



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA

Estudio Patológico y Propuesta de Intervención para 1 Kilómetro de Vía en el
Corregimiento el Totumo del Municipio de Ibagué Tolima



Oscar Alberto Camelo Charry
Arturo Suarez Rodriguez

Universidad Santo Tomas
Facultad de Ciencias y Tecnologías
Especialización en Patología de la Construcción
Ibagué – Tolima
2018



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA

Estudio Patológico y Propuesta de Intervención para 1 Kilómetro de Vía en el
Corregimiento el Totumo del Municipio de Ibagué Tolima



Oscar Alberto Camelo Charry
Arturo Suarez Rodriguez

Proyecto presentado para optar el título de Especialista en Patología de la
Construcción

Arquitecto Tito Varela
Director de Proyecto de Grado

Universidad Santo Tomas
Facultad de Ciencias y Tecnologías
Especialización en Patología de la Construcción
Ibagué – Tolima

2018



Agradecimientos

A Dios por todas las oportunidades que nos ha brindado y permitimos culminar satisfactoriamente este logro en nuestra formación profesional; a nuestras familias por el apoyo y la comprensión que siempre nos han brindado en cada meta a la que nos hemos propuesto.

A la universidad Santo Tomás, sus docentes ingenieros, con su excelencia académica y excelencia humana, que permitieron llenarnos de interés, motivación, para profundizar en cada una de las asignaturas proyectadas y realizadas del pensum.

A los ingenieros compañeros de clase, de la especialización, resaltando su grado de empatía y su colaboración, contribuyendo a un aprendizaje armónico, humano muy valioso.

Oscar Camelo Charry
Arturo Suarez Rodríguez



Glosario

Una hipótesis es algo que se supone con base en ciertos indicios, y por consiguiente se le otorga un cierto grado de posibilidades, para extraer de ello un efecto o una consecuencia. Su validez depende del sometimiento a varias pruebas, partiendo de las teorías elaboradas.

Agrietamiento: Aparición de grietas de diversa índole en la superficie de un pavimento.

Ahuellamiento: Depresión longitudinal continua de un pavimento asfáltico en las zonas de más frecuente canalización del tránsito.

Auscultación: Recolección de información sobre la condición estructural y funcional de un pavimento.

Bacheo: Reparaciones localizadas de un pavimento, consistente en la excavación y remoción de los materiales inadecuados y su reemplazo por otros de calidad satisfactorio, debidamente compactadas.

Carril de Diseño: Carril por el cual se espera la circulación del mayor número de cargas de diseño. Normalmente es cualquiera de las dos en una vía de dos carriles o cualquiera de los Exteriores en vías de carriles múltiples.

Daño: Condición y grado de deterioro que presenta un elemento estructural después de algún evento o causa del uso del inmueble

Defecto: Situación en que uno o más elementos de una construcción no cumplen la función para lo que han sido previstas.



Deflexión: Deformación vertical elástica que representa la respuesta del pavimento subrasante a la carga aplicada.

Deformación: Cambio de la forma de un material o una estructura por la aplicación de un esfuerzo mecánico (cm).

Depresión: Hundimiento localizado de un pavimento asfáltico, de forma circular o parecida a ello, sin pérdida de material.

Desprendimiento: Pérdida de materiales superficial que generalmente afecta pequeñas áreas de un pavimento.

Deterioros: Se denomina deterioro a cualquier cambio adverso de los mecanismos normales, de las propiedades físicas, químicas o ambas en la superficie o en el interior del elemento generalmente a través de la separación de sus componentes.

Falla: Defecto en la superficie de rodamiento de un pavimento que puede afectar adversamente su estabilidad y la seguridad, comodidad y rapidez de la circulación del tránsito.

Falla Estructural: Defecto en la superficie de rodamiento, causada por el colapso de una o más de las capas constitutivas del pavimento.

Falla Funcional: Defecto de la superficie de rodamiento, producida por fallas de la capa superficial que no afecta el comportamiento estructural de la calzada, pero que se traduce en incomodidades para el tránsito debido al aumento de seguridad.

Fallo: La finalización de la capacidad de un elemento para desempeñar la función requerida.



Fatiga: Reducción progresiva de la resistencia de un material debido a la aplicación repetida (cíclica) de esfuerzos sobre él.

Grieta: Hendidura; aproximadamente vertical, que se presenta en la superficie del pavimento, con abertura mayor de 3 mm. Este deterioro está evolución de una fisura y se desarrolla según las mismas con configuraciones y denominaciones.

Imprimación: Una capa de imprimación es una aplicación de ASFALTO de baja viscosidad a una base granular que se prepara para la colocación de una capa asfáltica.

Juicio Apodíctico: Eliminar la causa y reparar el efecto (problema deterioro lesiones... etc.)

Lesión: Es la manifestación visible de un proceso patológico (PP) que tiene:

- Una causa inicial
- Un desarrollo evolutivo
- Resultado final

Mantenimiento: Conjunto de actividades destinadas a prevenir daños o reparar defectos específicos de los componentes de una carretera, incluyendo calzada, bermas zonas laterales, dispositivos de drenajes, estructuras y elementos de control de tránsito.

Mezcla Asfáltica: Material utilizado en la construcción de pavimentos, formado por una combinación de agregados pétreos y un producto asfáltico.

La mezcla se realiza de forma mecánica, bien en una planta fija o móvil, debiendo ser transportada después a la obra, donde se extiende y compacta o bien puede ser elaborado directamente en la vía.



Parche: Superficie de un pavimento donde se han efectuado operaciones de bacheo o parcheo.

Parcheo: Reparación localizada de la capa superior de un pavimento.

Patología: Disciplina (varias ciencias) que estudia los sistemas, los mecanismos y los orígenes de los defectos de las estructuras civiles o estructuras arquitectónicas.

Patología de la construcción: Disciplina que tiene objeto dar una explicación técnico-científica al comportamiento anormal de los materiales y de los subsistemas constructivos a través de un estudio sistemático y ordenado de los daños y deterioros; se debe recordar que los daños se producen por: sobrecargas, sismos, fuego y deslizamientos de tierras, sustancias químicas; y los deterioros se presentan por:

Exposición ambiental, y esto implica, por variación de temperatura (ΔT) por variación de humedad (ΔH), reacciones ácidas y alcalinas, con el transcurso del tiempo.

Además se debe analizar y determinar sus causas y la manera cómo influyen en la estructura (obra), para mediante la formulación de procesos estimar la vida residual y determinar las medidas correctivas que permitan recuperar las condiciones de desempeño en la obra teniendo en cuenta la factibilidad económica y segura de su reparación o mantenimiento, así por el contrario es necesaria su demolición.

Patología y la Rehabilitación de las Construcciones: Nace paralelamente con el desarrollo de las obras. De la antigüedad existen HITOS extraordinarias de las construcciones que al analizarlas con detenimiento presentan evidencias de las de los procesos constructivos y eventuales intervenciones el que por reparaciones tuvieron que realizarla.



Periodo De Diseño: Lapso transcurrido desde que un pavimento nuevo o recién rehabilitado se da el servicio, hasta que alcanza su índice de servicio terminal.

$$\Delta PS = P_0 - p_t$$

Pavimento: Capa o conjunto de capas comprendidas entre la sub-rasante y la superficie de rodamiento de los vehículos cuya función principal es la de soportar las cargas rodantes y transmitirles a los te referías terracerías, distribuyéndolas en tal forma que no se produzcan deformaciones (€) perjudiciales en ellas.

Piel de Cocodrilo: Fisuras interconectadas formando pequeños polígonos que asemejan la piel de un cocodrilo o la malla de gallinero.

Se producen por deformaciones verticales excesivas en la superficie debido a subrasantes y/o capas inferiores inestables o por fatiga de la estructura.

Preservación: Proceso de mantener una estructura en su condición presente y contrarrestar posteriores deterioros (preventivos)

Problemas Patológicos: Pueden presentarse durante el proceso de construcción durante la vida útil de la estructura (periodo de servicio); y pueden tener su origen desde la constitución misma de los elementos de construcción.

Rehabilitación: Etimológicamente viene del prefijo Re (hacia atrás) más habilitar (volumen nuevo). En la práctica implica el trabajo que se realiza para prolongar la vida de un pavimento, que puede incluir la colocación de una o más capas de Restauración o Refuerzo y otros trabajos necesarios de acondicionamientos, como la: Reparación de defectos localizados, el mejoramiento de drenaje y la reconstrucción de bermas, reciclada a la remoción y reemplazo parcial de la estructura existente.



Reparación: Proceso reemplazar o corregir materiales, componentes o elementos de una estructura los cuales se encuentran dañados, deteriorados o defectuosos (correctivo).

Restauración: Proceso de restablecer los materiales, la forma o la apariencia que tenía una estructura en una época determinada (correctivo).

Rigor: Propiedad y exactitud o, precisión en la realización de algo, especialmente en el análisis, el estudio o el trabajo científico.

Servicibilidad: Capacidad de un pavimento de servir al tránsito que hace uso de él en un momento determinado.

Tránsito Promedio Diario: TPD volumen de tránsito durante determinado período, dividida por el número de días del período.

Tratamiento Superficial: Aplicación de un ligante en estado líquido seguido de la extensión y compactación de una capa de gravilla de tamaño uniforme, en una o varias operaciones sucesivas.

Vía: Es una franja de terreno acondicionado para el tránsito vehicular se tiene que tener en cuenta las características de diseño, tipo de superficie de rodadura y la señalización.



