por vías alternas, donde se evidencian camiones pequeños C2 o C3, dado que no son rutas con el área requerida para que un camión C5 ingrese.

En los aforos realizados entre 6:00 a.m. a 8:00 p.m. los camiones C5 que transitan, son los que se encontraban en tarea de descarga; preguntas a la comunidad demostró, que los camiones llegan y descargan mercancía en altas horas de la noche y madrugada, para evitar embotellamientos en el día; sin embargo, no todas las tareas de descarga pueden desarrollarse en esos rangos de tiempo, razón por la cual algunos C5 permanecen estacionados en la vía hasta horas del mediodía o tarde, generando obstáculos en el flujo vehicular.

Los automóviles de compradores, visitantes y camionetas de carga son en mayoría los vehículos que generan congestión en el día, con tiempos de estacionamiento de 30 a 45 minutos en andenes y sobre la vía.

5. SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL DEL TRAMO

TIPO DE SEÑAL	CANTIDAD	FOTOGAFÍA	DESCRIPCIÓN
Señal reglamentaria	1		Prohibido el paso de vehículos pesados en una zona.
Señal preventiva	3		Indica la reducción de velocidad.
Señal reglamentaria	2		Se utiliza en zonas donde está prohibido estacionarse.
Reductor de velocidad	1		Aparece un reductor de velocidad en malas condiciones a la entrada de ese sector comercial sentido N-S.

Señal preventiva	1		Advierte un camino en descenso en el cuál habrá que frenar constantemente.
Señal preventiva	1		Indica un camino con constante paso peatonal o cruce peatonal en específico.

Se evidenció en el tramo de estudio la falta de señalización para los peatones, ya que esta zona es muy transitada y una parte de andenes en horas de cargue o descargue de material quedan inhabilitados.

Además, aparecen señalizaciones de reductores de velocidad en puntos donde actualmente no existen. Según la comunidad vecina en algún tiempo estuvieron, pero con las carreras ciclistas realizadas se tuvieron que remover y nunca fueron reemplazados.

6. INSPECCIÓN VISUAL Y ANÁLISIS DE DATOS EN PAVIMENTO

FLEXIBLE

Basado en la norma del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) (manual para la inspección visual de pavimentos flexibles²¹; se llevó a cabo el levantamiento de patologías de la carrera 16 entre calles 25 a 27. Se realizó un estudio detallado del estado actual en la vía analizando tipo de daño, medida, severidad y la ubicación.

Durante la inspección se observó un alto deterioro presente en la vía y la considerable cantidad de flujo vehicular que transita; además, en dialogo con la comunidad del sector aseguran que hace aproximadamente 25 años se inició la pavimentación de esta vía, inicialmente era una infraestructura de pavimento rígido; 5 a 10 años después se añadió una capa de asfalto sobre las placas ya existente, con un espesor aproximado de 5cm, desde entonces es considerado pavimento flexible.

²¹ Invías, G. T. (2006). Manual Para La Inspección Visual De Pavimentos Flexibles. Universidad Nacional Colombia. Bogotá: Instituto Nacional Vías (Invias).

6.1. TIPOS DE DAÑOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

6.1.1. Fisuras longitudinales y transversales (FL, FT)	
Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicios de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado. Causas: rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad. Nivel de severidad: baja: abertura menor a 1 mm. Media: abertura entre 1 mm y 3 mm. Alta: abertura mayor a 3 mm Medición: metros VER ANEXO D	Fotografía 1. Fisura Longitudinal y Transversales 
6.1.2. Fisuras en juntas de construcción (FCL, FCT)	
Son fisuras longitudinales generadas por la mala ejecución de las juntas de construcción de la carpeta asfáltica. Causas: -carencia de ligante en las paredes de la junta o unión entre materiales de diferente rigidez. Nivel de severidad: baja: abertura menor a 1 mm. Media: abertura entre 1 mm y 3 mm. Alta: abertura mayor a 3 mm. Medición: metros VER ANEXO E	Fotografía 2. Fisura en Junta de Construcción 

6.1.3. Fisuras en bloque (FB) Se presenta cuando la superficie del asfalto es dividida en bloques en forma regularmente rectangular. Causas: -aparece por la contracción del concreto asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día. Nivel de severidad: baja: abertura menor a 1 mm. Media: abertura entre 1 mm y 3 mm. Alta: abertura mayor a 3 mm. Medición: metros cuadrados. VER ANEXO F	Fotografía 3. Fisura en Bloque 
6.1.4. Piel de cocodrilo (PC) Son fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente en zonas que están sujetas a constante carga. Causas: -espesor de estructura insuficiente. -deformaciones de la subrasante. -compactación deficiente de las capas. Nivel de severidad: baja: fisuras longitudinales igual a 3 mm de abertura. Media: patrón de polígonos pequeños (1 mm a 3 mm). Alta: abertura mayor a 3 mm con desgaste o desportillamiento de bordes. Medición: metros cuadrados. VER ANEXO G	Fotografía 4. Piel de Cocodrilo 

6.1.5. Hundimiento (HUN)	
Son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos localizados en el pavimento respecto al nivel de la rasante. Causas: -asentamiento de la subrasante. -deficiencia en la construcción. -circulación de tránsito muy pesado. Nivel de severidad: baja: abertura menor a 1 mm. Media: abertura entre 1 mm y 3 mm. Alta: abertura mayor a 3 mm. Medición: metros cuadrados. VER ANEXO H	Fotografía 5. Hundimiento 
6.1.6. Pérdida de agregado (PA)	
Es la desintegración superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, creando una superficie más rugosa y exponiendo los materiales a la acción del tránsito. Causas: no adherencia entre agregado y asfalto. -lluvia durante la construcción. -contaminación de la capa con aceite, gasolina. Nivel de severidad: baja: huecos mayor a 0.15 m. Media: huecos entre 0.05 m y 0.15 m. Alta: huecos menores a 0.05 m. Medición: metros cuadrados. VER ANEXO I	Fotografía 6. Pérdida de Agregado 

6.1.7. Pulimiento del agregado (PU)

Se genera por la presencia de agregados con caras planas en la superficie, cuando el agregado se vuelve suave al tacto, la adherencia de las llantas se reduce considerablemente.

Causas: baja resistencia o susceptibilidad de algunos agregados al pulimiento.

Nivel de severidad: no tiene.

Medición: metros cuadrados.

VER ANEXO J

Fotografía 7. Pulimiento del Agregado



6.1.8. Baches (BCH)

Se genera por desintegración de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares y esto genera el aumento de área afectada.

Causas: -retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducciones de esfuerzos.

Nivel de severidad:

baja: profundidad menor o igual a 25 mm.

Media: profundidad entre 25 mm y 25 mm.

Alta: profundidad mayor a 50 mm.

Medición: metros cuadrados.

VER ANEXO K

Fotografía 8. Baches



6.1.9. Parches (PCH)

Áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente, puede ser para reparar la estructura o para la reparación de una red de servicios públicos.

Causas: -procesos constructivos truncados.
-propagación de daños existentes.

Nivel de severidad:

baja: buena condición.

Media: severidad baja o media.

Alta: gravemente deteriorado.

Medición: metros cuadrados.

VER ANEXO L

Fotografía 9. Parches

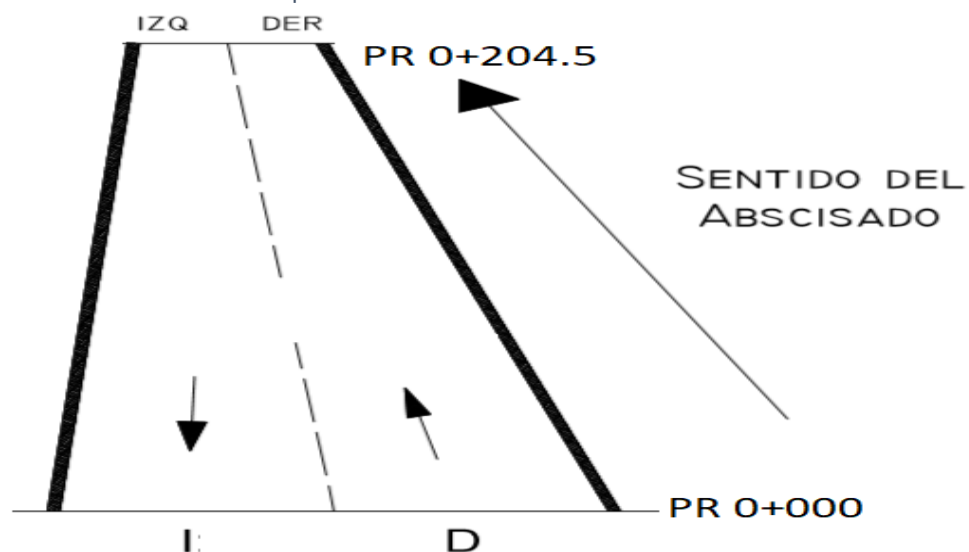


6.2. RECOPIACIÓN DE DATOS

RECOPIACIÓN DE DATOS (VER ANEXO B)

6.2.1. Detalles del registro de la geometría de la vía

Ilustración 17. Geometría de la vía pavimento flexible



Fuente: Autores

6.3.1. Hoja de cálculo para el procesamiento y análisis de los datos

Tabla 6. Daños en el pavimento flexible

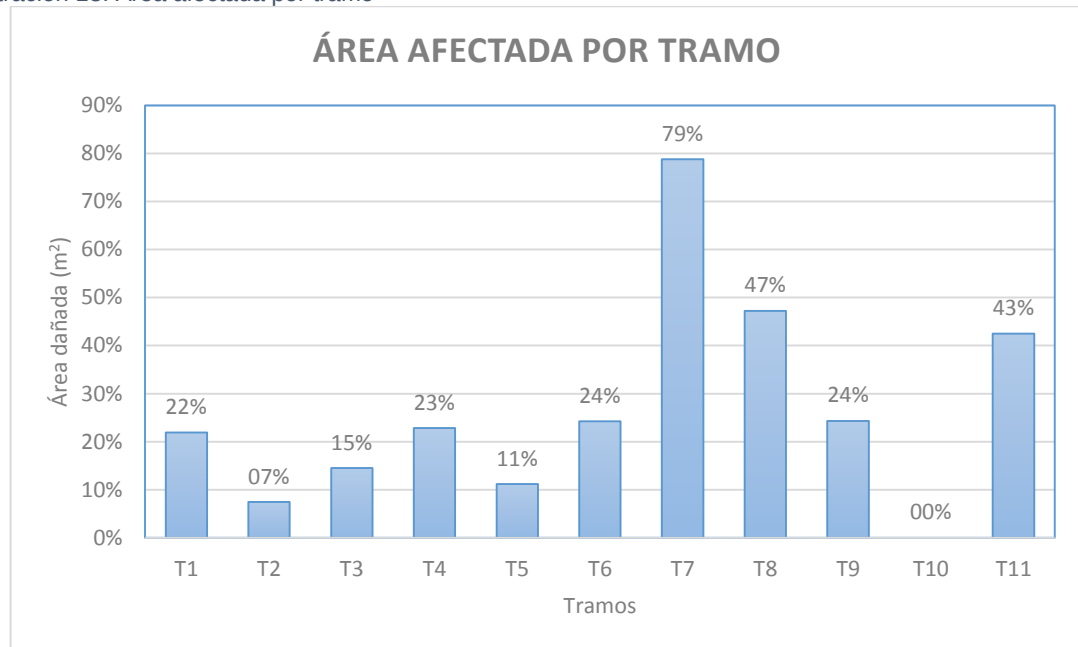
[illegible]

Fuente: Autores.

A partir de los datos procesados se realizan gráficas para plasmar los resultados e interpretarlos de una manera más clara.

6.3.2. Área afectada por tramos

Ilustración 18. Área afectada por tramo

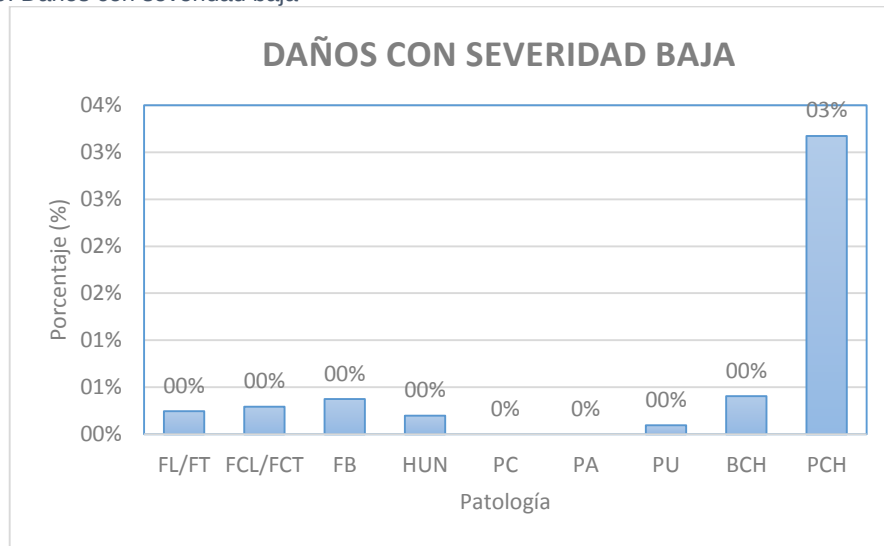


Fuente: Autores.

En este caso el tramo 7 resulta ser el más afectado, corresponde a PR 0+120 hasta PR 0+140, en el sector se encuentran fallas longitudinales (3.12 m²), fisuras en bloque (70.97 m²), hundimientos (5.2 m²), pérdida de agregado (0.75 m²), baches o huecos de severidad baja (0.48 m²), severidad media (0.72 m²), severidad alta (0.02 m²), parcheo de severidad baja (19 m²), severidad media (8.5 m²), severidad alta (1.5 m²) para un total de (110.27 m²) en el total de tramo.

Por lo anterior se determina una afectación de 78.8% respecto al área del tramo en estudio de (20 m) correspondiente a (140 m²).