Contenido

Introducción.....	16
1. Objetivos	19
1.1 Objetivo General	19
1.2 Objetivos Específicos.....	19
2. Justificación.....	21
3. Marco Teórico	22
4. Alcance	23
4.1 Selección del Paciente.....	24
4.2 Localización	25
5. Marco Legal	27
5.1 Historia Clínica.....	27
5.1.1 Inspección Preliminar	28
5.1.2 Estado Actual de la Vía	28
5.1.3 Temperatura y Precipitación de la Zona	28
6. Levantamiento Topográfico.....	31
6.1 Levantamiento de Daños	33
6.2 Aforo Vehicular	48
6.3 Esquema de clasificación de vehículos.....	49
6.4 Determinación del Número de Ejes Equivalentes de 8.2 Toneladas en el Carril de Diseño, para un Periodo de Diseño (N) de 15 Años.	55
6.5 Estudio de Suelos	59
	10



7. Diagnóstico	69
7.1 Propuesta de intervención	70
7.2 Diseño de la estructura de pavimento.....	70
8. Presupuesto	83
9. Conclusiones.....	84
Recomendaciones.....	87
Bibliografía	91
Anexos	93

Lista de Tablas

Tabla 1. Datos Meteorologicos	30
Tabla 2. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfaltico. Desplazamiento de Bordes.	35
Tabla 3. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfaltico. Fisuras longitudinales	36
Tabla 4. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfaltico. Fisuras transversales.....	37
Tabla 5. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfaltico. Fisuras de junta	38
Tabla 6. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfaltico. Fisuras en bloque	39
Tabla 7. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfaltico. Piel de cocodrilo.....	40
Tabla 8. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfaltico. Descascaramientos.....	41
Tabla 9. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfaltico. Ojo de pescado.....	42
Tabla 10. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfaltico. Bache tapado	43
Tabla 11. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfaltico. Bache destapado	44
Tabla 12. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfaltico. Cabezas dura.....	45
Tabla 13. Registro de lesiones y daños en estructura de pavimento. Alcantarilla.	46



Tabla 14. Registro de lesiones y daños en estructura de pavimento. Cunetas en tierra.	47
Tabla 15. Porcentaje de vehiculos comerciales	56
Tabla 16. Exploracion geotecnica ensayo de CBR para 1 kilometro del tramo vial corregimiento el Totumo, municipio de Ibague. Toma de muestra km 0 + 300.	61
Tabla 17. Exploracion geotecnica ensayo de CBR para 1 kilometro del tramo vial corregimiento el Totumo, municipio de Ibague. Toma de muestra km 0 + 750.	62
Tabla 18. Exploracion geotecnica, analisis granulometrico para 1 km del tramo vial corregimiento el Totumo, municipio de Ibague. Toma de muestra km 0 + 300.	63
Tabla 19. Exploracion geotecnica, analisis granulometrico para 1 km del tramo vial corregimiento el Totumo, municipio de Ibague. Toma de muestra km 0 + 750.	64
Tabla 20. Exploracion geotecnica, limite liquido y limite plastico para 1 km del tramo vial corregimiento el Totumo, municipio de Ibague. Toma de muestra km 0 + 300.	65
Tabla 21. Exploracion geotecnica, limite liquido y limite plastico para 1 km del tramo vial corregimiento el Totumo, municipio de Ibague. Toma de muestra km 0 + 750.	66
Tabla 22. Diagnóstico	69
Tabla 23. Valores Máximos Recomendados de Módulo Resiliente (E) Para capa de Rodadura.	71
Tabla 24. Nivel de Serviabilidad Inicial (Po) de Acuerdo con la AASHTO.....	74
Tabla 25. Nivel de Serviabilidad Final (Pt) de Acuerdo con la AASHTO.	74
Tabla 26. Valores de mi Recomendados para Modificar los Coeficientes de Capas de Base y Sub-Base	75
Tabla 27. Valores de Nivel de Confianza y Desviacion Normal Estandar Zr	76
Tabla 28. Error Normal Combinado Según el Tipo de Pavimento.	76
Tabla 29. Espesores Mínimos Recomendados por la AASHTO.....	79
Tabla 30. Espesores Recomendados de Sustitución de Sub-Rasante Natural para Alcanzar el CBR de Plataforma Mínimo del 5 %.	80
Tabla 31. Presupuesto de Obra Pavimentacion Tramo Vial.	83



Lista de Figuras

Figura 1. Plano topográfico (ubicación y área) del proyecto para 1 kilómetro de vía del Corregimiento el Totumo zona rural del municipio de Ibagué.	23
Figura 2. Panorámica del Tramo Vial del Corregimiento el Totumo en Zona Rural del Municipio de Ibagué.	24
Figura 3. Departamento del Tolima Municipio de Ibagué.	25
Figura 4. Municipio de Ibagué con sus Corregimientos.....	26
Figura 5. Estación Meteorológica Aeropuerto Perales del Municipio de Ibagué.....	29
Figura 6. Trabajos de Topografía. a) levantamiento topográfico con estación total, b) toma de puntos con prisma, c) marcación del abscisado. Para 1 kilómetro del Tramo Vial Corregimiento el Totumo en Zona Rural del Municipio de Ibagué.	32
Figura 7. Clasificación del Tipo de Vehículos de Acuerdo con la Disposición de sus Ejes.	49
Figura 8. Registro Fotográfico Conteo y Aforo Vehicular, Clasificación del Tipo de Vehículos de Acuerdo con la Disposición de sus Ejes Para 1 Kilómetro del Tramo Vial Corregimiento el Totumo Municipio de Ibagué.....	51
Figura 9. Registro toma de datos aforo vehicular sentido Ibagué Totumo – Totumo Ibagué (9 de octubre de 2017).	52
Figura 10. Registro de Aforo Vehicular Sentido Ibagué Totumo (10 de octubre de 2017).	52
Figura 11. Registro de Aforo Vehicular Sentido Ibagué Totumo (11 de octubre de 2017).	53
Figura 12. Registro de Aforo Vehicular Sentido Ibagué Totumo (12 de octubre de 2017).	53

Figura 13. Registro de Aforo Vehicular Sentido Ibague Totumo (13 de octubre de 2017)	54
Figura 14. Registro de Aforo Vehicular Sentido Ibague Totumo (14 de octubre de 2017).	54
Figura 15. Registro de Aforo Vehicular Sentido Ibague Totumo (15 de octubre de 2017).	55
Figura 16. Registro de las sumatorias totales del aforo vehicular sentido (Ibague, Totumo – Totumo, Ibague del 9 de octubre al 15 de octubre de 2017).	56
Figura 17. Toma de Muestras para Ensayo de CBR Tramo Vial Corregimiento el Totumo km 0 + 300.	67
Figura 18. Toma de Muestras para Ensayo de CBR Tramo Vial Corregimiento el Totumo km 0 + 750.	68
Figura 19. Coeficiente Estructural a2 para Base Granular no Tratada.	72
Figura 20. Coeficiente Estructural a3 para Sub-Base Granular no Tratada.	73
Figura 21. Ecuacion AASHTO 93.	77
Figura 22. Ecuacion AASHTO 93.	78
Figura 23. Ecuacion AASHTO 93.	79
Figura 24. Diseño de la estructura de pavimento.	82



Lista de Anexos

Anexo 1. Registro Aforo Vehicular	93
Anexo 2. Registro de las sumatorias totales del aforo vehicular sentido (Ibagué, Totumo – Totumo, Ibagué)	101



Introducción

El avanzado estado de deterioro que presenta la vía en la zona urbana del corregimiento el Totumo, conlleva a que se presenten una serie de problemas para su transitabilidad debido a que esta zona por ser un potencial turístico cerca de la ciudad de Ibagué y vía de comunicación hacia los municipios de Rovira y Ronces Valles Tolima, genera una serie de inconvenientes debido al incremento del tránsito que ha afectado la estructura actual del pavimento, llevando a un deterioro avanzado de la carpeta asfáltica existente, por las siguientes causas (incremento de las cargas de tránsito, falta de obras de drenaje que evacuen las aguas lluvias, falta de mantenimiento por parte del municipio de Ibagué), todo lo anterior generando consecuencias para la comunidad en general ya que sobre el eje vial en estudio se encuentran dos instituciones educativas y el puesto de salud.

Atreves de una visita de campo al corregimiento el Totumo, en zona rural del municipio de Ibagué, se pudo determinar e identificar las diferentes lesiones que se presentan en la estructura de pavimento flexible, observándose que en cada una de ellas se debe aplicar correctamente los procedimientos para su mantenimiento y rehabilitación de la estructura en estudio dentro de la conservación vial, que involucra una serie de actividades y procedimientos en los cuales juegan un papel importante el inventario, clasificación y cuantificación de los diferentes deterioros, así como su evaluación.

La caracterización de pavimentos permite, a través de técnicas no invasivas, realizar la evaluación del estado de un pavimento. La inspección visual de los deterioros de los pavimentos es una técnica no invasiva que puede ser aplicada en



forma manual o mecanizada, la cual permite identificar los defectos superficiales y posibles causas de daño de un pavimento.

Teniendo en cuenta el diagnóstico del pavimento se puede determinar de manera general la funcionalidad de la vía, lo que permite detectar las necesidades de mantenimiento obligatorias, para la reducción o eliminación de los daños que afectan la estructura de pavimento y por ende la comodidad del usuario.



1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Identificar e inspeccionar mediante una visita de campo las condiciones estructurales y las lesiones que presenta la estructura de pavimento en su carpeta asfáltica, llevando acabo un inventario de los daños, analizar sus causas de deterioro, gravedad y poder dar un concepto sobre el estado actual de la estructura mediante una inspección visual y técnica (recopilación de datos en campo, topografía y laboratorio de suelos) para el mantenimiento y conservación de la vía.

1.2 Objetivos Específicos

- Obtener información del estado físico del tramo de vía seleccionado en el análisis de deterioros de pavimentos flexibles.
- Clasificar los tipos de deterioros encontrados.
- Analizar las posibles causas que generan un tipo de deterioro en particular.
- Realizar las mediciones de los deterioros para catalogar su grado de severidad.
- Recomendar los procesos de reparación que más se adecuen a una situación particular (área de muestreo).
- Llevar a cabo un registro documental y fotográfico de la estructura del pavimento, y analizar el uso que se le está dando actualmente debido al incremento de las cargas del tránsito.



- Programar ensayos de laboratorio, destructivos y no destructivos de los elementos estructurales que se requieran.
- Ejecutar estudios técnicos y económicos concernientes al diagnóstico para la rehabilitación y mejoramiento de la estructura del pavimento.