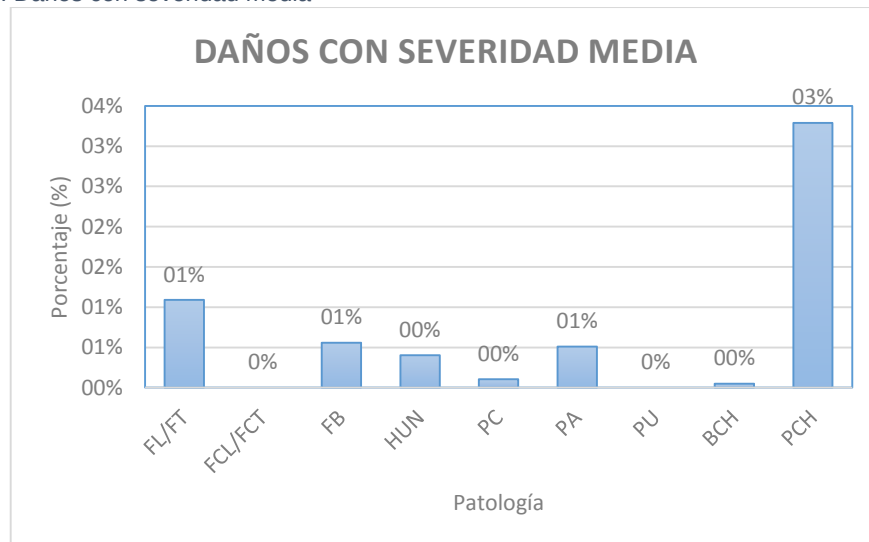
Ilustración 19. Daños con severidad baja



Fuente: Autores.

A lo largo de todos los tramos correspondientes a PR 0+000 hasta PR 0+204.5 los daños más comunes de severidad bajo son (PCH) parches con altura menor a (10mm) con un área de (45.5 m²), el parcheo es producto de múltiples reparaciones, por la aparición de pequeños baches.

Ilustración 20. Daños con severidad media

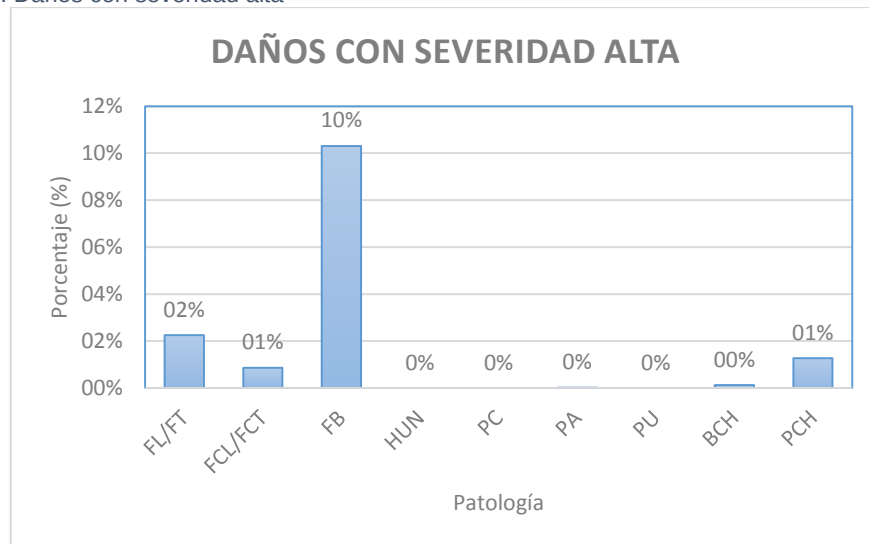


Fuente: Autores.

A lo largo de todos los tramos correspondientes a PR 0+000 hasta PR 0+204.5 el daño más común de severidad media son los (PCH) parches con altura entre (10 y 20mm) y un área total de (47.1 m²); puesto que en la vía se evidencia las continuas

reparaciones realizadas a las redes de abastecimiento de agua potable, de la misma manera el mantenimiento del alcantarillado, el cual presenta múltiples daños. Actualmente se encuentran fisuras de gran tamaño con afloramiento de aguas residuales con demarcaciones para corte, reparación y parcheo. Igualmente, se encuentra parcheo por reparaciones a baches, huecos y reparaciones en general.

Ilustración 21. Daños con severidad alta



Fuente: Autores.

PR 0+000 hasta PR 0+204.5 el daño más común de severidad alta corresponde a (FB) fisuras en bloque, con un área (147.6 m²) conformado por bloques bien definidos por fisuras >3mm que presentan alto desgaste.

7. INSPECCIÓN VISUAL Y ANÁLISIS DE DATOS EN PAVIMENTO RIGIDO

Basado en la norma del Instituto Nacional De vías (INVIAS) (manual para la inspección visual de pavimentos rígidos)²³ se llevó a cabo el levantamiento de patologías de la carrera 16 entre calles 27 a 29. Se realizó un estudio detallado del estado actual en la vía analizando tipo de daño, medida, severidad y ubicación.

Este sistema de pavimento utiliza placas de concreto, sin refuerzo, reforzadas o parcialmente reforzadas generalmente son construidas en intervalos de 3 a 6m en losas simples, de 7 a 15m en losas reforzadas, con el fin de controlar la fisuración,; dependiendo del diseño, estas se pueden unir mediante dovelas o barras de transferencia colocadas en las juntas transversales y barras de anclaje en las juntas longitudinales.

7.1. TIPOS DE DAÑOS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

7.1.1. Grietas de esquina (GE)	
Se genera un bloque en forma triangular en las esquinas de la losa; se presenta al interceptar las juntas longitudinales con un ángulo mayor a 45°. Causas: -asentamiento de la base- -sobrecarga en las esquinas. Nivel de severidad: baja: abertura menor a 3 mm. Media: abertura entre 3 mm y 10 mm. Alta: abertura mayor a 10 mm. Medición: metros. VER ANEXO M	Fotografía 10. Grieta de Esquina 

²³ Invías, G. T. (2006). Manual Para La Inspección Visual De Pavimentos Rígidos. Bogotá: Instituto Nacional Vías (Invías).

7.1.2. Grietas Longitudinales (GI)	
Grietas predominantemente paralelas desde una junta transversal hasta el borde de la losa. Causas: -falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base. -losa ancho excesivo. Mal posicionamiento de las dovelas o barras de anclaje. Nivel de severidad: baja: abertura menor a 3 mm. Media: abertura entre 3 mm y 10 mm. Alta: abertura mayor a 10 mm. Medición: metros. VER ANEXO N	Fotografía 11. Fisura Longitudinal 
7.1.3. Grietas Transversales (GT)	
Grietas que se presentan perpendiculares al eje de circulación de la vía. Causas: -junta de contracción aserrada o formada tardíamente. Gradiente térmico que origina alabeos. Nivel de severidad: baja: abertura menor a 3 mm. Media: abertura entre 3 mm y 10 mm. Alta: abertura mayor a 10 mm. Medición: metros. VER ANEXO O	Fotografía 12. Grieta Transversal 

7.1.4. Grietas en pozos y sumideros (GA)

Son grietas que están relacionadas con la presencia del pozo o sumidero. Este tipo de deterioro se presenta en todos los tipos de pavimento rígido.

Causas: -variación en la distribución de esfuerzos, es una zona vulnerable a la aparición de grietas derivadas de la geometría irregular en la zona de la rasante del pozo.

Nivel de severidad:

baja: abertura menor a 3 mm.

Media: abertura entre 3 mm y 10 mm.

Alta: abertura mayor a 10 mm.

Medición: metros.

VER ANEXO P

Fotografía 13. Grieta en sumidero



7.1.5. Desportillamiento De Juntas (DPT, DPL)

Desintegración de las aristas de una junta con pérdida de trozos, puede afectar hasta 15 cm a los lados de la junta.

Causas: -debilitamiento de los bordes de la junta.

Mal procedimiento de corte de la junta.

Nivel de severidad:

baja: fracturamiento menor a 80 mm.

Media: fracturamiento menor a 80 mm a cada lado de la junta.

Alta: las fracturas se extienden a las de 80 mm a cada lado.

Medición: metros.

VER ANEXO Q

Fotografía 14. Desportillamiento de junta



7.1.6. Descascaramiento (DE) Es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad entre 5 a 15 mm, por desprendimientos de pequeños trozos de concreto. Causas: -exceso de acabado del concreto fresco colocado, produce la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte muy débil frente a la retracción. Nivel de severidad: baja: pequeños desprendimientos, muy superficiales. Media: peladuras generalizadas y forma una textura abierta. Alta: peladuras generalizadas y forma una textura rugosa sobre la superficie. Medición: metros cuadrados. VER ANEXO R	Fotografía 15. Descascaramiento 
7.1.7. Desintegración (DI) Pérdida constante del agregado grueso en la superficie debido a la progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida del material fino. Causas: -exceso de acabado del concreto fresco colocado, produce la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte muy débil frente a la retracción. Nivel de severidad: baja: profundidad menor a 5 mm. Media: profundidad entre 5 a 15 mm.. Alta: profundidad mayor a 15 mm. Medición: metros cuadrados. VER ANEXO	Fotografía 16. Desintegración 
7.1.8. Pulimiento (PU)	

Carencia o pérdida de la textura superficial necesaria para que exista una fricción adecuada entre el pavimento y los neumáticos. Causas: -tránsito que produce desgaste superficial de los agregados. -mezcla de concreto y agregados es de mala calidad. Nivel de severidad: baja: profundidad menor a 5 mm. Media: profundidad entre 5 a 15 mm.. Alta: profundidad mayor a 15 mm. Medición: no tiene. VER ANEXO S	Fotografía 17. Pulimiento 
7.1.9. Parches (PCHA – PCHC)	
Área del pavimento original que ha sido removido por un material similar, para reparar el pavimento existente o reparación de servicios públicos. Causas: -exceso de acabado del concreto fresco colocado, produce la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte muy débil frente a la retracción. Nivel de severidad: baja: buena condición. Media: daños de severidad baja o media en los bordes... Alta: gravemente deterioro. Medición: metros cuadrados. VER ANEXO T	Fotografía 18. Parche 
7.1.10. Hundimientos o Asentamientos (HU)	

Descenso de la superficie del pavimento en un área localizada, también puede presentar agrietamiento significativo debido a que se asientan las losas. Causas: -ocurre por asentamiento o consolidación de la subrasante. -deficiencias durante el proceso de construcción. Nivel de severidad: baja: profundidad menor a 20 mm. Media: profundidad entre 20 a 40 mm.. Alta: profundidad mayor a 40 mm. Medición: metros cuadrados. VER ANEXO U	Fotografía 19. Hundimiento 
7.1.11. Grietas en bloque o fracturación múltiple	
Aparecen por la unión de grietas longitudinales y transversales formando bloques a lo largo de la placa. Las grietas en y también corresponden a grietas en bloque. Causas: -constantes cargas pesadas, equivocado diseño estructural u soporte deficiente. -deficiencias durante el proceso de construcción. Nivel de severidad: baja: profundidad menor a 20 mm. Media: profundidad entre 20 a 40 mm.. Alta: profundidad mayor a 40 mm. Medición: siempre alta. VER ANEXO V	Fotografía 20. Grietas en Bloque 

7.2. REPORTE DE DAÑOS

De acuerdo con la información contenida en los formatos, se calcula el número de placas afectadas y luego se procede a agrupar los daños encontrados por tipo de deterioro, severidad y por tramos de 50m. De esta manera se determina los porcentajes de afectación general de toda la vía, con el fin de establecer las patologías más frecuentes, las zonas más afectados y el área total del daño.

(VER ANEXO C)

7.2.1. Hoja de cálculo para el procesamiento y análisis de los datos

Ilustración 22. Procesamiento y análisis de los datos

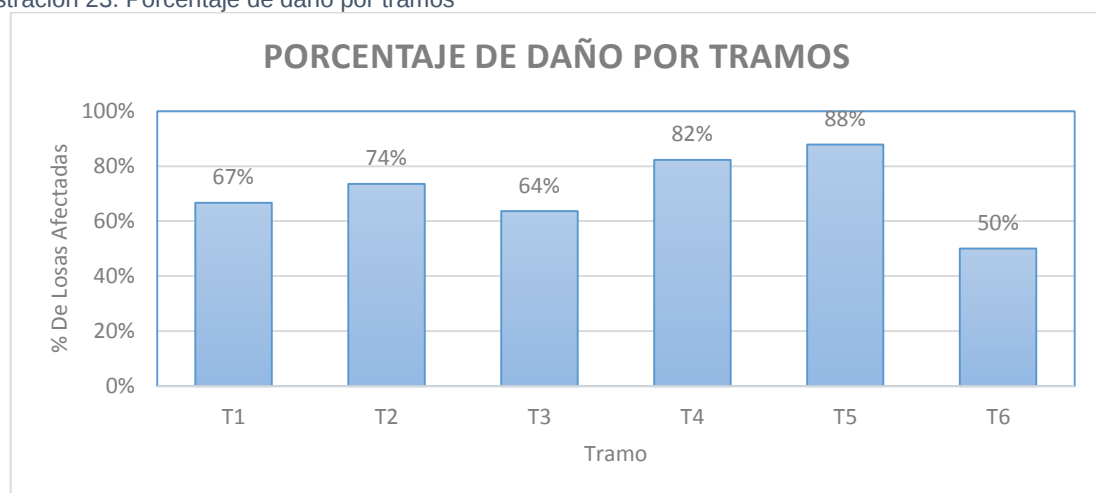
Ancho calzada		7	m				
TRAMO	PR INICIAL	PR FINAL	No. PLACAS CONTRUIDAS	TOTAL PLACAS AFECTADAS	ÁREA TOTAL POR TRAMO (m ²)	% RESPECTO AL TOTAL DE PLACAS CONSTRUIDAS	% RESPECTO AL TOTAL DE PLACAS CONSTRUIDAS EN EL TRAMO
T1	K 0 + 211.5	K 0 + 261.5	33	22	350	11.4%	66.7%
T2	K 0 + 261.5	K 0 + 311.5	34	25	350	13.0%	73.5%
T3	K 0 + 311.5	K 0 + 361.5	33	21	350	10.9%	63.6%
T4	K 0 + 361.5	K 0 + 411.5	34	28	350	14.5%	82.4%
T5	K 0 + 411.5	K 0 + 461.5	33	29	350	15.0%	87.9%
T6	K 0 + 461.5	K 0 + 500	26	13	269.5	6.7%	50.0%
TOTAL			193	138	2019.5	71.5%	

Fuente: Autores.

El tramo de 50 (m) número 5 es el que reporta mayor porcentaje de daños con un punto inicial K0+411.5 y finaliza en K0+461.5. Está conformado por un total de 53 placas de las cuales 29 de ellas presentan deterioros; el área total del tramo es de (350 m²) y el porcentaje de daño asciende a 87.9%.

Esta zona demuestra una zona crítica en el área de estudio. Encontrándose (PU) pulimiento, (DPL) desportillamiento, (PCHC) parches, (GB) grietas en bloque, (GL) grietas longitudinales, (GT) grietas transversales como las representativas del tramo.

Ilustración 23. Porcentaje de daño por tramos



Fuente: Autores.

Tabla 7. Patologías severidad baja

PATOLOGÍAS DE SEVERIDAD BAJA		
DETERIORO	ÁREA AFECTADA	% FRENTE AL TOTAL
PU	36	18.7%
PCHC	5	2.6%
HU	2	1.0%
GT	3	1.6%
GB	0	0.0%
GE	0	0.0%
GA	0	0.0%
DPT	2	1.0%
GL	6	3.1%
DPL	4	2.1%
PCHA	1	0.5%
TOTAL	59	30.6%

Fuente: Autores.

Analizando la información se encuentra que un 18.7% es decir 36 m² demuestran un estado de pulimiento fácilmente perceptible; este es ocasionado por el tiempo, grandes y constantes flujos vehiculares. De la misma manera se hace presente unas grietas longitudinales con un área de 4m² estas fallas presentan un a < 3mm por lo que se catalogan como bajas y no afectan en gran medida la vía.

Tabla 8. Patologías de severidad media

PATOLOGÍAS DE SEVERIDAD MEDIA		
DETERIORO	ÁREA AFECTADA	% FRENTE AL TOTAL
PU	40	20.7%
PCHC	83	43.0%
HU	0	0.0%
GT	9	4.7%
GB	0	0.0%
GE	0	0.0%
GA	1	0.5%
DPT	8	4.1%
GL	10	5.2%
DPL	5	2.6%
PCHA	0	0.0%
TOTAL	156	80.8%

Fuente: Autores.

Caracterizados por tener daños leves y medios superiores a los 5mm los (PCHC) parches son la patología de severidad media común presente en la zona de estudio, cuenta con un área de 83 m², de los cuales gran cantidad se deben a reparaciones en tuberías, conexiones de nuevas redes de agua potable y mantenimiento en general, algunos parches están hechos con asfalto, caso común en el pavimento rígido, puesto que el cemento asfáltico es el más convencional para materia de re parcheo.

Tabla 9. Patologías de severidad alta

PATOLOGÍAS DE SEVERIDAD ALTA		
DETERIORO	ÁREA AFECTADA	% FRENTE AL TOTAL
PU	4	2.1%
PCHC	5	2.6%
HU	0	0.0%
GT	8	4.1%
GB	17	8.8%
GE	4	2.1%
GA	2	1.0%
DPT	14	7.3%
GL	19	9.8%
DPL	13	6.7%
PCHA	0	0.0%
TOTAL	86	44.6%

Fuente: Autores.

Las patologías con mayor severidad encontradas en el levantamiento son las grietas longitudinales, las cuales presentan una amenaza activa; con una apertura superior a los 10mm, es probable que las cargas sigan aumentando las grietas de severidad baja y alta. Debido al fracturamiento, se distribuye la carga de manera no uniforme, dando oportunidad de generar una sobrecarga y posible ruptura en las losas colindantes.

Tabla 10. Cuadro resumen a las patologías encontradas

Tramo	Pr Inicial	Patología	Severidad	No. De Placas Afectadas
1	K 0 + 211.5	Pu	B	1
		Pu	M	2
		Pchc	M	14
		Pchc	A	3
		Hu	B	2
		Gt	A	1
		Gb	A	7
		Ge	A	2
		Ga	A	1
		Dpt	M	1
2	K 0 + 261.5	Gl	M	1
		Gl	A	6
		Dpt	A	7
		Dpl	A	6

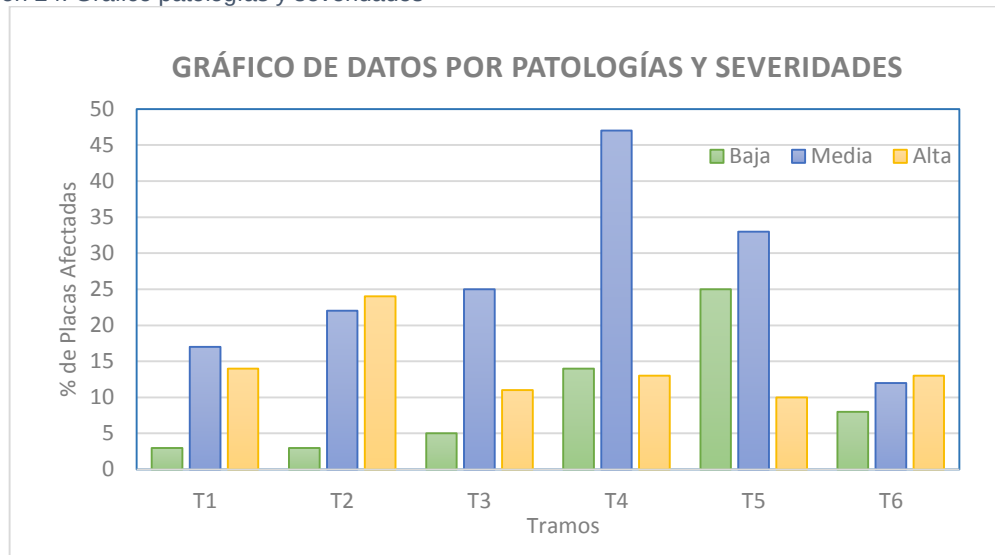
		Pchc	M	17
		Pchc	A	1
		Pu	B	3
		Pu	M	3
		Pu	A	2
		Gt	M	1
		Gt	A	2
3	K 0 + 311.5	Pchc	M	16
		Dpl	B	1
		Dpl	A	2
		Pu	B	3
		Pu	M	6
		Gb	A	3
		Gl	M	1
		Gl	A	3
		Gt	M	1
		Gt	A	1
		Pcha	B	1
		Dpt	M	1
		Dpt	A	2
4	K 0 + 361.5	Pu	B	3
		Pu	M	20
		Gl	B	3
		Gl	M	4
		Gl	A	3
		Dpl	B	1
		Dpl	M	4
		Dpl	A	4
		Dpt	B	2
		Dpt	M	2
		Dpt	A	4
		Pchc	B	4
		Pchc	M	15
		Gb	A	1
		Gt	B	1
		Gt	M	1
		Gt	A	1
		Ga	M	1
5	K 0 + 411.5	Dpl	B	2
		Dpl	M	1

		Gl	B	2
		Gl	M	3
		Gl	A	3
		Gt	B	1
		Gt	M	3
		Gt	A	1
		Pu	B	19
		Pu	M	8
		Pchc	B	1
		Pchc	M	14
		Gb	A	5
		Dpt	M	4
		Dpt	A	1
6	K 0 + 461.5	Ge	A	2
		Gl	B	1
		Gl	M	1
		Gl	A	4
		Gt	B	1
		Gt	M	1
		Gt	A	1
		Pu	B	6
		Pchc	M	4
		Pchc	A	2
		Pchc	M	6
		Gb	A	1
		Gb	A	1
		Ga	A	1
		Dpl	A	1

Fuente: Autores.

La tabla anterior muestra de forma detallada y clara en tramos de 50 metros, las patologías encontradas y la cantidad de losas que se han visto afectadas.

Ilustración 24. Grafico patologías y severidades



Fuente: Autores.

Se evidencio en toda la longitud el proyecto, basados en la inspección visual, que la vía presenta daños considerables; una de las principales causas, es por la instalación de la carpeta asfáltica sobre el pavimento rígido construido años atrás; al no generar la adherencia esperada entre los materiales, conlleva a desprendimientos y fracturas.

8. DISEÑO PAVIMENTO ASFÁLTICO CON BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

8.1. FACTORES A CONSIDERAR

8.1.1. Tránsito

Interesa para el dimensionamiento de los pavimentos las cargas más pesadas por eje (simple, tándem o trídem) esperadas en el carril de diseño (el de mayor incidencia solicitado es el que determinara la estructura del pavimento de la carretera) durante el periodo de diseño adoptado²⁴.

8.1.2. Subrasante

De la calidad de esta capa depende, gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capacidad se emplea la capacidad de soporte o resistencia al esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito.

Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento - retracción).

8.1.3. Clima

Los que más afectan a un pavimento son las lluvias y los cambios de temperatura. Las lluvias por su acción directa en la reducción del nivel freático influyen en la resistencia, la compresibilidad y las variaciones volumétricas de los suelos de subrasante especialmente. Este parámetro también influye en algunas actividades de construcción tales como el movimiento de tierras y la colocación y compactación de capas granulares y asfálticas.

8.1.4. Materiales Disponibles

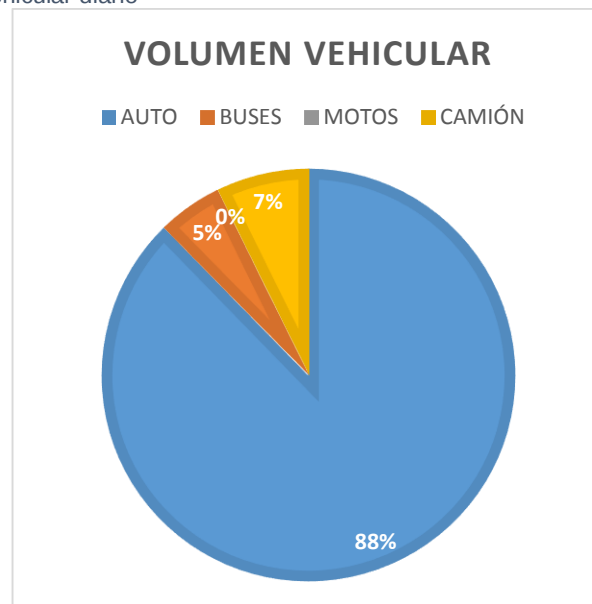
Es un determinante fundamental para tener en cuenta, de allí elegimos la técnica más adecuada y económica, ya que se diseña considerando los agregados disponibles en canteras y depósitos aluviales del área.

8.2. DISEÑO

²⁴ Fonseca Montejo, A. (2010). Ingeniería De Pavimentos - Fundamentos, Estudios Básicos, Diseño. Bogotá: Universidad Católica De Colombia.

De acuerdo a la siguiente información podemos determinar el TS (transito diario).

Ilustración 25. Volumen vehicular diario



Fuente: Autores.

AUTO	68%	AUTO	3657
BUSES	4%	BUSES	211
MOTOS	23%	MOTOS	1229
CAMIÓN	6%	CAMIÓN	302

Fuente: Autores.

Con los datos anteriores podemos determinar el fca (Factor de distribución por carril)

Factor de distribución por carril	
Número total de carriles	Factor de distribución para el carril de diseño (Fca)
1	1
2	0.9
3	0.75

(Fca=1)

Luego se procede al cálculo de FCC: con la siguiente formula, a continuación, se muestra ejemplo con el primer dato, se repite en los siguientes casos. Por el último la suma de los resultados corresponde al FCC.

$$\%F.D = 60\% * 1.14 = 0.6794$$

Para determinar el factor camión, se tuvo en cuenta la tabla 2.8.2 del libro Ingeniería de pavimentos “Determinación del factor camión por los métodos Mopt-ingeroute u la Universidad del Cauca (1996); para conocer los factores de equivalencia.²⁵

Ilustración 26. Cálculo Fcc

TIPO CAMION	%	F.D	% F.D
C2	60%	1.14	0.6794
C3	1%	3.76	0.0506
C4	0%	3.74	0.0000
C5	0%	4.4	0.0148
BUS	39%	0.05	0.0194
		FCC	0.7642

Fuente: Autores.

los vehículos comerciales se distribuyen así:

$$vc = (4\% + 6\%) = 10\%$$

$$4\% = \text{bus}(\text{segun diagrama torta})$$

$$6\% = \text{Camión}(\text{segun diagrama torta})$$

$$10\% = VC . \text{suma bus} + \text{camion}$$

- Determinación Factor Camión

$$F_c = \frac{F_{ca} * \%Bus + \%Camion * FCC}{\%VC}$$

$$F_c = \frac{1 * 4 + 6 * 0.764}{10} = 0.85$$

- Calculo Ejes Equivalentes

Con un crecimiento anual de transito de 3.5% en periodo de diseño y construccion de igual manera un transito atraido de 10% y transito generado de 15%.

$$Ni = 4170 * 365 * (0.035^{3.5}) = 1716801.7$$

$Ni = F_c * \%VC * Ni \text{ cal}$	$Ni = 0.85 * 0.10 * 1716801.7 = 145928.1$
$Na = \% T \text{ atraido} * Ni$	$Na = 0.1 * 145928.1 = 14592.8$
$Ng = \% T \text{ generado} * Ni$	$Ng = 0.15 * 145928.1 = 21889.2$
Nc $= \text{camiones dia} * \text{dias del año}$ $* \text{ejes de camion}$ $* \text{años de construcción}$	$Nc = 10 * 365 * 4 * 0.24(\text{años}) = 3504$
$No = (Ni + Na + Ng) Fd * FCA + NC$	$No = (145928.1 + 14592.8 + 21889.2)$ $* 0.6 * 1.0 + 3504$ $= 231150.1$

²⁵ Fonseca Montejó, A. (2010). Ingeniería De Pavimentos - Fundamentos, Estudios Básicos, Diseño. Bogotá: Universidad Católica De Colombia.