2. Justificación

Dado el estado actual que presenta la estructura de la vía en pavimento flexible, se presenta la necesidad imperiosa de llevar a cabo el estudio de las lesiones que se presentan en los elementos que componen la estructura actual del pavimento, para así obtener la información necesaria de las fallas y lesiones que se están presentando y están llevando a un estado de deterioro acelerado, haciendo que la vía pierda sus características funcionales y de serviciabilidad.

Con base a la información recopilada, desarrollar alternativas de solución, para así brindar seguridad y transitabilidad adecuada de los vehículos que a diario usan este corredor vial.



3. Marco Teórico

Las obras civiles no son eternas, están diseñadas para una vida útil estimada según sea el diseño y construcción de pavimentos, rígidos o asfálticos. Se sabe que la estructura está expuesta al impacto del medio ambiente y a las cargas repetitivas del tránsito, con el transcurso del tiempo, comenzando a sufrir daños, deterioros, lesiones. Principalmente la falta de un adecuado mantenimiento, hacen que su funcionalidad disminuya implicando la ausencia de un tráfico fluido y seguro.

La cultura de mantenimiento implica disminuir costos y darle durabilidad a la estructura.



4. Alcance

El alcance del estudio a ejecutarse en el tramo vial ubicado en el corregimiento el Totumo en zona rural del municipio de Ibagué, comprende un área de 7,000 M² correspondientes a una longitud de 1 kilómetro por un ancho de calzada de 7 metros, estructura de pavimento que se encuentra con avanzados estados de deterioro en su capa de rodadura.

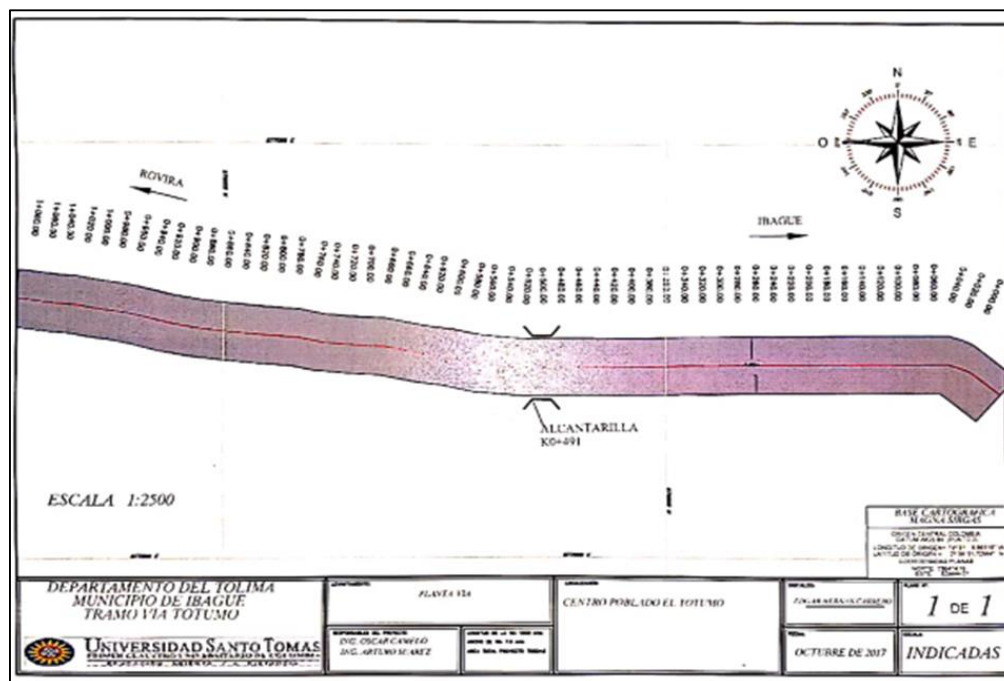


Figura 1. Plano topográfico (ubicación y área) del proyecto para 1 kilómetro de vía del Corregimiento el Totumo zona rural del Municipio de Ibagué. Fuente: Elaboración propia.

El alcance busca establecer las fases de observación, recopilación de la información, inspecciones técnicas, estudios y diseños.

Con lo anterior se busca establecer las especificaciones generales y particulares para el Estudio Patológico y Propuesta de Intervención.



Las labores realizadas previas para el diseño fueron los trabajos de campo. Los cuales consistieron en la recolección y toma de muestras, para realizar los ensayos de laboratorio al igual que los de campo, que arrojaron datos que permiten tener mayor conocimiento acerca del comportamiento y características de la estructura de pavimento actual sobre la cual se realiza el estudio para así poder plantear propuestas de intervención para el mejoramiento de la vía.

4.1 Selección del Paciente

Se estableció en el tramo vial como paciente para el estudio de patología ya que es un corredor vial muy importante para el desarrollo económico del sector y dada la falta de mantenimiento periódico en el transcurso de la vida útil de la estructura vial y que a simple vista se observan lesiones y daños representativos que disminuyen el bienestar y la comodidad de los usuarios que transitan diariamente por la vía.



Figura 2. Panorámica del Tramo Vial del Corregimiento el Totumo en Zona Rural del Municipio de Ibagué. Fuente: Elaboración propia.



La estructura vial cumple con los parámetros exigidos para ser tomada como paciente tales como: presenta un grado de deterioro evidente, no esta en proceso de intervención, se cuenta con permisos para realizar la toma de datos, ensayos y registros necesarios, para poder plantear soluciones técnicas y económicas para así poder mejorar las condiciones actuales y futuras de movilidad.

4.2 Localización

El corregimiento el Totumo constituye una parte considerable del suelo rural del municipio de Ibagué, sus 7,713,82 hectáreas representan el 5,69% del suelo rural total del municipio de Ibagué (135,550,02 hectáreas), el corregimiento el Totumo ocupa el 7 lugar en comparación con el total de la zona rural del municipio de Ibagué en cuanto a su extensión territorial (Hectáreas).



Figura 3. Departamento del Tolima Municipio de Ibagué. Fuente: Enciclopedia Libre Wikipedia, (2019)



El corregimiento el totumo posee una extensión de 7.713 hectáreas lo conforman 11 veredas y su suelo se identifica por las siguientes condiciones la cobertura vegetal esta representada por una alta diversidad de especies nativas e introducidas; aún se encuentran pequeñas áreas con relictos de bosque natural de segundo crecimiento y pasto natural principalmente en la zona montañosa, zonas cultivadas con Frutales como la Mora de Castilla, Café, Frijol y Maíz; entre otros; que proporcionan una gran oferta de alimento y condiciones propicias para la permanencia de especies faunísticas en especial de aves.” (Secretaria de Planeación Municipal, 2017).



Figura 4. Municipio de Ibagué con sus Corregimientos Fuente: Google. Limites de la ciudad de Ibagué.



5. Marco Legal

El tramo vial del corregimiento el Totumo pertenece al municipio de Ibagué, y en la parte correspondiente a infraestructura física (vías, puentes, vivienda, acueductos, alcantarillados, etc.) están a cargo de las secretarías de desarrollo rural y de infraestructura municipal. Actualmente las normativas para estudios, diseños y construcción empleados por la secretaria de infraestructura municipal en el área de las vías son las normas INVIAS y los códigos y decretos del Ministerio de Transporte.

5.1 Historia Clínica

El corredor vial Ibagué, Totumo, Carmen de Bulira, Municipio de Rovira cuenta con una longitud de 40 kilómetros, La vía fue pavimentada por primera vez en el año de 1992 siendo alcalde del municipio de Ibagué el Dr. Rubén Darío Rodríguez Góngora, el tramo comprendía el corregimiento el Totumo hasta el corregimiento el Carmen de Bulira, ya que esta vía siempre había sido destapada. La estructura de pavimento en los tramos que se pudo llevar a cabo una medición presenta un espesor de 7,0 Cm en la carpeta asfáltica, con respecto a las capas granulares no se pudo obtener la información ya que cuando consultamos con la secretaria de infraestructura del municipio de Ibagué no contaban con dicha información. Debido a que la vía fue pavimentada por primera vez en el año de 1992 lleva prestando un servicio a la fecha 2018 de 26 años en los cuales es muy poco el mantenimiento que se le hace a la capa de rodadura, los pocos mantenimientos que se le han hecho y se pueden observar son reparcheos de baches, en algunos tramos la misma comunidad se ve en la tarea de tapar ellos mismos esos baches con cemento, otro factor determinante para el deterioro acelerado de la estructura del pavimento es la falta de estructuras de drenaje a los lados de la vía como cunetas y alcantarillas ya que en el tramo de 1 km por ambos costados no se cuenta con estos elementos y cuando se presentan las lluvias el agua se empieza a filtrar deteriorando las capas granulares que componen la estructura de pavimento y por ultimo uno de los factores más perjudiciales es el aumento del tránsito debido a que el corregimiento el



Totumo por ser un sitio turístico, corredor vial hacia el municipio de Rovira Tolima y estar en una zona de explotación de materiales de cantera se ve un crecimiento acelerado del tránsito lo cual afecta a un más el deterioro de la estructura de pavimento (Alcaldía municipal de Ibagué. s.f.).

5.1.1 Inspección Preliminar

Con base a la recopilación y procesamiento de la información del trabajo de campo, buscamos dar a conocer toda la información relevante del trabajo, donde se explica ciertos procedimientos y técnicas como la auscultación de la estructura de la vía, conocer las lesiones que se presentan, para así poder brindar una solución práctica y económica del estudio que se llevara sobre el tramo vial.

5.1.2 Estado Actual de la Vía

El tramo vial actualmente presenta una serie de lesiones en su estructura de pavimento catalogadas como lesiones físicas, químicas y mecánicas todas presentes en la estructura de pavimento en estudio, las cuales mediante trabajos de recopilación de datos se identificara para así poder catalogar el grado de severidad de daño que está presentando la vía.

5.1.3 Temperatura y Precipitación de la Zona

El clima es el conjunto de las condiciones atmosféricas que caracteriza el estado del tiempo, durante un periodo y en algún lugar o región determinado.