- PROYECCION DE TRANSITO DURANTE PERIODO DE DISEÑO

Para ello se toma un periodo de diseño de 12 años, y una tasa de crecimiento de 3.5%

$$N = (N_o - N_c) * \frac{(1 + r)^n - 1}{r} + N_c$$

$$N = (231150.1 - 3504) * \frac{(1 + 0.035)^{12} - 1}{0.035} + 3504 = 3327583 \text{ ejes}$$

Tabla 11. Niveles de confiabilidad

Niveles De Confiabilidad	
Clasificación	Nivel De Confiabilidad Recomendado (Urbano)
Carretera Local	50-80
Confiabilidad	Zr
70%	0.524

Fuente: Ingeniería de pavimentos Montejo, 2010.

$$\log N' = \log N + Z_r \cdot S_o$$

$S_o = 0.05$ Según La Aashto

$$N' = 10^{0.05 * 0.52} * 3327583 = 3.53 \times 10^6$$

En la tabla 7.14 “rangos de transito contemplados en el método de diseño” para un n' de 3.53×10^6 corresponde a **T3²⁶**

T3	2 - 4×10^6
----	---------------------

- Temperatura Media Anual Ponderada

Ilustración 27. Tabla climática // datos históricos del tiempo Tunja

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	12.8	13.2	13.7	13.5	13.2	12.3	11.9	12.2	12.4	12.7	13.1	12.8
Temperatura mín. (°C)	6.8	7.3	8.2	8.8	8.9	8.3	7.9	7.8	7.8	8.2	8.3	7.3
Temperatura máx. (°C)	18.8	19.1	19.2	18.2	17.5	16.3	16	16.6	17	17.3	18	18.3
Precipitación (mm)	23	30	64	116	108	92	70	69	72	122	108	43

Fuente: <https://Es.Climate-Data.Org/America-Del-Sur/Colombia/Boyaca/Tunja-5328/#:~:Text=Tunja%20es%20una%20ciudad%20con,Encuentra%20a%2012.8%20°C>.

- Temperatura Media Anual = 12.8 °C
- Precipitación Medio Anual (Mm) = 2000

²⁶ Fonseca Montejo, A. (2010). Ingeniería De Pavimentos - Fundamentos, Estudios Básicos, Diseño. Bogotá: Universidad Católica De Colombia.

Con estos datos en la tabla 7.18 “regiones climáticas según la temperatura y precipitación” del libro de (Fonseca Montejó, 2010) se clasifica como **R1**.

No.	Región	Temperatura °C	Precipitación Medio Anual (Mm)
R1	Fría Seca Y Fría Semihúmeda	<13	<2000

- El suelo presenta un CBR promedio correspondiente a 13.5 %
- El módulo resiliencia es de 1350

Con estos datos entramos al libro “ingeniería de pavimentos” tabla 7.19 “entornos de la resistencia”.

Categoría	Intervalo Módulo Resiliente (E) Kg/Cm ²	Intervalo C.B.R.%	Descripción
S4	1000 - 1500	10<Cbr<15	Suelos Areno Limosos Ubicado En Regiones Cálidas Húmedas

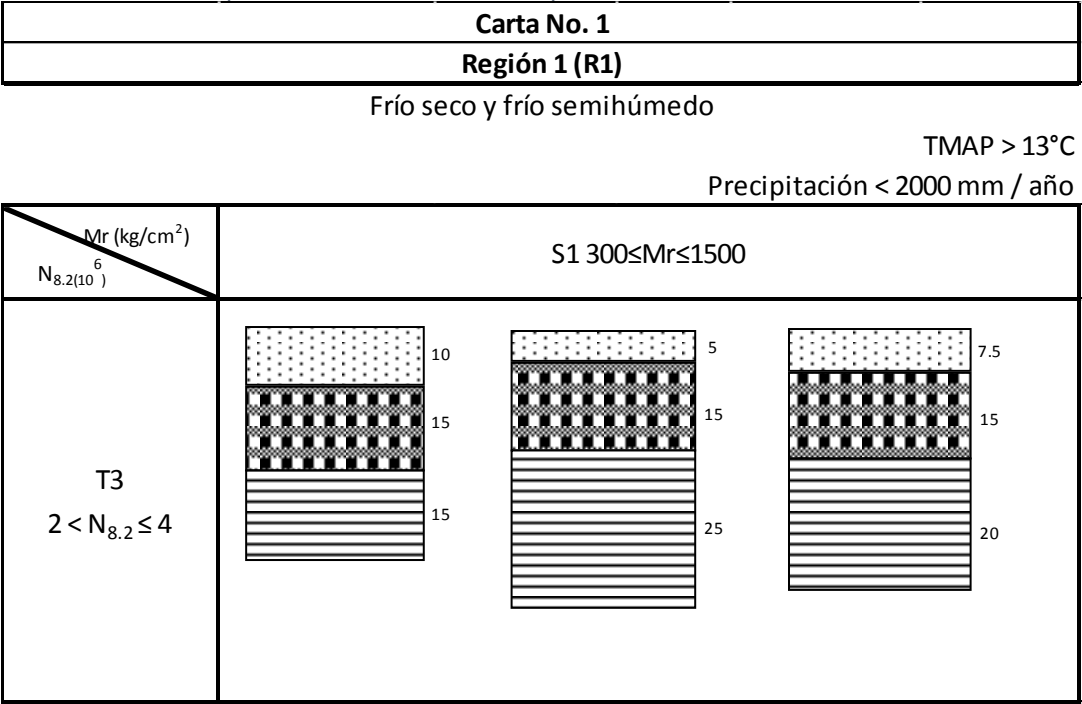
Por ultimo con el valor de T3, S4 y R1 buscamos las cartas de leyendas donde encontramos las posibles combinaciones para construir nuestro pavimento.

Tabla 12 Parámetros de Diseño Pavimento

Parámetros de diseño		
Parámetros de diseño	Valor	Categoría en el manual
Módulo resiliente promedio	1350 kg/cm ²	S4
Tránsito equivalente de diseño	3.56*10 ⁶	T3
TMAP	12.8°C	< 13°C
Precipitación	1900 mm /año	< 2000 mm / año
Carta de diseño = N°1		

Fuente: Autores

Ilustración 28 Carta No 1 (Frio Seco Y Frio Semihumedo)

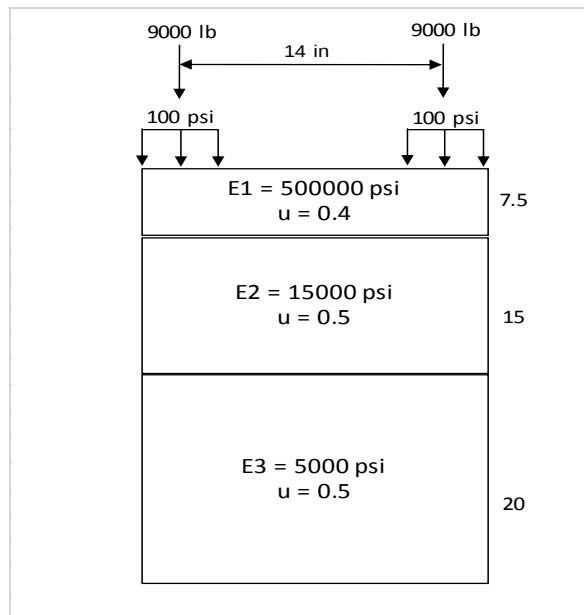


Fuente: INVIAS. Manual De Diseño De Pavimentos Asfálticos En Vías Con Medios Y Altos Volúmenes De Tránsito, Bogotá, Colombia, 1997

DETERMINACIÓN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES KENPAVE

Basado en la alternativa elegida de combinaciones de pavimento y la Resolución No. 004100 de 2004 para determinar los límites de pesos y dimensiones de ejes en los vehículos de transporte terrestre. Se realiza la determinación de esfuerzos y deformaciones en el software KENPAVE.

Ilustración 29 Diseño Pavimento Kenpave



RESULTADOS

Tabla 13 Datos Convenciones Kenpave

CONVENCIONES	
Z	Profundidad
Δ_z	Vertical deflection
σ_z	Vertical Stress
σ_1	Major Principal Stress
σ_3	Minor Principal Stress
σ_2	Intermediate P. Stress
ϵ_z	Vertical Strain
ϵ_1	Major Principal Strain
ϵ_3	Minor Principal Strain
ϵ_t	Intermediate P. Strain

Fuente: Autores

Tabla 14 Análisis centro llanta interna eje simple

ANÁLISIS CENTRO LLANTA INTERNA (EJE SIMPLE DOBLE RUEDA) 689.48 Kpa									
Z	Δ_z	σ_z	σ_1	σ_3	σ_2	ϵ_z	ϵ_1	ϵ_3	ϵ_t
0	0.0522	100	485.955	99.721	423.523	-5.281E-04	5.533E-04	-5.281E-04	3.785E-04
7.5	0.04715	11.62	11.858	-7.667	-5.293	1.199E-03	1.223E-03	-7.300E-04	-7.300E-04
7.5001	0.04715	11.62	11.858	-7.668	-5.293	1.199E-03	1.223E-04	-7.300E-04	-7.300E-04
15	0.03781	6.7	6.921	1.052	1.463	1.068E-03	1.133E-03	-6.280E-04	-6.280E-04
22.5	0.03097	4.516	4.646	0.478	0.663	7.760E-04	8.150E-04	-4.353E-04	-4.353E-04
22.5001	0.03097	4.516	4.646	0.478	0.663	7.760E-04	8.150E-04	-4.353E-04	-4.353E-04
30	0.02594	3.212	3.286	0.244	0.336	5.770E-04	5.993E-04	-3.135E-04	-3.135E-04
35	0.02331	2.618	2.67	0.163	0.224	4.797E-04	4.953E-04	-2.568E-04	-2.568E-04

Fuente: Autores

Tabla 15 Análisis eje llanta interna eje simple

ANÁLISIS CENTRO EJE (EJE SIMPLE DOBLE RUEDA) 689.48 Kpa									
Z	Δ_z	σ_z	σ_1	σ_3	σ_2	ϵ_z	ϵ_1	ϵ_3	ϵ_t
0	0.0533	0	311.694	1.033	142.021	-3.090E-04	5.089E-04	-3.609E-04	3.386E-05
7.5	0.0496	11.343	11.343	-8.183	-4.521	1.180E-03	1.180E-03	-7.729E-04	-7.729E-04
7.5001	0.0496	11.343	11.343	-8.183	-4.521	1.180E-03	1.180E-03	-7.729E-04	-7.729E-04
15	0.03972	7.322	7.322	1.133	1.694	1.182E-03	1.182E-03	-6.750E-04	-6.750E-04
22.5	0.03215	4.882	4.882	0.507	0.729	8.528E-04	8.528E-04	-4.597E-04	-4.597E-04
22.5001	0.03215	4.882	4.882	0.507	0.729	8.528E-04	8.528E-04	-4.597E-04	-4.597E-04
30	0.02668	3.414	3.414	0.256	0.36	6.213E-04	6.213E-04	-3.263E-04	-3.263E-04
35	0.02386	2.757	2.757	0.17	0.237	5.107E-04	5.107E-04	-2.654E-04	-2.654E-04

Fuente: Autores

Tabla 16 Análisis centro llanta externa eje simple

ANÁLISIS CENTRO LLANTA EXTERNA (EJE SIMPLE DOBLE RUEDA) 689.48 Kpa									
Z	Δ_z	σ_z	σ_1	σ_3	σ_2	ϵ_z	ϵ_1	ϵ_3	ϵ_t
0	0.0522	100	485.955	99.721	423.523	-5.281E-04	5.533E-04	-5.281E-04	3.785E-04
7.5	0.04715	11.62	11.858	-7.667	-5.293	1.199E-03	1.223E-03	-7.300E-04	-7.300E-04
7.5001	0.04715	11.62	11.858	-7.668	-5.293	1.199E-03	1.223E-04	-7.300E-04	-7.300E-04
15	0.03781	6.7	6.921	1.052	1.463	1.068E-03	1.133E-03	-6.280E-04	-6.280E-04
22.5	0.03097	4.516	4.646	0.478	0.663	7.760E-04	8.150E-04	-4.353E-04	-4.353E-04
22.5001	0.03097	4.516	4.646	0.478	0.663	7.760E-04	8.150E-04	-4.353E-04	-4.353E-04
30	0.02594	3.212	3.286	0.244	0.336	5.770E-04	5.993E-04	-3.135E-04	-3.135E-04
35	0.02331	2.618	2.67	0.163	0.224	4.797E-04	4.953E-04	-2.568E-04	-2.568E-04

Fuente: Autores

9. CONCLUSIONES

Se realizó un estudio de tránsito aforado por 2 días; exhibiendo una hora pico entre 4:00 p.m. y 5:00 p.m. donde el mayor flujo se presenta por automóviles (68%) y motos (23%); la presencia de camiones pequeños es constante (6%), sin embargo, no generan relevancia en cuestiones de obstrucción al paso de automóviles.

Al examinar las estructuras de pavimento, con la metodología del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), se determinó, entre las calles 25 a 27 una infraestructura de pavimento flexible, en el cual se encuentran grandes daños, a razón del volumen vehicular que transita a diario; la patología de mayor incidencia son las fisuras en bloque (FB) presente en un (11.24%) en el área total estudiada, seguido de parches (PCH) con un (7.73%); cabe resaltar que gran parte de los parches encontrados son producto de mantenimientos a las redes de alcantarillado.

Entre calles 27 a 29 se encuentra pavimento rígido, los resultados de la inspección arrojan un deterioro alto, presentado mayormente en zonas de la vía donde se desempeñan tareas de descargue de mercancía. El camión C2 (dos ejes), es el tipo de vehículo de carga que causa más daño en la estructura del pavimento; por su distanciamiento de ejes, los cuales generan mayores cargas, de acuerdo a la clasificación vehicular indicada en el reglamento de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones; de igual manera es el tipo de camión más recurrente en el estudio realizado.

Se realizó un diseño óptimo de infraestructura vial con la metodología propuesta por Alfonso Montejó, en el libro Ingeniería de pavimentos ²⁷; se tuvo en cuenta el vehículo de carga C2p y C2g correspondiente a un camión de dos ejes, arrojando como resultado de diseño, MDG 2=7.5 (cm), BG 2= 15 (cm) y BEC=20 (cm).

RECOMENDACIONES

Debe estudiarse detalladamente por parte de las entidades estatales encargadas, el posible cambio de la infraestructura vial; de esta manera ofrecer un rendimiento óptimo ante las cargas solicitadas actualmente, para mejorar tiempos de recorrido y confort a los usuarios de esta importante avenida.

²⁷ Fonseca Montejó, A. (2010). Ingeniería De Pavimentos - Fundamentos, Estudios Básicos, Diseño. Bogotá: Universidad Católica De Colombia.

Realizar las tareas de reemplazo o rehabilitación del pavimento de la carrera 16 entre las calles de estudio, impactara positivamente en los vehículos que recorren a diario por esta avenida; así mismo, disminuirá el deterioro mecánico de los mismos, generando seguridad a todos los conductores.

Mantener limpias las obras de drenaje, ya que es una vía que presenta fuertes pendientes y su escorrentía superficial en épocas de lluvia se ve elevada, la cual no debe infiltrarse en la infraestructura vial para evitar futuros daños.

La construcción de zonas de parqueo es de vital importancia, por parte de las empresas prestadoras de servicios, a fin de evitar vehículos estacionados en andenes y sobre la vía, siendo esta situación el principal problema en asuntos de movilidad.

Diseñar un plan de logística para cargue y descargue de camiones C3, C4 C5 > C5 en horas nocturnas; sin embargo, se debería tener un control de un máximo por noche en la zona, es decir programar la llegada de mercancía de manera estratégica para evitar la presencia de altas cargas en la infraestructura vial.

GLOSARIO

AFORO: Técnica que conoce la cantidad de vehículos que transitaron por un punto determinado en un período de tiempo establecido.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO): Norma creada en Estados Unidos de especificaciones para el diseño de carreteras.

ASFALTO: Mezcla de arena, mineral, cal utilizada para la pavimentación de vías.

BERMA: Parte exterior de la vía destinada al soporte lateral de la calzada.

CAMIÓN: Vehículo de contextura grande utilizado para el transporte de productos y mercancías.

CAPACIDAD: Número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto durante un tiempo específico.

CARGAS: Peso aplicado en un área.

DEFORMACIÓN: Descenso del pavimento en la subrasante.

DEMANDA: Número de vehículos que desean viajar y pasan por un punto durante un tiempo específico.

GRIETA O FISURA: Líneas angostas y alargadas que surgen en el pavimento a causa factores terrestres.

HORA PICO: Hora de máxima demanda en cuanto a la movilización.

INSPECCIÓN VISUAL: Método para la obtención de datos estadísticos para conocer el estado actual de una vía.

INTERSECCIÓN: Área general donde dos o más vías se unen o cruce, ya sea a nivel o desnivel o que comprende toda la superficie necesaria para facilitar todos los movimientos de los vehículos que se cruzan por ellos.

MOVILIDAD: Desplazamiento que se realizan en un espacio físico.

PAVIMENTO FLEXIBLE: Tipo de pavimento que está compuesto en su capa de rodadura por una carpeta asfáltica.

PAVIMENTO RÍGIDO: Tipo de pavimento del que está compuesto fundamentalmente por concreto u hormigón armado.

RASANTE: Línea longitudinal de una calzada que representa los niveles del centro de la superficie de rodadura a lo largo de la calzada.

SIMULACIÓN: Imitar un comportamiento habitual en un software

TASA DE FLUJO: Frecuencia a la cuál pasan los vehículos durante un tiempo específico menor a una hora.

VEHÍCULO: Artefacto montado sobre ruedas que sirve para transportar personas, animales o cosas.

VOLUMEN: Número de vehículos o peatones que pasan por un punto durante un tiempo específico.

ZONA DE CONFLICTO: Área de intersección entre dos flujos de tránsito.

REFERENCIAS

Bogotá, S. D. (2012). *Informe De Indicadores. Encuesta De Movilidad De Bogotá 2011*. Bogotá: Sdg Y Centro Nacional De Consultoría.

Cal Y Mayor, R., & Cardenas G., J. (2007). *Ingenieria De Transito Fundamentos Y Aplicaiones*. Mexico: Alfaomega.

Colombiamania. (2017). *Colombiamania.Com*. Retrieved 03 11, 2019, From Departamento De Boyacá: [Http://Www.Colombiamania.Com/Index.Html](http://Www.Colombiamania.Com/Index.Html)
Dane. (2010). *Censo General 2005*. Bogota: Departamento Nacional De Estadística.

Fonseca Montejó, A. (2010). *Ingenieria De Pavimentos - Fundamentos, Estudios Basicos, Diseño*. Bogota: Universidad Catolica De Colombia.

Gidpot. (2012). *Caracterización De La Movilidad. Tunja*. Tunja: Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Tunja.

Guasch, M. (2002). *Ciudad Y Transporte El Binomio Imperfecto*. Barcelona: Ariel Geografía.

Inmlcf. (2012). *Base De Datos Sobre La Accidentalidad En La Ciudad De Tunja*. Bogota: Instituto Nacional De Medicina Legal Y Ciencias Forenses Grupo De Referencia Nacional Sobre Violencia.

Invias, G. T. (2006). *Manual Para La Inspección Visual De Pavimentos Flexibles*. Universidad Nacional Colombia. Bogota: Instituto Nacional Vias (Invias).

Invias, G. T. (2006). *Manual Para La Inspección Visual De Pavimentos Rigidos*. Bogota: Instituto Nacional Vias (Invias).

Javeriana, I. G. (2000). Consultoría Colombiana S.A. . *Microzonificación Sísmica Preliminar De Tunja. Bogotá*.

Méndez, D. (2009, Abril). *Maestría En Vías Terrestres*. Retrieved From Curso: Ingeniería De Transito: [Https://Sjnavarro.Files.Wordpress.Com/2008/08/Elementos-Del-Transito.Pdf](https://Sjnavarro.Files.Wordpress.Com/2008/08/Elementos-Del-Transito.Pdf)

Parra, E. (2010). *Estudio De Zonas Verdes En Tunja*. (E. D. Caldas., Ed.) Tunja: Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia.

Ramírez, O. (1991). Zonificación Geotécnica De Tunja. *Revista Facultad De Ingeniería*, 107 - 115.

Rincón, M. (2009). Procesos De Transformación Urbana. El Caso De Tunja 1900-2005. *Perspectiva Geográfica*, 13-44.

Torres, J., & Caceres , L. (2005). *Clasificación De Información De Los Sistemas De Cárcavas En Tunja*. (F. D. Civil., Ed.) Tunja: Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia.

Triana, W. F. (2005). *Manual De Planeación Ydiseño Para Laadministración Del Tránsito Y El Transporte* (Vol. Tomo li). Bogota: Alcaldia Mayor De Bogota.

Tunja, A. M. (2001). Plan De Ordenamiento Territorial. *Diagnóstico De Áreas Fisiográficas Homogéneas*.

Tunja, A. M. (2020). *Nuestro Municipio*. Retrieved 10 05, 2020, From [Http://Www.Tunja-Boyaca.Gov.Co/Municipio/Nuestro-Municipio](http://Www.Tunja-Boyaca.Gov.Co/Municipio/Nuestro-Municipio)

Tunja. (1998). Acuerdo Municipal No. 008 (30 De Junio). *Capitulo Xv*, 107 110.

ANEXOS

ANEXO A

TABLAS AFOROS PRIMER Y SEGUNDO DÍA

Tabla 17. Aforo carrera 16 hoja 1

10 HOJA 1

AFORO VEHICULAR CARRERA 16

PERIODO	
06:00:00 a. m.	11:00:00 a. m.

CORREDOR VIAL						
CARRERA 16 ENTRE CALLES 25 - 29						

HORA	
06:00:00 a. m.	06:15:00 a. m.
06:15:00 a. m.	06:30:00 a. m.
06:30:00 a. m.	06:45:00 a. m.
06:45:00 a. m.	07:00:00 a. m.
07:00:00 a. m.	07:15:00 a. m.
07:15:00 a. m.	07:30:00 a. m.
07:30:00 a. m.	07:45:00 a. m.
07:45:00 a. m.	08:00:00 a. m.
08:00:00 a. m.	08:15:00 a. m.
08:15:00 a. m.	08:30:00 a. m.
08:30:00 a. m.	08:45:00 a. m.
08:45:00 a. m.	09:00:00 a. m.
09:00:00 a. m.	09:15:00 a. m.
09:15:00 a. m.	09:30:00 a. m.
09:30:00 a. m.	09:45:00 a. m.
09:45:00 a. m.	10:00:00 a. m.
10:00:00 a. m.	10:15:00 a. m.
10:15:00 a. m.	10:30:00 a. m.
10:30:00 a. m.	10:45:00 a. m.
10:45:00 a. m.	11:00:00 a. m.

MANIOBRA N-S									
AUTO	BUSES	MOTOS	CAMIÓN				TOTAL	TOTAL /HORA	
			C2	C3	C4	C5			
4	0	4	0	0	0	0	8	53	
7	0	4	0	0	0	0	11		
12	0	7	3	0	0	0	22		
10	1	1	0	0	0	0	12		
10	0	0	0	0	0	0	10	93	
18	1	3	1	0	0	0	23		
21	0	3	0	0	0	0	24		
27	1	7	1	0	0	0	36		
38	1	0	3	0	0	0	42	199	
39	1	9	4	0	0	0	53		
29	4	10	4	0	0	0	47		
51	1	5	0	0	0	0	57		
46	1	7	0	0	0	0	54	189	
40	0	5	1	0	0	0	46		
35	1	5	0	0	0	0	41		
33	4	7	4	0	0	0	48		
46	1	5	1	0	0	0	53	216	
30	1	9	7	0	0	0	47		
44	1	17	7	0	0	0	69		
35	0	9	3	0	0	0	47		
TOTAL							750		

CIUDAD	FECHA
TUNJA	9/03/2020

MANIOBRA S-N									
AUTO	BUSES	MOTOS	CAMIÓN				TOTAL	TOTAL /HORA	
			C2	C3	C4	C5			
12	0	3	1	0	0	0	16	73	
10	0	4	0	0	0	0	14		
8	3	4	0	0	0	0	15		
16	4	7	1	0	0	0	28		
21	3	3	3	0	0	0	30	143	
17	1	8	1	1	0	0	28		
31	4	14	4	1	0	0	54		
21	1	7	1	1	0	0	31		
23	1	10	5	0	0	0	39	184	
26	3	7	1	1	0	0	38		
35	0	13	3	0	0	0	51		
40	3	9	3	1	0	0	56		
22	3	8	0	1	0	0	34	170	
34	3	4	5	0	0	0	46		
27	1	20	4	2	0	0	54		
21	1	10	4	0	0	0	36		
43	1	10	4	1	0	0	59	203	
30	3	5	3	0	0	0	41		
35	1	17	3	3	0	0	59		
26	4	14	0	0	0	0	44		
TOTAL							773		

ENCARGADOS	LORENA ALEJANDRA TORRES HERRÁN
	ANDRES DANILO OJEDA BARAJAS

HOJA	1
------	---

Fuente: Autores

Tabla 18. Aforo carrera 16 hoja 2

AFORO VEHICULAR CARRERA 16																			
PERIODO		CORREDOR VIAL								CIUDAD		FECHA							
11:00:00 a. m. 04:00:00 p. m.		CARRERA 16 ENTRE CALLES 25 - 29								TUNJA		9/03/2020							
HORA		MANIOBRA N-S								TOTAL /HORA	MANIOBRA S-N								TOTAL /HORA
		AUTO	BUSES	MOTOS	CAMIÓN				TOTAL		AUTO	BUSES	MOTOS	CAMIÓN				TOTAL	
					C2	C3	C4	C5						C2	C3	C4	C5		
11:00:00 a. m.	11:15:00 a. m.	34	0	17	4	1	0	0	56	186	26	1	17	7	1	0	0	52	234
11:15:00 a. m.	11:30:00 a. m.	39	3	12	1	0	0	0	55		35	1	10	0	0	0	0	46	
11:30:00 a. m.	11:45:00 a. m.	29	1	5	4	0	0	0	39		42	1	9	3	2	0	0	57	
11:45:00 a. m.	12:00:00 p. m.	25	1	9	1	0	0	0	36		55	3	17	3	1	0	0	79	
12:00:00 p. m.	12:15:00 p. m.	31	1	14	3	0	0	0	49	200	39	1	8	0	1	0	0	49	210
12:15:00 p. m.	12:30:00 p. m.	22	3	14	1	0	0	0	40		34	4	10	0	2	0	0	50	
12:30:00 p. m.	12:45:00 p. m.	46	3	10	4	0	0	0	63		31	3	18	1	0	0	0	53	
12:45:00 p. m.	01:00:00 p. m.	38	3	7	0	0	0	0	48		46	1	9	1	1	0	0	58	
01:00:00 p. m.	01:15:00 p. m.	21	1	10	1	0	0	0	33	158	40	3	12	3	0	0	0	58	235
01:15:00 p. m.	01:30:00 p. m.	27	3	12	1	0	0	0	43		48	3	20	1	1	0	0	73	
01:30:00 p. m.	01:45:00 p. m.	13	0	18	1	0	0	0	32		31	1	12	3	0	0	0	47	
01:45:00 p. m.	02:00:00 p. m.	34	1	14	1	0	0	0	50		29	3	17	7	1	0	0	57	
02:00:00 p. m.	02:15:00 p. m.	33	3	16	3	0	0	0	55	180	27	1	10	4	1	0	0	43	181
02:15:00 p. m.	02:30:00 p. m.	27	1	9	0	0	0	0	37		31	5	10	0	0	0	0	46	
02:30:00 p. m.	02:45:00 p. m.	33	1	16	1	1	0	0	52		36	1	12	1	0	0	0	50	
02:45:00 p. m.	03:00:00 p. m.	23	1	9	3	0	0	0	36		31	3	5	3	0	0	0	42	
03:00:00 p. m.	03:15:00 p. m.	29	1	12	1	0	0	0	43	210	29	1	12	1	3	0	0	46	218
03:15:00 p. m.	03:30:00 p. m.	49	1	9	3	0	0	0	62		35	3	9	1	1	0	0	49	
03:30:00 p. m.	03:45:00 p. m.	36	0	8	7	0	0	0	51		40	3	21	4	1	0	0	69	
03:45:00 p. m.	04:00:00 p. m.	38	1	10	5	0	0	0	54		39	3	8	4	0	0	0	54	
		TOTAL								934	TOTAL								1078
ENCARGADOS		LORENA ALEJANDRA TORRES HERRÁN																	
		ANDRÉS DANILO OJEDA BARAJAS																	
		HOJA 2																	