Las condiciones ambientales tienen un efecto significativo en el desempeño de los pavimentos. La precipitación y la temperatura juegan un papel muy importante en la definición del grado de impacto que el medio ambiente ejerce en el comportamiento de las estructuras de pavimento. Factores internos como la susceptibilidad de los materiales

a la humedad, el drenaje de las capas granulares y la capa asfáltica, las infiltraciones de la estructura definen la forma como el pavimento reaccionara a la aplicación de las condiciones. Esta es la razón por la cual es necesario considerar las condiciones climáticas del corregimiento el Totumo, en nuestro caso para identificar como se ve afectada la estructura de pavimento existente y con base a los datos obtenidos de precipitación y días secos diseñar una estructura de pavimento con todas sus obras de drenaje ya que el estado actual de la vía en el tramo de estudio no presenta ningún tipo de estructura para el manejo de aguas.

Para la obtención de los datos de clima y precipitación tomamos como base la serie histórica del año 2017, los datos fueron suministrados por la estación meteorológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), ubicada en las instalaciones del aeropuerto perales de la ciudad de Ibagué. Ya que el corregimiento el totumo no cuenta con estaciones meteorológicas se optó por tomar los datos de la estación del aeropuerto perales de la ciudad de Ibagué ya que es la estación más cercana para poder obtener los datos más confiables.

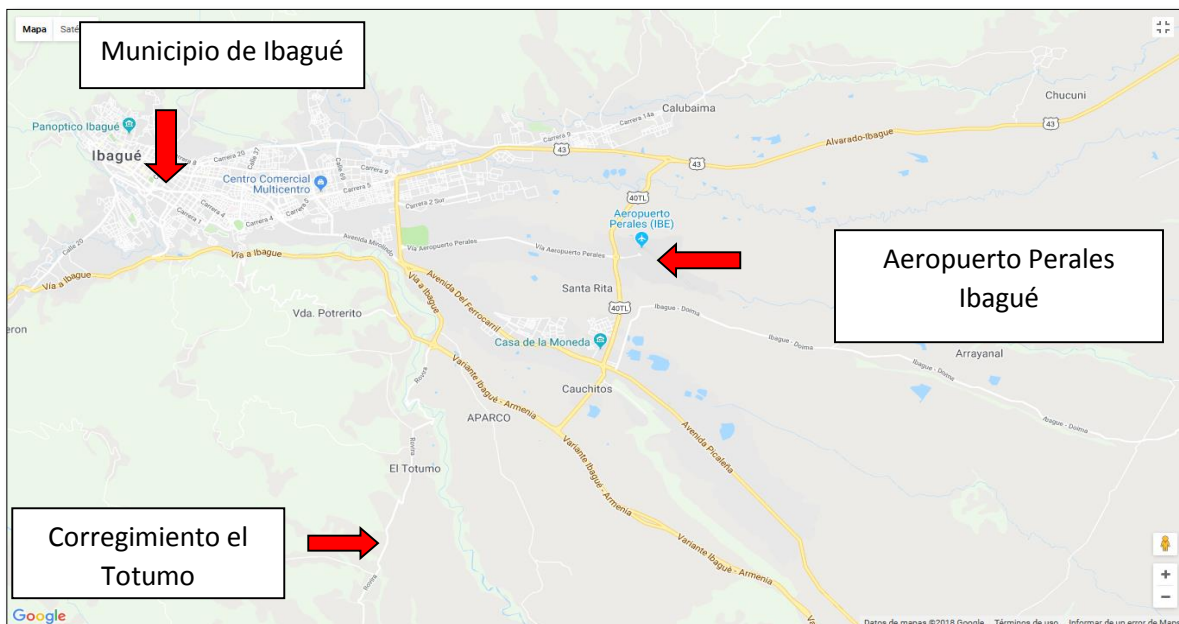


Figura 5. Estación Meteorológica Aeropuerto Perales del Municipio de Ibagué. Fuente: Google.

- Nombre Estación Meteorológica IDEAM: Ibagué / Aeropuerto Perales.
- Aeropuerto Perales, coordenadas : 4°25'17"N, 75°07'57"O.
- Elevación: 930 msnm.

Tabla 1. Datos Meteorológicos

Datos meteorológicos año 2017 instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM estación aeropuerto perales Ibagué Tolima.		
Datos	Valor	Año 2017 días computados
Temperatura media anual	25.8 °C	365
Temperatura máxima media anual	29.9 °C	365
Temperatura mínima media anual	20.1 °C	365
Humedad media anual	71.3 %	365
Precipitación total anual	1204.97 mm	365
Visibilidad media anual	10.5 Km	365
Velocidad media anual del viento	9.1 Km/h	365
Días con lluvia	108	365
Días con niebla	112	365
Días con tornados	0	365
Días con granizo	0	365

Fuente: Estacion Meteorologica Aeropuerto Perales Municipio de Ibague.



6. Levantamiento Topográfico

Se realiza el levantamiento topográfico para 1 kilómetro de vía del Corregimiento el Totumo en zona rural del municipio de Ibagué donde se pudo establecer que el diseño geométrico actual cumple con las necesidades del entorno. El objetivo del levantamiento topográfico es llevar a cabo la descripción detallada del tramo vial y el entorno que abarca el presente estudio.

Una vez obtenidos los datos del levantamiento topográfico se pueden plasmar mediante un plano donde se describe en forma detallada las principales características de la vía.

Se realizan las siguientes observaciones del levantamiento topográfico.

- Mejorar el ancho de bermas para facilitar un espaciamiento adecuado ya que actualmente la vía no cuenta con bermas.
- Construcción de cunetas y alcantarillas para el manejo de aguas de escorrentía ya que actualmente la vía no cuenta con estructuras de drenaje tipo cunetas y cuenta con una alcantarilla en el Km 0 + 491 que se encuentra colmatada de material vegetal y tierra.



Levantamiento topográfico de la vía.



a)



b)



c)

Figura 6. Trabajos de Topografía. a) levantamiento topográfico con estación total, b) toma de puntos con prisma, c) marcación del abscisado. Para 1 kilómetro del Tramo Vial Corregimiento el Totumo en Zona Rural del Municipio de Ibagué. Fuente: Elaboración propia.



6.1 Levantamiento de Daños

De acuerdo a la evaluación estructural realizada en el trayecto de 1 kilómetro de la vía principal del corregimiento el totumo en zona rural del municipio de Ibagué, realizamos un estudio detallado de la estructura de pavimento identificando los tipos de fallas por insuficiencia estructural debido al empleo de materiales inapropiados en cuanto a resistencia, defectos debido a procesos constructivos inadecuados y fallas por fatiga debido al incremento de las cargas de tránsito generando degradación estructural y pérdida de resistencia.

La estructura de pavimento existente presenta una evolución de daños que a lo largo de 26 años se han venido evidenciando por falta de mantenimiento y al incremento de las cargas de tránsito.

Dentro de la evolución de daños podemos resaltar las siguientes causas:

- Cargas extraordinarias de tránsito.
- Fatigas de los materiales.
- Grietas y fisuras.
- Desprendimientos.
- Degradación de la capa de rodadura
- Falta de drenajes.
- Destrucción del pavimento.

A continuación, se presenta la recopilación de la historia clínica del tramo vial en estudio, presentando los formatos relacionados con la información y registro de las lesiones que se presentan en el tramo vial de estudio.



Las lesiones más críticas que encontramos durante la inspección visual fueron las siguientes:

- Desplazamientos de borde.
- Fisuras longitudinales, transversales, junta y de bloque.
- Piel de cocodrilo.
- Descascaramientos.
- Ojo de pescado.
- Bache tapado y bache destapado.
- Cabezas duras.
- Lesiones en cunetas en tierra y estructura de drenaje (alcantarilla).



Tabla 2. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfáltico. Desplazamiento de Bordes.

Desplazamiento de bordes

Son distorsiones y corrimientos localizados cerca del borde de la calzada o en las bermas. Este tipo de lesión se presenta en los bordes de la vía debido a la falta de confinamiento, indicios de inestabilidad de los suelos, deficiencias de drenaje y a las cargas de tránsito que circulan cerca del borde de la vía.

Calificación de la lesión

(Fuente INVIAS guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación 2002).

Calificación de la sección	Estado de la sección	Posible tipo de intervención
De 0,0 a 1,5	Muy malo	Reconstrucción
De 1,6 a 2,5	Malo	Rehabilitación
De 2,6 a 3,5	Regular	Refuerzo - mantenimiento rutinario
De 3,5 a 4,0	Bueno	Mantenimiento rutinario y recurrente
De 4,1 a 5,0	Muy bueno	Mantenimiento rutinario

La calificación que le damos a este tipo de lesión de desplazamiento de bordes es de 1,5 estado muy malo, tramo para reconstrucción, este tipo de lesión se presenta en todo el tramo vial debido a la falta de bermas y cunetas para la protección de la capa asfáltica.



Fuente: Elaboracion Propia



Tabla 3. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfáltico. Fisuras longitudinales

Fisuras longitudinales

Son fisuras sensiblemente paralelas al eje de la vía, en general cerca del borde o en las huellas del tránsito. Su unidad de medida es longitud en metros.

Calificación de la lesión

(Fuente INVIAS guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación 2002).

Calificación de la sección	Estado de la sección	Posible tipo de intervención
De 0,0 a 1,5	Muy malo	Reconstrucción
De 1,6 a 2,5	Malo	Rehabilitación
De 2,6 a 3,5	Regular	Refuerzo - mantenimiento rutinario
De 3,5 a 4,0	Bueno	Mantenimiento rutinario y recurrente
De 4,1 a 5,0	Muy bueno	Mantenimiento rutinario

La calificación que le damos a este tipo de lesión de fisuras longitudinales es de 2,8 regular, tramo para mantenimiento, esta lesión se presenta en todo el tramo vial debido a la fatiga del pavimento.