Fuente: Autores

79

Tabla 20. Aforo carrera 16 hoja 4

AFORO VEHICULAR CARRERA 16																			
PERIODO		CORREDOR VIAL							CIUDAD		FECHA								
06:00:00 a. m.	11:00:00 a. m.	CARRERA 16 ENTRE CALLES 25 - 29							TUNJA		11/03/2020								
HORA		MANIOBRA N-S							TOTAL /HORA	MANIOBRA S-N							TOTAL /HORA		
		AUTO	BUSES	MOTOS	CAMIÓN					TOTAL	AUTO	BUSES	MOTOS	CAMIÓN				TOTAL	
					C2	C3	C4	C5						C2	C3	C4	C5		
06:00:00 a. m.	06:15:00 a. m.	10	0	3	0	0	0	0	13	82	3	0	5	0	0	0	0	8	67
06:15:00 a. m.	06:30:00 a. m.	16	0	9	1	0	0	0	26		9	1	8	1	0	0	0	19	
06:30:00 a. m.	06:45:00 a. m.	14	3	3	0	0	0	0	20		9	1	12	0	0	0	0	22	
06:45:00 a. m.	07:00:00 a. m.	21	1	1	0	0	0	0	23		9	3	3	3	0	0	0	18	
07:00:00 a. m.	07:15:00 a. m.	20	3	1	0	0	0	0	24	110	16	1	4	0	0	0	0	21	145
07:15:00 a. m.	07:30:00 a. m.	25	4	3	1	0	0	0	33		27	1	10	4	0	0	0	42	
07:30:00 a. m.	07:45:00 a. m.	25	1	4	0	0	0	0	30		31	1	8	3	0	0	0	43	
07:45:00 a. m.	08:00:00 a. m.	18	1	4	0	0	0	0	23		26	1	7	5	0	0	0	39	
08:00:00 a. m.	08:15:00 a. m.	25	0	9	1	0	0	0	35	193	22	1	14	0	0	0	0	37	184
08:15:00 a. m.	08:30:00 a. m.	42	1	8	1	0	0	0	52		44	1	10	1	0	0	0	56	
08:30:00 a. m.	08:45:00 a. m.	46	0	12	1	0	0	0	59		29	4	10	4	0	0	0	47	
08:45:00 a. m.	09:00:00 a. m.	35	3	8	1	0	0	0	47		33	1	9	0	1	0	0	44	
09:00:00 a. m.	09:15:00 a. m.	34	1	1	3	0	0	0	39	193	18	1	12	3	0	0	0	34	166
09:15:00 a. m.	09:30:00 a. m.	47	1	10	1	0	0	0	59		30	3	3	3	0	0	0	39	
09:30:00 a. m.	09:45:00 a. m.	36	3	7	3	0	0	0	49		33	1	17	7	0	0	0	58	
09:45:00 a. m.	10:00:00 a. m.	30	3	10	3	0	0	0	46		22	1	9	3	0	0	0	35	
10:00:00 a. m.	10:15:00 a. m.	40	1	18	3	0	0	0	62	227	42	3	14	1	0	0	0	60	249
10:15:00 a. m.	10:30:00 a. m.	35	1	10	5	0	0	0	51		27	3	13	1	0	0	0	44	
10:30:00 a. m.	10:45:00 a. m.	42	1	5	0	0	0	0	48		34	1	10	3	0	0	0	48	
10:45:00 a. m.	11:00:00 a. m.	46	3	14	3	0	0	0	66		56	3	8	30	0	0	0	97	
					TOTAL				805						TOTAL				811
ENCARGADOS		LORENA ALEJANDRA TORRES HERRÁN																	
		ANDRES DANILO OJEDA BARAJAS																	
														HOJA		4			

Fuente: Autores

Tabla 21. Aforo carrera 16 hoja 5

AFORO VEHICULAR CARRERA 16																			
PERIODO		CORREDOR VIAL							CIUDAD		FECHA								
11:00:00 a. m. 04:00:00 p. m.		CARRERA 16 ENTRE CALLES 25 - 29							TUNJA		11/03/2020								
HORA		MANIOBRA N-S							TOTAL /HORA	MANIOBRA S-N							TOTAL /HORA		
		AUTO	BUSES	MOTOS	CAMIÓN					TOTAL	AUTO	BUSES	MOTOS	CAMIÓN				TOTAL	
					C2	C3	C4	C5						C2	C3	C4	C5		
11:00:00 a. m.	11:15:00 a. m.	34	3	5	1	0	0	0	43	177	30	1	10	1	0	0	0	42	222
11:15:00 a. m.	11:30:00 a. m.	35	3	13	0	0	0	0	51		31	3	16	1	0	0	0	51	
11:30:00 a. m.	11:45:00 a. m.	30	0	8	3	0	0	0	41		52	3	16	1	0	0	0	72	
11:45:00 a. m.	12:00:00 p. m.	27	3	8	4	0	0	0	42		39	3	14	0	1	0	0	57	
12:00:00 p. m.	12:15:00 p. m.	26	1	5	1	0	0	0	33	166	39	1	12	5	0	0	0	57	218
12:15:00 p. m.	12:30:00 p. m.	22	3	9	7	0	0	0	41		39	3	16	1	0	0	0	59	
12:30:00 p. m.	12:45:00 p. m.	26	1	8	5	0	0	0	40		39	1	13	3	0	0	0	56	
12:45:00 p. m.	01:00:00 p. m.	30	3	10	9	0	0	0	52		33	1	7	5	0	0	0	46	
01:00:00 p. m.	01:15:00 p. m.	18	3	16	0	0	0	0	37	165	46	3	9	4	0	0	0	62	244
01:15:00 p. m.	01:30:00 p. m.	26	1	14	3	0	0	0	44		52	3	18	4	0	0	1	78	
01:30:00 p. m.	01:45:00 p. m.	18	0	22	4	0	0	0	44		44	1	9	5	0	0	0	59	
01:45:00 p. m.	02:00:00 p. m.	18	3	16	3	0	0	0	40		29	4	9	3	0	0	0	45	
02:00:00 p. m.	02:15:00 p. m.	42	3	22	1	0	0	0	68	246	43	7	33	8	0	0	0	91	214
02:15:00 p. m.	02:30:00 p. m.	35	1	16	5	0	0	0	57		17	4	16	0	0	0	0	37	
02:30:00 p. m.	02:45:00 p. m.	39	1	21	4	0	0	0	65		20	1	13	0	0	0	0	34	
02:45:00 p. m.	03:00:00 p. m.	35	3	17	1	0	0	0	56		33	1	17	1	0	0	0	52	
03:00:00 p. m.	03:15:00 p. m.	49	1	14	1	0	0	0	65	232	35	1	9	4	0	0	0	49	213
03:15:00 p. m.	03:30:00 p. m.	47	3	8	1	0	0	0	59		31	3	14	3	0	0	0	51	
03:30:00 p. m.	03:45:00 p. m.	40	3	14	1	0	0	0	58		51	1	14	3	0	0	0	69	
03:45:00 p. m.	04:00:00 p. m.	38	3	8	1	0	0	0	50		29	4	8	3	0	0	0	44	
		TOTAL							986	TOTAL							1111		
ENCARGADOS		LORENA ALEJANDRA TORRES HERRÁN														HOJA		5	
		ANDRES DANILO OJEDA BARAJAS																	

Fuente: Autores

Fuente: Autores

82

ANEXO B

TABLA RECOPIACION DE DATOS LEVANTAMIENTO PAVIMENTO FLEXIBLE

Patología							
Carril	Tipo	Severidad	Daño		Reparación		Foto
			Largo (M)	Ancho (M)	Largo (M)	Ancho (M)	
I	Pch	A	2	1.4			127
D	Ft	M	1.8				126
D	Ft	M	1.7				125
C	Fcl	B	7				124
D	Bch	A	1.4	1.3			123
D	Fb	M	1.9	1.3			122
Pr0+200							
Pr0+180							
I	Pch	A	2.6	1.8			121
I	Pc	M	1.3	1			120
I	Fb	A	8	2.8			119
I	Pch	B	1.5	1.3			118
I	Ft	A	3.1				117
I	Ft	M	3.1				116
Pr0+160							
I	Fb	A	4.2	2.9			115
I	Pch	M	2.5	1.7			114
D	Pch	B	15.4	1			113
I	Pch	M	4	1.4			112
I	Fb	B	1.1	1			111
I	Ft	A	1.4				110
I	Fl	A	1				109
I	Fb	A	6.5				108
I	Pch	M	3.4	0.6			107
D	Bch	B	1.5	0.9			106
D	Afa	A	1				104
Pr0+140							
D	Bch	B	0.8	0.6			105
D	Fb	A	1.4	0.9			103
D	Bch	M	0.85	0.85			102
D	Hun	M	5.2	1			101
D	Pch	M	5	1.7			100
D	Pch	A	1.5	1			99
D	Fl	A	5.2				98

D	Fb	A	2.3	0.8			97
C	Fb	A	4	1.7			96
I	Fb	A	6.8	3.8			95
I	Fb	A	1.9	1.5			94
I	Pa	M	1.5	0.5			93
I	Pch	B	2	2			92
E	Fb	A	7.4	1.7			91
D	Pch	B	10	1.5			90
D	Bch	A	0.15	0.15			89
C	Fb	A	4.5	4.4			88
Pr0+120							
I	Pch	B	1.5	1.1			87
I	Fb	B	2.8	1.3			86
C	Ft	A	3.3				85
D	Pch	M	1.3	1.1			84
D	Ft	A	2.7				83
C	Ft	M	3.4				82
I	Pch	B	3.2	1.4			81
I	Ft	M	2.3				80
E	Fcl	A	7				79
D	Bch	B	1	0.8			78
D	Ft	A	4.5				77
I	Pch	M	1.4	0.6			76
I	Pch	M	3	0.55			75
I	Ft	A	2.8				74
E	Fcl	A	2.8				73
D	Bch	B	2.7	0.8			72
Pr0+100							
D	Ft	A	1.8				71
I	Fb	M	2.7	0.6			70
D	Pch	M	3.6	0.65			69
I	Pch	B	1.5	1.1			68
I	Bch	B	0.6	0.6			67
I	Ft	A	1.9				66
D	Ft	A	1.7				65
I	Ft	A	0.9				64
I	Ft	A	1.8				63
I	Ft	A	1.5				62
I	Ft	A	1.9				61
E	Fcl	A	4.6				60
Pr0+080							

C	Pch	A	6.2	1			59
I	Ft	A	3.3				58
E	Hun	M	0.8	0.7			57
D	Ft	A	3.2				56
D	Pch	A	0.75	0.6			55
D	Ft	M	2				54
I	Ft	A	1.6				53
D	Fb	A	1.4	1.1			52
D	Fl	A	3.1				51
D	Pch	M	1.1	0.9			50
I	Ft	A	0.9				49
D	Ft	M	0.8				48
D	Ft	A	0.9				47
I	Pch	B	1.2	1.1			46
C	Pch	A	6.2	0.15			45
I	Pb	A	1.4	1.1			44
I	Pch	M	2.5	0.9			43
I	Fb	M	1	1			42
I	Fb	A	1.2	0.9			41
I	Bch	B	0.9	0.7			40
I	Fl	M	1.7				39
D	Ft	M	0.85				37
I	Fl	M	2				38
D	Ft	B	0.6				37
D	Pch	A	1	0.9			36
Pr0+060							
D	Fb	A	3.4	1.4			35
D	Ft	M	0.57				34
D	Ft	M	0.27				33
D	Ft	A	1.3				32
D	Pch	A	1.2	0.55			31
I	Fcl	A	6.1				30
D	Fl	M	1.2				29
I	Fb	A	3.4	2.1			28
I	Fl	M	0.65				27
I	Fb	B	1	0.6			26
D	Fb	M	0.95				25
D	Hun	B	0.8	0.7			24
Pr0+040							
E	Fl	M	3				23
E	Ft	A	0.72				22

D	Pa	A	0.34	0.2			21
D	Pa	A	0.45	0.45			20
D	Fb	M	1.8	1.3			19
D	Pc	M	0.6	0.3			18
E	Ft	A	0.77				17
D	Fb	A	1.4	1.1			16
D	Hun	B	1.2	1.9			15
I	Fl	M	0.65				14
C	Ft	A	1.2				13
Pr0+020							
I	Pu	B	1.5	0.9			12
I	Pch	M	4	0.8			11
D	Ft	A	0.8				10
D	Fb	A	1.2	0.6			9
D	Ft	A	2.4				8
I	Ft	A	0.75				7
D	Ft	M	0.64				6
D	Ft	A	1.2				5
D	Fb	A	1.2	0.8			4
D	Ft	A	0.6				3
D	Pch	M	20	0.7			2
I	Pa	M	9.4	0.7			1
Pr0+000							

ANEXO C

TABLA RECOPIACION DE DATOS LEVANTAMIENTO PAVIMENTO RIGIDO

Abscisa	No. Placa		Dimensiones De La Losa		Tipo De Deterioro				
					Tipo	Sever	Daño		Foto
	#	Letra	Largo	Ancho			Largo	Ancho	
0+501	97	A	3	3.5	Ge	A	1.6		375
0+501	97	A	3	3.5	Gl	A	3		374
0+501	97	A	3	3.5	Gt	A		1.8	373
0+501	97	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	372
0+499.5	97	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+499.5	97	B	3	3.5	Gl	B	3		371
0+499.5	97	B	3	3.5	Ge	A	1.8		370
0+499.5	97	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	369
0+495	95	A	3	3.5	Gl	A	3		368
0+495	95	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	367
0+493.5	95	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+493.5	95	B	3	3.5	Gt	B		2.4	366
0+493.5	95	B	3	3.5	Pu	A	3	3.5	365
0+492	94	A	3	3.5	Gl	A	3		364
0+492	94	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	363
0+490.5	94	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+490.5	94	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	362
0+489	93	A	3	3.5	Gl	A	3		361
0+489	93	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	360
0+484.5	92	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+484.5	92	B	3	3.5	Gt	M		1.5	359
0+484.5	92	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	358
0+483	91	A	3	3.5	Gl	M	3		357
0+483	91	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	356
0+478.5	89	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+478.5	89	B	3	3.5	Pchc	A	0.6	5.4	355
0+478.5	89	B	3	3.5	Pu	A	3	3.5	354
0+474	87	A	3	3.5	Gb	A	3	1.7	353
0+474	87	A	3	3.5	Ga	A	1.3	1.1	352
0+474	87	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	351
0+472.5	87	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+472.5	87	B	3	3.5	Dpl	A	1.3		350
0+472.5	87	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	349
0+462	84	A	3	3.5	Dpl	B	1.7		348
0+462	84	A	3	3.5	Gl	A	3		347