Fuente: Elaboracion Propia



Tabla 4. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfáltico. Fisuras transversales

Fisuras transversales

Son fisuras sensiblemente perpendiculares al eje del pavimento.

Calificación de la lesión

(Fuente INVIAS guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación 2002).

Calificación de la sección	Estado de la sección	Posible tipo de intervención
De 0,0 a 1,5	Muy malo	Reconstrucción
De 1,6 a 2,5	Malo	Rehabilitación
De 2,6 a 3,5	Regular	Refuerzo - mantenimiento rutinario
De 3,5 a 4,0	Bueno	Mantenimiento rutinario y recurrente
De 4,1 a 5,0	Muy bueno	Mantenimiento rutinario

La calificación que le damos a este tipo de lesión fisuras longitudinales es de 2,5, estado malo, tramo para rehabilitación estas fisuras se deben a contracción de la capa asfáltica por bajas temperaturas y a la expansión por altas temperaturas. Alrededor de estas fallas se presenta otro tipo de lesiones.



Fuente: Elaboracion Propia



Tabla 5. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfáltico. Fisuras de junta

Fisuras de junta		
Son fisuras longitudinales en la unión de dos franjas de capa de rodadura en concreto asfáltico.		
Calificación de la lesión		
(Fuente INVIAS guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación 2002).		
Calificación de la sección	Estado de la sección	Posible tipo de intervención
De 0,0 a 1,5	Muy malo	Reconstrucción
De 1,6 a 2,5	Malo	Rehabilitación
De 2,6 a 3,5	Regular	Refuerzo - mantenimiento rutinario
De 3,5 a 4,0	Bueno	Mantenimiento rutinario y recurrente
De 4,1 a 5,0	Muy bueno	Mantenimiento rutinario

La calificación que le damos a este tipo de lesión fisuras de junta es de 2,6 estado regular, tramo para rehabilitación, este tipo de fisuras se presenta en las secciones de la vía donde se han llevado trabajos de reparcheó, se presentan por la unión de una capa de asfalto nuevo con la capa existente y desgastada.



Fuente: Elaboracion Propia



Tabla 6. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfáltico. Fisuras en bloque

Fisuras en bloque

Son fisuras que forman amplios polígonos con ángulos más o menos rectos.

Calificación de la lesión

(Fuente INVIAS guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación 2002).

Calificación de la sección	Estado de la sección	Posible tipo de intervención
De 0,0 a 1,5	Muy malo	Reconstrucción
De 1,6 a 2,5	Malo	Rehabilitación
De 2,6 a 3,5	Regular	Refuerzo - mantenimiento rutinario
De 3,5 a 4,0	Bueno	Mantenimiento rutinario y recurrente
De 4,1 a 5,0	Muy bueno	Mantenimiento rutinario

La calificación que le damos a este tipo de lesión fisuras en bloque es de 1,5 estado muy malo, tramo para reconstrucción. Este tipo de falla solo ocurre en áreas sometidas a tránsito repetido y al desgaste acelerado de la carpeta asfáltica. Este tipo de lesión se presenta en gran parte del tramo vial.



Fuente: Elaboracion Propia



Tabla 7. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfáltico. Piel de cocodrilo

Piel de cocodrilo

Son fisuras interconectadas, formando pequeños polígonos en forma de mallas.

Calificación de la lesión

(Fuente INVIAS guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación 2002).

Calificación de la sección	Estado de la sección	Posible tipo de intervención
De 0,0 a 1,5	Muy malo	Reconstrucción
De 1,6 a 2,5	Malo	Rehabilitación
De 2,6 a 3,5	Regular	Refuerzo - mantenimiento rutinario
De 3,5 a 4,0	Bueno	Mantenimiento rutinario y recurrente
De 4,1 a 5,0	Muy bueno	Mantenimiento rutinario

La calificación que le damos a este tipo de lesión piel de cocodrilo es de 1,5 estado muy malo tramo para reconstrucción. Este tipo de lesión presenta un conjunto de grietas interconectadas, las cuales se producen por la falla y fatiga de la carpeta asfáltica a causa de la acción repetitiva de las cargas de tránsito.



Fuente Elaboracion Propia



Tabla 8. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfáltico.
Descascaramientos

Descascaramientos

Son pérdidas de fragmentos de la capa asfáltica sin afectar las siguientes capas (granulares) del pavimento.

Calificación de la lesión

(Fuente INVIAS guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación 2002).

Calificación de la sección	Estado de la sección	Posible tipo de intervención
De 0,0 a 1,5	Muy malo	Reconstrucción
De 1,6 a 2,5	Malo	Rehabilitación
De 2,6 a 3,5	Regular	Refuerzo - mantenimiento rutinario
De 3,5 a 4,0	Bueno	Mantenimiento rutinario y recurrente
De 4,1 a 5,0	Muy bueno	Mantenimiento rutinario

La calificación que se le da a este tipo de lesión, descascaramientos, es de 1,5 estado muy malo tramo para reconstrucción, esta lesión se da por deficiencias de liga con la capa subyacente o por insuficiente espesor de la capa asfáltica, conllevando a que se presente inestabilidad en la capa de rodadura.



Fuente: Elaboracion Propia



Tabla 9. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfáltico. Ojo de pescado

Ojo de pescado

Son cavidades en forma redondeada con bordes bien marcados que resultan del desprendimiento del material de las capas superiores.

Calificación de la lesión

(Fuente INVIAS guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación 2002).

Calificación de la sección	Estado de la sección	Posible tipo de intervención
De 0,0 a 1,5	Muy malo	Reconstrucción
De 1,6 a 2,5	Malo	Rehabilitación
De 2,6 a 3,5	Regular	Refuerzo - mantenimiento rutinario
De 3,5 a 4,0	Bueno	Mantenimiento rutinario y recurrente
De 4,1 a 5,0	Muy bueno	Mantenimiento rutinario

La calificación para este tipo de lesión ojo de pescado es de 2,0 estado malo tramo vial para rehabilitación debido a que este tipo de lesión empieza con piel de cocodrilo y a medida que va avanzando el deterioro se va convirtiendo en ojo de pescado produciéndose desprendimiento de trozos de la carpeta asfáltica.



Fuente: Elaboracion Propia



Tabla 10. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfáltico. Bache tapado

Bache tapado

Son baches tapados en concreto asfáltico o tratamientos superficiales, por lo general se conoce como reparacheo de una estructura de pavimento.

Calificación de la lesión

(Fuente INVIAS guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación 2002).

Calificación de la sección	Estado de la sección	Posible tipo de intervención
De 0,0 a 1,5	Muy malo	Reconstrucción
De 1,6 a 2,5	Malo	Rehabilitación
De 2,6 a 3,5	Regular	Refuerzo - mantenimiento rutinario
De 3,5 a 4,0	Bueno	Mantenimiento rutinario y recurrente
De 4,1 a 5,0	Muy bueno	Mantenimiento rutinario

La calificación para este tipo de lesión bache tapado es de 1,5 estado muy malo, tramos para reconstrucción. Áreas donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado con materiales similares o diferentes. Estas reparaciones se usan como paliativos provisionales o definitivos en la estructura vial.



Fuente: Elaboración Propia



Tabla 11. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfáltico. Bache destapado

Bache destapado

Son baches en la superficie de rodadura de la vía, conocidos en el medio con el termino de huecos.

Calificación de la lesión

(Fuente INVIAS guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación 2002).

Calificación de la sección	Estado de la sección	Posible tipo de intervención
De 0,0 a 1,5	Muy malo	Reconstrucción
De 1,6 a 2,5	Malo	Rehabilitación
De 2,6 a 3,5	Regular	Refuerzo - mantenimiento rutinario
De 3,5 a 4,0	Bueno	Mantenimiento rutinario y recurrente
De 4,1 a 5,0	Muy bueno	Mantenimiento rutinario

La calificación para este tipo de lesión bache destapado es de 1,5 estado muy malo, tramo para reconstrucción. Este tipo de lesión inicia con piel de cocodrilo, se convierte en ojos de pescado y debido al incremento del tránsito se convierte en bache destapado, se manifiesta con la desintegración de la capa asfáltica y va afectando las capas granulares de la estructura de la vía.



Fuente: Elaboracion Propia



Tabla 12. Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfáltico. Cabezas dura

Cabezas duras

Son partículas de sobre tamaño que sobresalen apreciablemente en la superficie de la capa de rodadura.

Calificación de la lesión

(Fuente INVIAS guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación 2002).

Calificación de la sección	Estado de la sección	Posible tipo de intervención
De 0,0 a 1,5	Muy malo	Reconstrucción
De 1,6 a 2,5	Malo	Rehabilitación
De 2,6 a 3,5	Regular	Refuerzo - mantenimiento rutinario
De 3,5 a 4,0	Bueno	Mantenimiento rutinario y recurrente
De 4,1 a 5,0	Muy bueno	Mantenimiento rutinario

La calificación para esta lesión cabezas duras es de 2,5 estado malo, tramo para rehabilitación, esta lesión ocurre debido a la perdida de la película del ligante, ocurre cuando los agregados pétreos pierden la envoltura asfáltica y van que dando expuestos sin ningún tipo de recubrimiento.



Fuente: Elaboracion Propia



Tabla 13. Registro de lesiones y daños en estructura de pavimento. Alcantarilla.

Alcantarilla

Las obras de drenaje están diseñadas para eliminar el exceso de agua superficial sobre la estructura de la carretera, en el caso del tramo vial en estudio solo se cuenta con una alcantarilla compuesta por un encole y un descole que se encuentran colmatados por material vegetal y tierra impidiendo su correcto funcionamiento.

Calificación de la lesión

(Fuente INVIAS guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación 2002).

Calificación de la sección	Estado de la sección	Posible tipo de intervención
De 0,0 a 1,5	Muy malo	Reconstrucción
De 1,6 a 2,5	Malo	Rehabilitación
De 2,6 a 3,5	Regular	Refuerzo - mantenimiento rutinario
De 3,5 a 4,0	Bueno	Mantenimiento rutinario y recurrente
De 4,1 a 5,0	Muy bueno	Mantenimiento rutinario

La calificación para la estructura de la alcantarilla es de 2,5 estado malo elemento para rehabilitación y limpieza, en estos momentos la alcantarilla no presenta una funcionalidad optima debido a que se encuentra colmatada por vegetación y tierra dentro de su tubería.