0+462	84	A	3	3.5	Gt	M		1.3	346
0+462	84	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	345
0+457.5	83	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+457.5	83	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	344
0+456	82	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	343
0+456	82	A	3	3.5	Pchc	M	1.9	1.6	342
0+456	82	A	3	3.5	Gb	A	3	0.9	341
0+454.5	82	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+454.5	82	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	340
0+453	81	A	3	3.5	Gl	A	3		339
0+453	81	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	338
0+451.5	81	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+451.5	81	B	3	3.5	Gt	B		1.5	337
0+451.5	81	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	336
0+447	79	A	3	3.5	Gl	B	3		335
0+447	79	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	334
0+445.5	79	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+445.5	79	B	3	3.5	Dpt	M		1	333
0+445.5	79	B	3	3.5	Dpt	A		1.95	332
0+445.5	79	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	331
0+444	78	A	3	3.5	Gl	A	3		330
0+444	78	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	329
0+439.5	77	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+439.5	77	B	3	3.5	Dpl	M	2.5		328
0+439.5	77	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	327
0+438	76	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	326
0+436.5	76	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+436.5	76	B	3	3.5	Dpt	M		3.5	325
0+436.5	76	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	324
0+435	75	A	3	3.5	Gt	M		2.1	323
0+435	75	A	3	3.5	Gb	A	3	3.5	322
0+433.5	75	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+433.5	75	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	321
0+432	74	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	320
0+432	74	A	3	3.5	Gb	A	3	3.5	319
0+432	74	A	3	3.5	Gb	A	3	3.5	318
0+432	74	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	317
0+430.5	74	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+430.5	74	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	316
0+429	73	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	315
0+427.5	73	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	

0+427.5	73	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	314
0+426	72	A	3	3.5	Gl	M	3		313
0+426	72	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	312
0+424.5	72	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+424.5	72	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	311
0+423	71	A	3	3.5	Pchc	M	3	3.5	309
0+423	71	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	310
0+421.5	71	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+421.5	71	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	307
0+423	70	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	306
0+423	70	A	3	3.5	Dpt	B	3	3.5	305
0+423	70	A	3	3.5	Gb	A	3	3.5	304
0+418.5	70	B	3	3.5	Pchc	B	3	0.3	
0+418.5	70	B	3	3.5	Gt	M		3.5	303
0+418.5	70	B	3	3.5	Gl	B	1		302
0+418.5	70	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	301
0+417	69	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	300
0+415.5	69	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+415.5	69	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	299
0+415.5	69	B	3	3.5	Fl	M	3		298
0+414	68	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	297
0+414	68	A	3	3.5	Dpl	B	1.5		296
0+414	68	A	3	3.5	Gl	M	1		295
0+414	68	A	3	3.5	Gt	A		3.5	294
0+412.5	68	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+412.5	68	B	3	3.5	Dpt	M		3	293
0+412.5	68	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	292
0+411	67	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	291
0+411	67	A	3	3.5	Gl	B	3		290
0+411	67	A	3	3.5	Dpl	M	3		289
0+411	67	A	3	3.5	Dpt	B		1	288
0+414	67	A	3	3.5	De			3.5	287
0+409.5	67	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+409.5	67	B	3	3.5	Dpt	B		0.6	286
0+409.5	67	B	3	3.5	Gl	B	3		285
0+409.5	67	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	284
0+408	66	A	3	3.5	Dpl	B	3		283
0+408	66	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	282
0+406.5	66	B	3	3.5	Pchc	B	3	0.3	
0+406.5	66	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	280
0+405	65	A	3	3.5	Dpl	M	0.6		279

0+405	65	A	3	3.5	Dpt	M		3.5	278
0+405	65	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	277
0+403.5	65	B	3	+	Pchc	B	3	0.3	
0+403.5	65	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	281
0+400.5	64	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	276
0+400.5	64	A	3	3.5	Gb	A	3	2	275
0+400.5	64	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+400.5	64	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	274
0+399	63	A	3	3.5	Dpt	M		1.2	273
0+399	63	A	3	3.5	Dpl	A	1.7		272
0+399	63	A	3	3.5	Gl	M	3		271
0+399	63	A	3	3.5	Gt	B		1.8	270
0+399	63	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	269
0+397.5	63	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+397.5	63	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	268
0+396	62	A	3	3.5	Dpl	M	0.5		267
0+396	62	A	3	3.5	Pchc	B	2.55	1.4	266
0+396	62	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	265
0+394.5	62	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+394.5	62	B	3	3.5	Pu	B	3	3.5	264
0+391.5	61	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+391.5	60	A	3	3.5	Dpl	M	0.6		263
0+393	60	A	3	3.5	Dpt	A		2	262
0+390	60	A	3	3.5	Gl	M	3		261
0+390	60	A	3	3.5	Gt	M		1	260
0+390	60	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	259
0+388.5	60	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+388.5	60	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	258
0+389.5	59	A	3	3.5	Dpl	A	1.5		255
0+389.5	59	A	3	3.5	Gt	A		0.7	254
0+387	59	A	3	3.5	Pchc	M	1.5	0.9	253
0+387	59	A	3	3.5	Gl	A	3		252
0+387	59	A	3	3.5	Dpt	M		2.7	251
0+387	59	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	250
0+385.5	59	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+385.5	59	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	249
0+385.5	59	B	3	3.5	Dpt	A		3.5	248
0+384	58	A	3	3.5	Gl	M	3		257
0+384	58	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	256
0+379.5	58	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+376.5	57	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	

0+376.5	56	B	3	3.5	Pchc	B	3	0.3	
0+376.5	56	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	244
0+373.5	55	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+373	54	A	3	3.5	Ga	M	1.15	1.15	247
0+372	54	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	246
0+372	54	A	3	3.5	Gl	M	3		245
0+370.5	54	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+367.5	53	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+367.5	53	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	243
0+368	52	A	3	3.5	Gl	B	1.3		241
0+367	52	A	3	3.5	Dpl	A	2.1		240
0+366	52	A	3	3.5	Gl	A	3		239
0+366	52	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	238
0+364.5	52	B	2.95	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+364.5	52	B	2.95	3.5	Pu	M	2.95	3.5	237
0+363	51	A	3	3.5	Dpl	A	3		236
0+363	51	A	3	3.5	Dpt	A		3.5	235
0+363	51	A	3	3.5	Gl	A	3		234
0+363	51	A	3	3.5	Pu	M	3	1.25	233
0+361.5	51	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+358.5	50	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+358.5	50	B	3	3.5	Dpl	A	3		232
0+358.5	50	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	231
0+355.5	49	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+354	48	A	3	3.5	Gb	A	3	3.5	230
0+352.5	48	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+349.5	47	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+349.5	47	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	229
0+346.5	46	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+345	45	A	3	3.5	Cd		3	3.5	228
0+343.5	45	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+343.5	45	B	3	3.5	Pu		3	3.5	227
0+343.5	45	B	3	3.5	Gl	A	2.2		226
0+345	45	B	3	3.5	Gt	A		1.2	225
0+346	45	B	3	3.5	Pcha	B	0.7	2	224
0+340.5	44	B	3	3.5					
0+339	43	A	3	3.5	Cd		3	1.25	223
0+339	43	A	3	3.5	Gb	A	1.3	2.1	222
0+337.5	43	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+334.5	42	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+331.5	41	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	

0+331.5	41	B	3	3.5	Gl	M	3		221
0+331.5	41	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	220
0+330	40	A	3	3.5	Dpl	A	3		219
0+331.5	40	A	3	3.5	Gt	M		1	218
0+330	40	A	3	3.5	Gl	A	3		217
0+333	40	A	3	3.5	Dpt	A		1.4	216
0+330	40	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	215
0+328.5	40	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+330.5	40	B	3	3.5	Gb	A	1.1	1.6	214
0+331.5	40	B	3	3.5	Gl	A	3		
0+331.5	40	B	3	3.5	Dpt	B		3.5	213
0+328.5	40	B	3	3.5	Dpt	A		1.9	212
0+328.5	40	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	211
0+327	39	A	2.95	3.5	Dpl	B	2.95		210
0+327	39	A	2.95	3.5	Gb	A	2.95	2.4	209
0+327	39	A	2.95	3.5	Pu	M	2.95	3.5	208
0+325.5	39	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+322.5	38	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+319.5	37	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+316.5	36	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+316.5	36	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	207
0+313.5	35	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+312	34	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	206
0+310.5	34	A	3	3.5	Gl	M	3		205
0+310.5	34	A	3	3.5	Dpt	A		1.7	204
0+310.5	34	A	3	3.5	Dpl	A	3		203
0+310.5	34	A	3	3.5	Dpt	A		3.5	202
0+310.5	34	B	3	3.5	Pchc	M	3	0.3	
0+310.5	34	B	3	3.5	Pu	M	3	3.5	198
0+310.5	34	B	3	3.5	Dpl	A	0.55		200
0+310.5	34	B	3	3.5	Dpt	A		1	199
0+309	33	A	3	3.5	Gt	M		1.35	197
0+309	33	A	3	3.5	Gl	A	3		196
0+309	33	A	3	3.5	Pu	B	3	3.5	195
0+307.5	33	B	2.95	3.5	Pchc	M	2.95	0.3	
0+304.5	32	B	2.95	3.5	Pchc	M	2.95	0.3	
0+301.5	31	B	2.95	3.5	Pchc	M	2.95	0.3	
0+298.5	30	B	2.95	3.5	Pchc	M	2.95	0.3	
0+298.5	30	B	2.95	3.5	Pu	B	2.95	3.5	194
0+295.5	29	B	2.95	3.5	Pchc	M	2.95	0.3	
0+294	28	A	3	3.5	Gl	A	3		193

0+294	28	A	3	3.5	Dpt	A	1.1		192
0+294	28	A	3	3.5	Dpl	A	0.75		191
0+294	28	A	3	3.5	Cd		3	3.5	190
0+292.5	28	B	2.95	3.5	Pchc	M	2.95	0.3	
0+289.5	27	B	2.95	3.5	Pchc	M	2.95	0.3	
0+289.5	27	B	2.95	3.5	Gt	A	1.3		189
0+289.5	27	B	2.95	3.5	Pu	A	2.95	3.5	188
0+288	26	A	2.95	3.5	Gl	A	2.95		187
0+288	26	A	2.95	3.5	Dpl	A	2.95		186
0+288	26	A	2.95	3.5	Cd		2.95	3.5	185
0+286.5	26	B	2.95	3.5	Pchc	M	2.95	0.3	
0+289.5	26	B	2.95	3.5	Dpt	A		3.5	184
0+286.5	26	B	2.95	3.5	Pu	A	2.95	3.5	183
0+286.5	26	B	2.95	3.5	Gl	A	2.95		182
0+286.5	26	B	2.95	3.5	Dpt	A		3.5	181
0+283.5	25	B	2.95	3.5	Pchc	M	2.95	0.3	
0+282	24	A	2.95	3.5	Di		1.5	1	180
0+280.5	24	B	2.95	3.5	Pchc	M	2.95	0.3	
0+277.5	23	B	2.9	3.4	Pchc	M	2.9	0.3	
0+277.5	23	B	2.9	3.4	Gl	A	2.9		179
0+280	23	B	2.9	3.4	Gt	A	1.8		178
0+277.5	23	B	2.9	3.4	Pu	B	2.9	3.4	177
0+274.5	22	B	2.9	3.4	Pchc	M	2.9	0.3	
0+271.5	21	B	2.9	3.4	Pchc	M	2.9	0.3	
0+270	20	A	2.95	3.5	Gl	A	2.95		176
0+270	20	A	2.95	3.5	Pu	M	2.95	3.5	175
0+268.5	20	B	3	3.4	Pchc	M	3	0.3	
0+271.5	20	B	3	3.4	Dpl	A	1.6		173
0+268.5	20	B	3	3.4	Pu	M	3	3.4	174
0+265.5	19	B	3	3.4	Pchc	M	3	0.3	
0+262.5	18	B	3	3.4	Pchc	M	3	0.3	
0+263	17	A	3	3.5	Dpl	A	0.9		172
0+263.5	17	A	3	3.5	Pchc	A	1	0.8	171
0+262	17	A	3	3.5	Dpt	A	0.45		169
0+261	17	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	170
0+259.5	17	B	2.95	3.4	Pchc	M	2.95	0.3	
0+256.5	16	B	2.95	3.4	Pchc	M	2.95	0.3	
0+253.5	15	B	2.95	3.4	Pchc	M	2.95	0.3	
0+253.5	15	B	2.95	3.4	Pu	B	2.95	3.4	168
0+250.5	14	B	2.95	3.4	Pchc	M	2.95	0.3	
0+247.5	13	B	3.3	3.4	Pchc	M	3.3	0.3	