Fuente: Elaboracion Propia



Tabla 14. Registro de lesiones y daños en estructura de pavimento. Cunetas en tierra.

Cunetas (en tierra)		
Las cunetas son zanjas, con o sin revestimiento, construidas paralelamente a las bermas de la vía y están diseñadas para facilitar el drenaje superficial, longitudinal del agua de escorrentía que cae sobre la carretera. Su geometría puede variar según las condiciones de la vía y del área que drenan. En este caso el tramo vial no cuenta con cunetas al lado y lado de la vía, en algunos tramos la comunidad adecua las cunetas, pero en tierra, esto hace que se presente una erosión sobre el material.		
Calificación de la lesión		
(Fuente INVIAS guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación 2002).		
Calificación de la sección	Estado de la sección	Posible tipo de intervención
De 0,0 a 1,5	Muy malo	Reconstrucción
De 1,6 a 2,5	Malo	Rehabilitación
De 2,6 a 3,5	Regular	Refuerzo - mantenimiento rutinario
De 3,5 a 4,0	Bueno	Mantenimiento rutinario y recurrente
De 4,1 a 5,0	Muy bueno	Mantenimiento rutinario

La calificación para este tipo de cunetas en tierra es de 1,5 estado muy malo tramos para reconstrucción en concreto. Se evidencia el pésimo estado de esas cunetas ya que no presentan una funcionalidad aceptable, generando que la estructura del pavimento presente un acelerado deterioro afectando su capa asfáltica y granulares haciendo que se presenten desprendimientos.



Fuente: Elaboracion Propia



6.2 Aforo Vehicular

El municipio de Ibagué cuenta con una amplia cobertura de transporte particular, público y de carga hacia el sector rural del corregimiento el Totumo. La prestación del servicio público, de carga y particular hacia el área urbana y rural del corregimiento el Totumo se realiza a través de vehículos tipo taxis, buses, busetas, camperos, bus escalera para el caso del servicio público, para el transporte de carga a través de camiones tipo C2P (camión de dos ejes pequeño), C2G (camión de dos ejes grande), C3 (camión de tres ejes) y C5 (tracto-camión de tres ejes con semi-remolque de dos ejes C3S2), siendo estos vehículos de carga los que más utilizan la vía y vehículos particulares como automóviles, camperos y motocicletas.

Debido al incremento de tránsito y a la afectación que este transmite a la estructura de pavimento, en el presente estudio de tránsito para un tramo de 1 km de vía en el corregimiento el totumo, teniendo como finalidad la obtención de las proyecciones de tránsito mediante conteos (aforo) manuales durante una semana, para conocer la composición vehicular, su distribución por carril y establecer el número de ejes equivalentes para determinar como el aumento del tránsito y las repeticiones han afectado la estructura del pavimento y tener una proyección futura para una estructura nueva de pavimento flexible.

A continuación, se presenta la Figura 6 clasificación del tipo de vehículos de acuerdo con la disposición de sus ejes.



6.3 Esquema de clasificación de vehículos

Tipo de vehículo	Esquema
Autos	
Buseta	
Bus	
Bus metropolitano	
Camión de dos ejes pequeño	
Camión de dos ejes grande	
Camión C3	
Camión C4	
Tracto camión C2 S1	
Tracto camión C2 S2	
Tracto camión C3 S1	
Tracto camión C3 S2	
Tracto camión C3 S3	

Figura 7. Clasificación del Tipo de Vehículos de Acuerdo con la Disposición de sus Ejes.
Fuente: Higuera, (2011).

- Trabajo de campo aforo manual de vehículos. Para la ejecución de los conteos vehiculares se utilizó el sistema de aforo manual. El aforador se ubicó estratégicamente con el objeto de observar en forma clara y confiable los movimientos de todos los vehículos que utilizan el corredor vial. Se empleó un



aforador residente en el sector con la capacitación respectiva para llevar a cabo la actividad de conteo y llenar los respectivos formatos que se presentan en el Anexo 1 y la tabulación de los datos que se presenta en las figuras 9 a la 15.

Se recopiló información durante la semana del lunes 9 de octubre al domingo 15 de octubre del 2017, durante 13 horas diarias de 6 am a 7 pm. La información recolectada se considera suficiente y confiable desde el punto de vista de cantidad y calidad para el conocimiento del tránsito actuante.

Es importante recalcar que durante los días escogidos para ejecutar los aforos vehiculares se contó con condiciones climáticas de días soleados y no se presentaron eventualidades que pudiesen inferir con el flujo vehicular normal de los usuarios de la vía. A continuación, se presenta la Figura 8 registro fotográfico del conteo vehicular.



Registro fotográfico aforo vehicular



Figura 8. Registro Fotografico Conteo y Aforo Vehicular, Clasificación del Tipo de Vehículos de Acuerdo con la Disposición de sus Ejes Para 1 Kilómetro del Tramo Vial Corregimiento el Totumo Municipio de Ibagué. Fuente: Elaboracion Propia.

- Registro grafico de los datos obtenidos en el aforo vehicular.

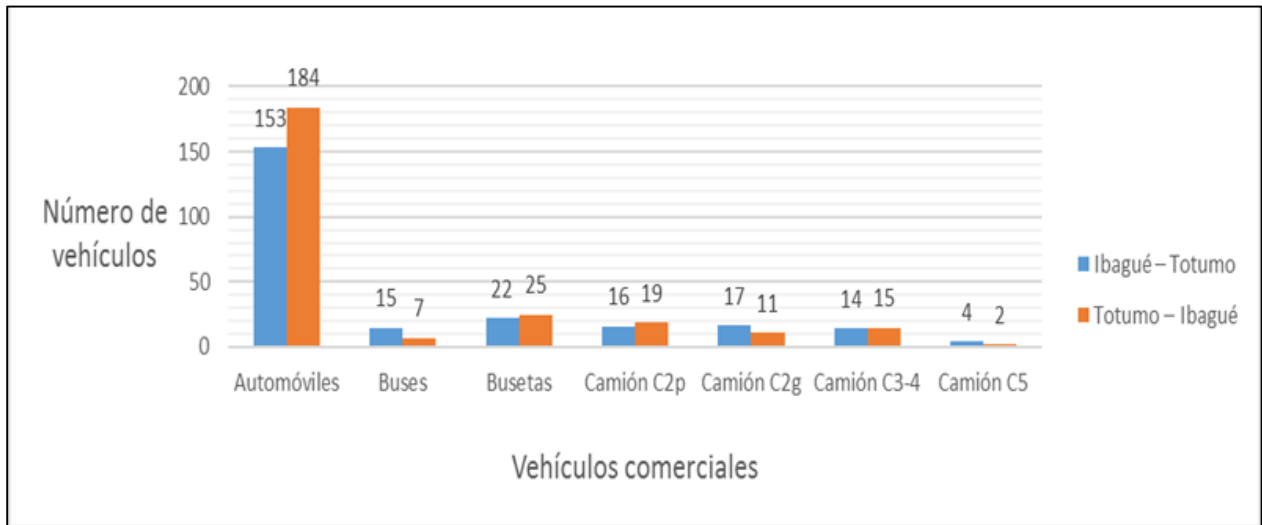


Figura 9. Registro toma de datos aforo vehicular sentido Ibagué Totumo – Totumo Ibagué (9 de octubre de 2017). Fuente: Elaboracion Propia.

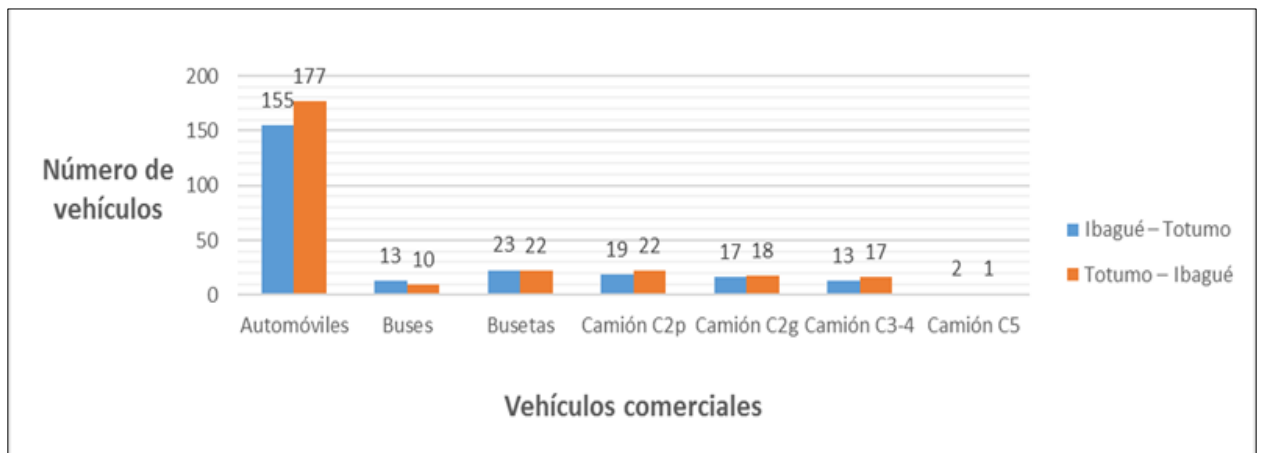


Figura 10. Registro de Aforo Vehicular Sentido Ibagué Totumo (10 de octubre de 2017). Fuente: Elaboracion Propia.

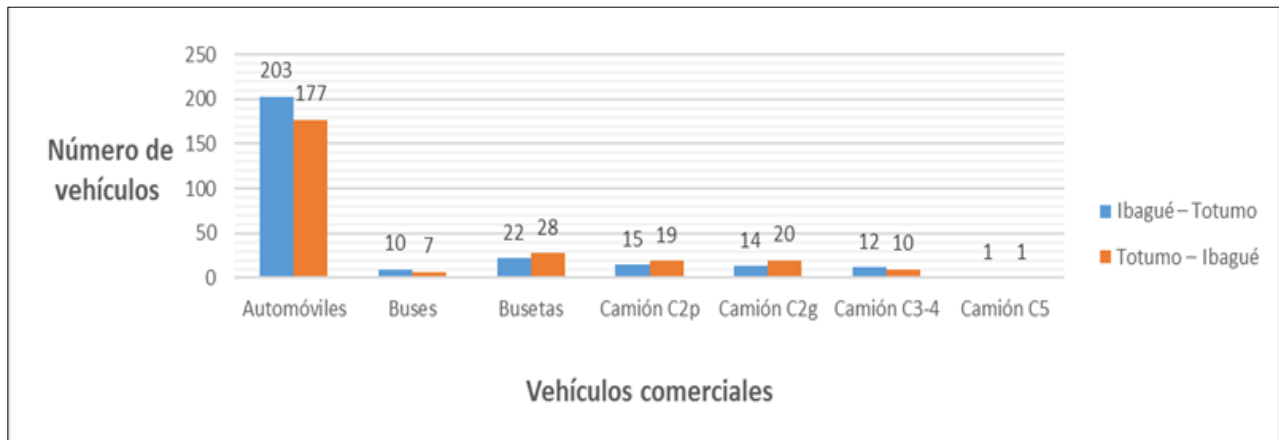


Figura 11. Registro de Aforo Vehicular Sentido Ibagué Totumo (11 de octubre de 2017).
Fuente: Elaboracion Propia.

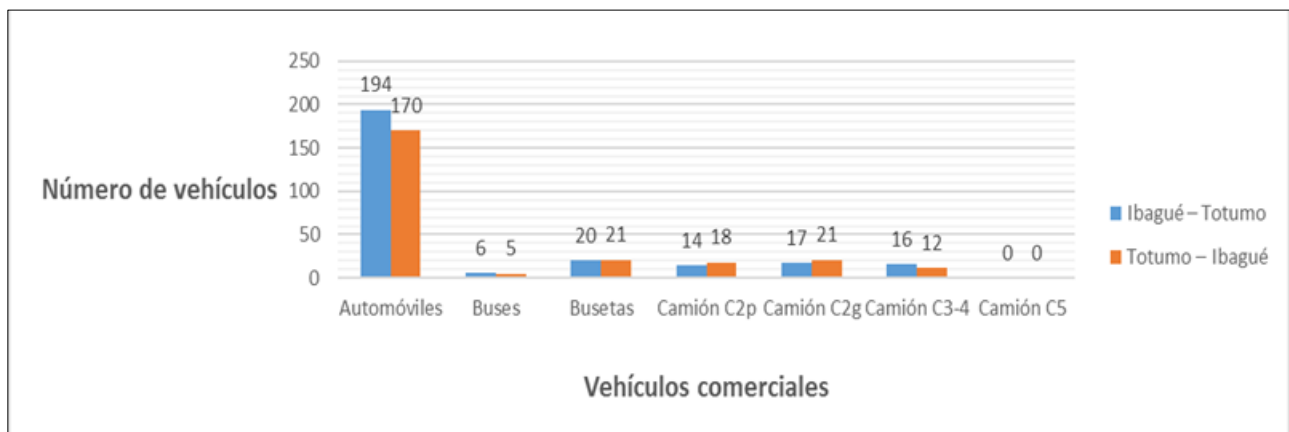


Figura 12. Registro de Aforo Vehicular Sentido Ibagué Totumo (12 de octubre de 2017).
Fuente: Elaboracion Propia.

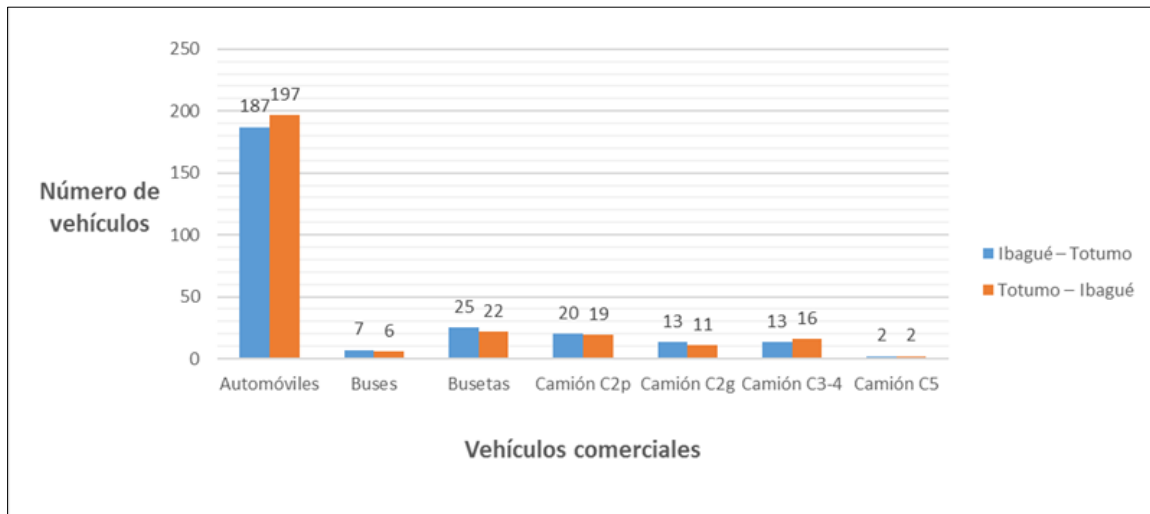


Figura 13. Registro de Aforo Vehicular Sentido Ibagué Totumo (13 de octubre de 2017)
Fuente: Elaboracion Propia.

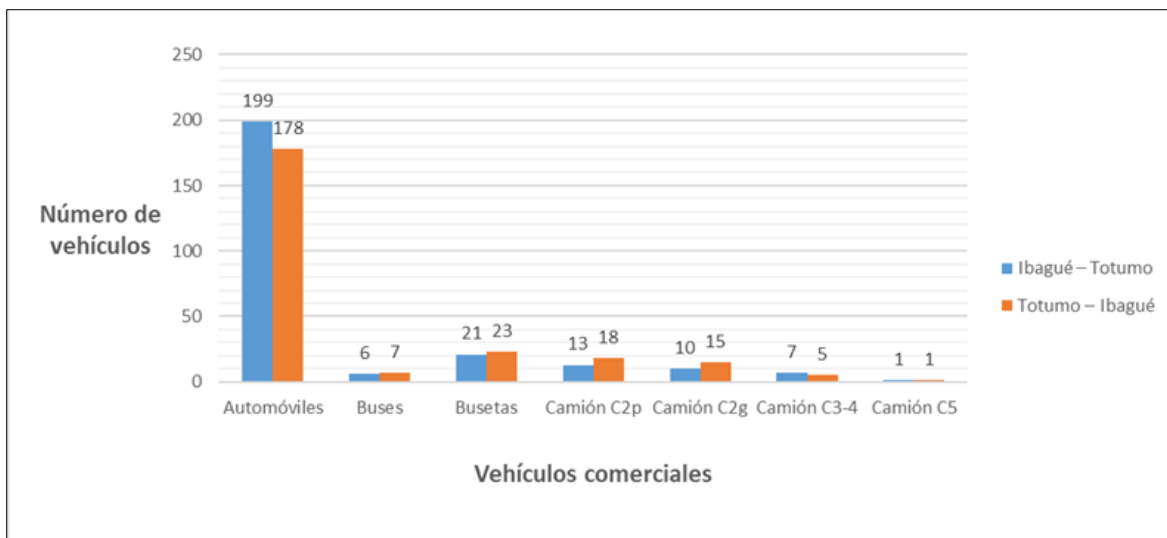


Figura 14. Registro de Aforo Vehicular Sentido Ibagué Totumo (14 de octubre de 2017).
Fuente: Elaboracion Propia.

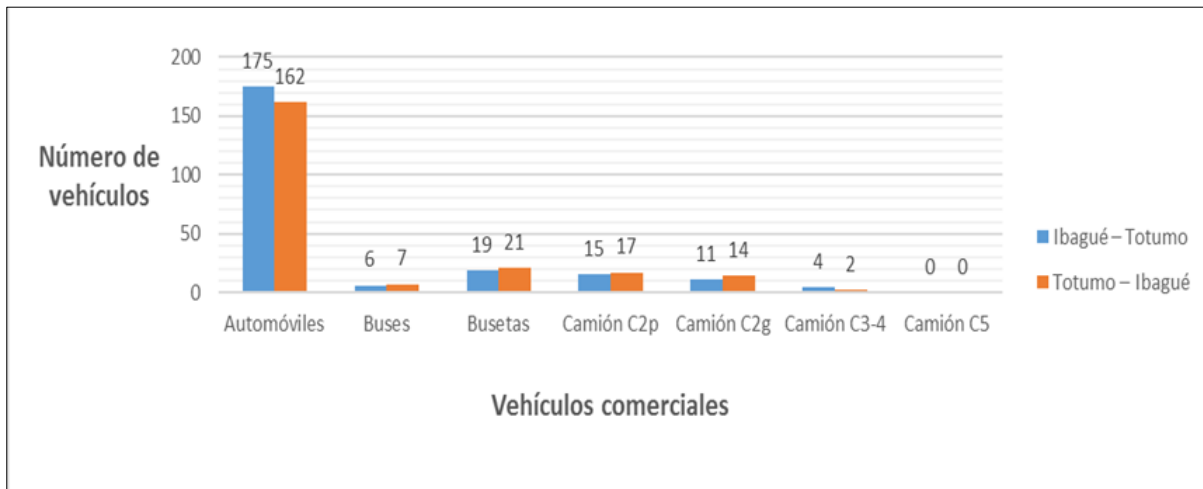


Figura 15. Registro de Aforo Vehicular Sentido Ibagué Totumo (15 de octubre de 2017).