0+246	12	A	3	3.5	Pu	M	3	3.5	164
0+246	12	A	3	3.5	Hu	B	1	1.2	163
0+246	12	A	3	3.5	Gt	A	1.4		163
0+244.5	12	B	3.3	3.4	Pchc		3.3	0.3	
0+241.5	11	B	3.3	3.4	Cd		3.3	3.4	166
0+241.5	11	B	3.3	3.4	Pchc	A	3.3	0.3	
0+238.5	10	B	3.3	3.4	Pchc	M	3.3	0.3	
0+237	9	A	3	3.5	Cd		3	3.5	162
0+237	9	A	3	3.5	Gb	A	3	3.5	162
0+235.5	9	B	3	3.4	Pchc	M	3	0.3	
0+232.5	8	B	3	3.4	Pchc	A	3	0.3	
0+234	8	B	3	3.4	Cd		3	3.4	161
0+232.5	8	B	3	3.4	Hu	B	3	3.4	160
0+232.5	8	B	3	3.4	Ge	A	3	3.4	160
0+232.5	8	B	3	3.4	Ga	A	3	3.4	159
0+234	8	A	3.3	3.5	Cd		3.3	3.5	158
0+234	8	A	3.3	3.5	Gb	A	3.3	3.5	158
0+229.5	7	B	3.1	3.5	Pchc	M	3.1	0.3	
0+226.5	6	B	3.1	3.5	Pchc	A	3.1	0.3	
0+226.5	6	B	3.1	3.5	Cd		3.1	3.5	156
0+226.5	6	B	3.1	3.5	Gb	A	3.1	3.5	156
0+223.5	5	B	3.1	3.5	Pchc	M	3.1	3.5	
0+220.5	4	B	3.1	3.5	Pchc	M	3.1	3.5	
0+222	4	A	3	3.5	Gb	A	1.6	3.4	157
0+217.5	3	B	3	3.4	Pchc	M	3	0.3	
0+219	3	B	3	3.4	Gb	A	3	1.5	153
0+217.5	3	B	3	3.4	Cd		3	3.4	155
0+217.5	3	B	3	3.4	Dpt	M	0.52		154
0+217.5	3	B	3	3.4	Ge	A	2.2		152
0+214.5	2	B	3	3.4	Pchc	M	3	0.3	
0+213	1	A	3	3.65	Cd		3	3.65	150
0+213	1	A	3	3.65	Gb	A	3	3.65	150
0+211.5	1	B	3	3.4	Pchc	M	3	0.3	
0+211.5	1	B	3	3.4	Cd		3	3.4	151
0+211.5	1	B	3	3.4	Gb	A	3	3.4	151

ANEXO D

FOTOGRAFÍAS FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

Abscisa	Foto	Fotografía
Pr0+000	3	
Pr0+000	5	
Pr0+000	6	
Pr0+000	7	
Pr0+000	8	
Pr0+000	10	

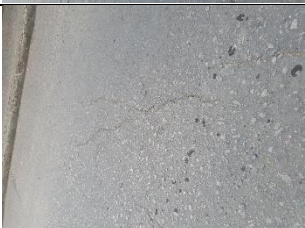
Pr0+020	13			
Pr0+020	14			
Pr0+020	17			
Pr0+020	23			
Pr0+020	24			
Pr0+040	27			
Pr0+040	29			

Pr0+040	32			
Pr0+040	33			
Pr0+040	34			
Pr0+060	37			
Pr0+060	38			
Pr0+060	39			
Pr0+060	47			

Pr0+060	48	
Pr0+060	49	
Pr0+060	51	
Pr0+060	53	
Pr0+060	54	
Pr0+060	56	
Pr0+060	58	

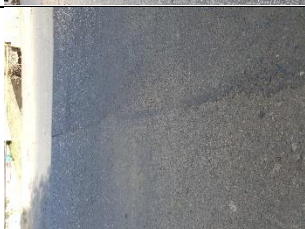
Pr0+080	61			
Pr0+080	62			
Pr0+080	63			
Pr0+080	64			
Pr0+080	65			
Pr0+080	66			
Pr0+080	71			

Pr0+100	74	
Pr0+100	77	
Pr0+100	80	
Pr0+100	82	
Pr0+100	83	
Pr0+100	85	
Pr0+120	98	

Pr0+140	109	
Pr0+140	110	
Pr0+160	117	
Pr0+200	125	
Pr0+200	126	

ANEXO E

FOTOGRAFÍAS FISURAS EN JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

Abscisa	Foto	Fotografía
Pr0+040	30	
Pr0+080	60	
Pr0+100	73	
Pr0+100	79	
Pr0+200	124	

ANEXO F

FOTOGRAFÍAS FISURAS EN BLOQUE

Abscisa	Foto	Fotografía
Pr0+000	9	
Pr0+020	19	
Pr0+040	25	
Pr0+040	26	
Pr0+040	28	
Pr0+040	35	

Pr0+060	41		
Pr0+060	44		
Pr0+060	52		
Pr0+080	70		
Pr0+100	86		
Pr0+120	88		
Pr0+120	91		

Pr0+120	94		
Pr0+120	95		
Pr0+120	96		
Pr0+120	97		
Pr0+120	103		
Pr0+140	108		
Pr0+140	111		

Pr0+140	115	
Pr0+160	119	
Pr0+200	122	

ANEXO G

FOTOGRAFÍAS PIEL DE COCODRILO

Abscisa	Foto	Fotografía
Pr0+020	18	
Pr0+160	120	

ANEXO H

FOTOGRAFÍAS HUNDIMIENTO

Abscisa	Foto	Fotografía
Pr0+020	15	
Pr0+040	24	
Pr0+060	57	
Pr0+160	101	

ANEXO I

FOTOGRAFÍAS PÉRDIDA DE AGREGADO

Abscisa	Foto	Fotografía
Pr0+000	1	
Pr0+020	20	
Pr0+020	21	
Pr0+120	93	

ANEXO J

FOTOGRAFÍAS PULIMIENTO DEL AGREGADO

Abscisa	Foto	Fotografía
Pr0+000	12	

ANEXO K
FOTOGRAFÍAS BACHES

Abscisa	Foto	Fotografía
Pr0+060	40	
Pr0+080	67	
Pr0+100	72	
Pr0+100	78	
Pr0+120	89	
Pr0+120	102	

Pr0+120	105	
Pr0+140	106	
Pr0+200	123	

ANEXO L

FOTOGRAFÍAS PARCHES

Abscisa	Foto	Fotografía
Pr0+000	2	
Pr0+000	11	
Pr0+040	31	
Pr0+060	43	
Pr0+060	45	
Pr0+060	46	

Pr0+060	50	
Pr0+060	55	
Pr0+060	59	
Pr0+080	68	
Pr0+080	69	
Pr0+100	76	
Pr0+100	81	

Pr0+100	84	
Pr0+100	87	
Pr0+120	92	
Pr0+120	99	
Pr0+120	100	
Pr0+140	107	
Pr0+140	112	

Pr0+140	113	
Pr0+140	114	
Pr0+160	118	
Pr0+160	121	
Pr0+200	127	

ANEXO M

FOTOGRAFÍAS GRIETAS DE ESQUINA

ABSCISA	FOTO	FOTOGRAFÍA
PR0+217.5	152	
PR0+232.5	160	
PR0+501	370	
PR0+501	375	

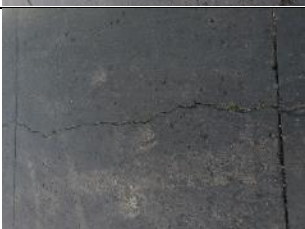
ANEXO N

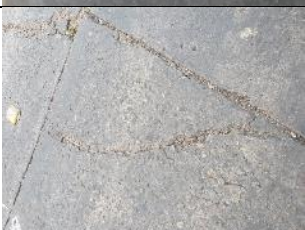
FOTOGRAFÍAS GRIETAS LONGITUDINALES

ABSCISA	FOTO	FOTOGRAFÍA
PR0 + 270	176	
PR0 + 277.5	179	
PR0 + 286.5	182	
PR0 + 288	187	
PR0 + 289.5	189	
PR0 + 294	193	

PR0 + 309	196	
PR0 + 312	205	
PR0 + 330	217	
PR0 + 331.5	221	
PR0 + 343.5	226	
PR0 + 363	234	
PR0 + 366	239	

PR0 + 366	241	
PR0 + 372	245	
PR0 + 387	252	
PR0 + 384	257	
PR0 + 390	261	
PR0 + 399	271	
PR0 + 409.5	285	

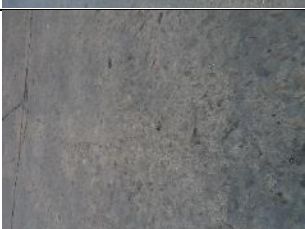
PR0 + 411	290			
PR0 + 414	295			
PR0 + 415.5	298			
PR0 + 418.5	302			
PR0 + 426	313			
PR0 + 444	330			
PR0 + 444	335			

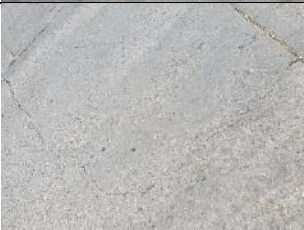
PR0 + 453	339			
PR0 + 462	347			
PR0 + 483	357			
PR0 + 489	361			
PR0 + 492	364			
PR0 + 499.5	371			
PR0 + 499.5	374			

ANEXO O

FOTOGRAFÍAS GRIETAS TRANSVERSALES

ABSCISA	FOTO	FOTOGRAFÍA
PR0 + 246	163	
PR0 + 277.5	178	
PR0 + 289.5	189	
PR0 + 330	197	
PR0 + 330	218	
PR0 + 343.5	225	

PR0 + 387	254		
PR0 + 390	260		
PR0 + 399	270		
PR0 + 414	294		
PR0 + 418.5	303		
PR0 + 435	323		
PR0 + 451.5	337		

PR0 + 460.5	346	
PR0 + 484.5	359	
PR0 + 493.5	366	
PR0 + 500	373	

ANEXO P

FOTOGRAFÍAS GRIETAS EN POZOS Y SUMIDEROS

ABSCISA	FOTO	FOTOGRAFÍA
PR0 + 232.5	159	
PR0 + 372	247	
PR0 + 471	352	

ANEXO Q

FOTOGRAFÍAS DESPORTILLAMIENTO DE JUNTAS

ABSCISA	FOTO	FOTOGRAFÍA
PR0 + 261	169	
PR0 + 268.5	173	
PR0 + 286.5	181	
PR0 + 288	186	
PR0 + 294	191	
PR0 + 294	192	

PR0 + 310.5	199			
PR0 + 310.5	200			
PR0 + 312	202			
PR0 + 312	203			
PR0 + 312	204			
PR0 + 327	210			
PR0 + 328.5	212			

PR0 + 330	216	
PR0 + 330	219	
PR0 + 361.5	232	
PR0 + 363	235	
PR0 + 363	236	
PR0 + 366	240	
PR0 + 385.5	248	

PR0 + 387	251	
PR0 + 387	255	
PR0 + 390	262	
PR0 + 390	263	
PR0 + 396	267	
PR0 + 399	272	
PR0 + 405	279	

PR0 + 408	283	
PR0 + 409.5	286	
PR0 + 411	289	
PR0 + 412.5	293	
PR0 + 414	296	
PR0 + 420	305	
PR0 + 436.5	325	

PR0 + 439.5	328			
PR0 + 445.5	332			
PR0 + 445.5	333			
PR0 + 462	348			
PR0 + 469.5	350			

ANEXO R

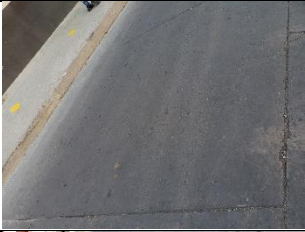
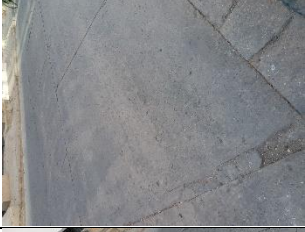
FOTOGRAFÍAS DESCASCARAMIENTO

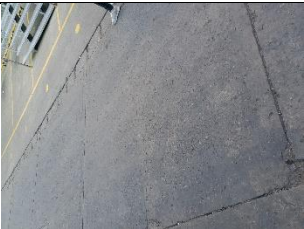
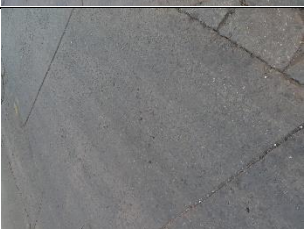
ABSCISA	FOTO	FOTOGRAFÍA
PR0 + 411	287	

ANEXO S

FOTOGRAFÍAS PULIMIENTO

ABSCISA	FOTO	FOTOGRAFÍA
PR0 + 270	175	
PR0 + 279	177	
PR0 + 286.5	183	
PR0 + 429	315	
PR0 + 427.5	316	
PR0 + 432	317	

PR0 + 432	320	
PR0 + 436.5	324	
PR0 + 438	326	
PR0 + 439.5	327	
PR0 + 444	329	
PR0 + 445.5	331	
PR0 + 447	334	

PR0 + 451.5	336		
PR0 + 453	338		
PR0 + 454.4	340		
PR0 + 456	343		
PR0 + 457.5	344		
PR0 + 462	345		
PR0 + 469.5	349		

PR0 + 471	351	
PR0 + 475.5	354	
PR0 + 483	356	
PR0 + 484.5	358	
PR0 + 489	360	
PR0 + 490.5	362	
PR0 + 492	363	

PR0 + 493.5	365	
PR0 + 495	367	
PR0 + 499.5	369	
PR0 + 500	372	

ANEXO T

FOTOGRAFÍAS PARCHES

ABSCISA	FOTO	FOTOGRAFÍA
PR0 + 261	171	
PR0 + 343.5	224	
PR0 + 387	253	
PR0 + 396	266	
PR0 + 423	309	
PR0 + 456	342	

PR0 + 475.5	355	
-------------	-----	--

ANEXO U

FOTOGRAFÍAS HUNDIMIENTO O ASENTAMIENTOS

ABSCISA	FOTO	FOTOGRAFÍA
PR0 + 232.5	160	
PR0 + 246	163	

ANEXO V

FOTOGRAFÍAS GRIETAS EN BLOQUE

ABSCISA	FOTO	FOTOGRAFÍA
PR0 + 213	150	
PR0 + 211.5	151	
PR0 + 217.5	153	
PR0 + 223.5	156	
PR0 + 222	157	
PR0 + 234	158	

PR0 + 237	162	
PR0 + 327	209	
PR0 + 328.5	214	
PR0 + 339	222	
PR0 + 402	275	
PR0 + 420	304	
PR0 + 432	318	

PR0 + 432	319		
PR0 + 435	322		
PR0 + 456	341		
PR0 + 471	353		