Fuente: Elaboracion Propia.

6.4 Determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño, para un periodo de diseño (N) de 15 Años.

Una vez obtenidos los resultados del aforo del tránsito promedio diario semanal, tabulamos la información para obtener el número de vehículos comerciales que circulan por la vía de dos carriles, y así poder determinar la proyección a futuro e incremento del tránsito para un periodo de 15 años. Se presenta en los anexos el registro de los datos obtenidos en el aforo vehicular.

Una vez obtenido los resultados del aforo vehicular se presenta la figura 16 las sumatoria total de los vehículos comerciales que circulan por el tramo vial del presente estudio.

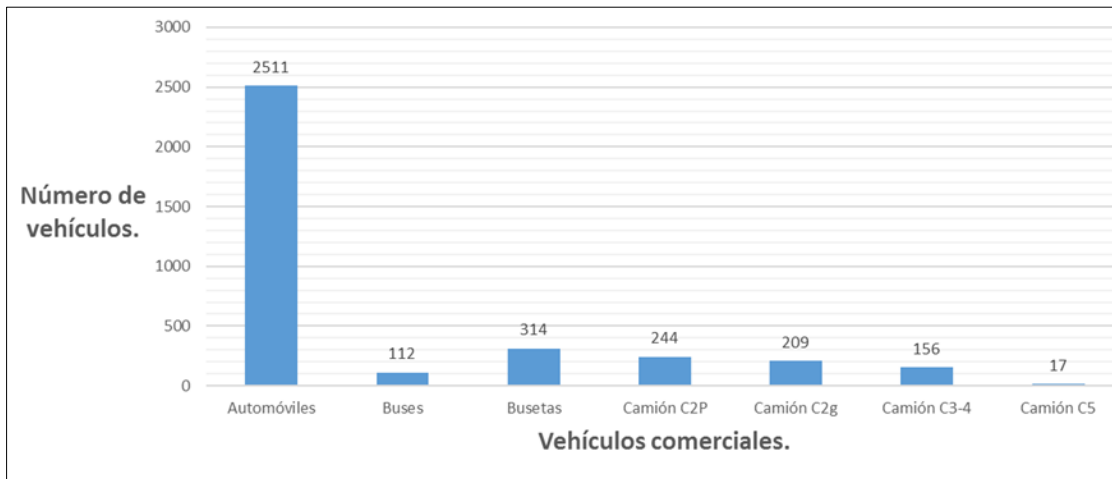


Figura 16. Registro de las sumatorias totales del aforo vehicular sentido (Ibagué, Totumo – Totumo, Ibagué del 9 de octubre al 15 de octubre de 2017). Fuente: Elaboracion Propia

Con base a los datos obtenidos y aplicando la estadística determinamos los porcentajes de vehículos comerciales que circulan por el tramo vial, los resultados son los siguientes.

Tabla 15. Porcentaje de vehiculos comerciales

Porcentaje de vehículos comerciales	
Autos	70,5%
Buses	3,1%
Busetas	8,8%
Camión C2p	6,8%
Camión C2g	5,9%
Camión C3-4	4,4%
Camión C5	0,5%
Total	100,00%

Fuente: Elaboracion Propia

De los resultados anteriores podemos determinar que el porcentaje más alto son los automóviles con el 70.5%, seguido por un 17,6% de camiones y un 11,9% de buses y busetas, conllevando esto al deterioro de la capa de rodadura debido al ciclo repetitivo de las cargas de los ejes de diseño de 8,2 toneladas.



Cálculo de la variable de tránsito.

$$N = TPDS \times \frac{K1}{100} \times \frac{K2}{100} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)} \times FC$$

ECUACIÓN 1 Fuente Pavimentos Materiales, Construcción y Diseño, Hugo Alexander Rondon – Fredy Reyes.

En donde:

- TPDS = tránsito promedio diario semanal.
- K1 = porcentaje de vehículos comerciales (buses + busetas + camiones).
- K2 = es el factor carril y tiene en cuenta el porcentaje de vehículos que circularan por el carril de diseño de la vía, se escoge por lo general el carril derecho ya que por allí es donde se moviliza en teoría los vehículos pesados y circulan a menor velocidad). Para nuestro caso como la vía es de dos carriles (uno en cada dirección) el K2 se puede suponer en 50% según Rondón & Reyes (2015). teoría tomada del libro pavimentos materiales, construcción y diseño (pg 523).
- r = tasa de crecimiento anual de tránsito, dado que no se cuenta con información histórica del tránsito actuante en la vía, se tomará como referencia el valor de la tasa de crecimiento recomendado por el manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito del instituto nacional de vías INVIAS, donde se toma un valor del 3% de crecimiento.
- n = periodo de diseño, para nuestro caso tomaremos un periodo de diseño de 15 años.



- FC = factor camión es un parámetro que tiene como función inicialmente pasar el número de vehículos a número de ejes con su respectiva masa para luego convertir el daño que genera cada eje en comparación con el de referencia.

✓ Determinación del factor camión:

Según el manual de INVIAS 2003 se presentan los siguientes factores de daño según el tipo de vehículo.

- Buseta = 0,05.
- Bus = 0,40.
- Camión C2P = 1,14.
- Camión C2G = 2,15.
- Camión C3-C4 = 3,15.
- Camión C5 = 4,21.

De acuerdo con la figura 16 se obtienen los valores de los vehículos comerciales para hallar el factor camión.

Bus = 112. Buseta = 314. Camión C2P = 244. Camión C2G = 209. Camión C3C4 = 156. Camión C5 = 17. Con la sumatoria de los vehículos comerciales = 1052 y el factor de daño se procede a calcular el factor camión.

$$FC = \frac{112 \times 0,40 + 314 \times 0,05 + 244 \times 1,14 + 209 \times 2,14 + 156 \times 3,15 + 17 \times 4,21}{1052} = 1,28.$$

ECUACIÓN 2 Fuente Pavimentos Materiales, Construcción y Diseño, Hugo Alexander Rondon – Fredy Reyes.

La variable tránsito (N) tomando como eje de referencia 8,2 toneladas es igual:



Remplazando los valores en la ecuación N° 1 obtenemos:

$$N = 3563 \times \frac{29,5}{100} \times \frac{50}{100} \times 365 \times \frac{(1+0,03)^{15}-1}{\ln(1+0,03)} \times 1,28 = 4,634,817.$$

6.5 Estudio de Suelos

La evaluación geotécnica establece que la sub-rasante es la superficie sobre la cual se apoyara la estructura de pavimento, a unque desde el punto de vista estructural se le considera como la capa superior (de espesor usual entre 15 y 30 cms) de la corona de un terraplén o del fondo de las excavaciones. Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el transito y las características de los materiales de construcción, constituyen las variables básicas para el diseño del pavimento. Sin embargo lo que se debe lograr es identificar la unidad definitiva de diseño. La cual corresponde a una longitud de via en la que existe homogeneidad en el transito, clima, las posibilidades de utilizar o no el afirmado existente como parte de la estructura del pavimento, los requerimientos de un eventual mejoramiento de la sub-reasante y la capacidad de soporte de la misma.

La evaluación geotécnica tiene como objetivo principal el análisis de la sub-rasante con el propósito de determinar sus principales características y su parámetro de resistencia para diseñar la estructura del pavimento. El análisis consiste en la selección de unidades homogéneas de diseño, las cuales presentan características similares en cuanto a litología, pedologia, dreanje, condiciones ambientales, topográficas, ect.


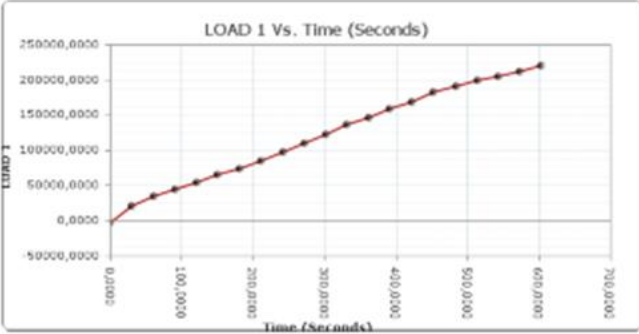
El objetivo de llevar acabo el estudio de suelos es conocer las características y los parámetros de la resistencia de la sub-rasante (terreno natural) sobre la cual se encuentra soportada la estructura de pavimento, para llevar acabo el estudio de suelos contratamos el laboratorio de suelos de la Universidad Cooperativa de Colombia quien realizo los trabajos de campo para la obtención de las muestras de los suelos y su respectivo análisis en el laboratorio, con base a los ensayos de CBR inalterado,



granulometría y límites, se realizaron dos apiques de aproximadamente 0,80 metros por 0,80 metros y a una profundidad de 0,90 metros, los apiques se realizaron en las abscisas km 0 + 300 y km 0 + 750, a continuación se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos contratado.




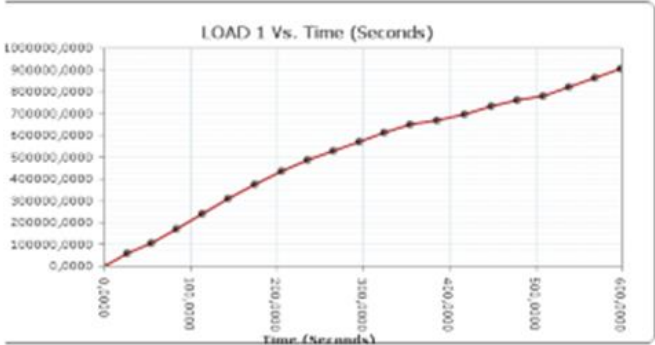
Tabla 16. Exploración geotécnica ensayo de CBR para 1 kilometro del tramo vial corregimiento el Totumo, municipio de Ibagué. Toma de muestra km 0 + 300.

		INFORME DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO CBR -LABORATORIO DE PAVIMENTOS-		CODIGO: VERSIÓN: 01 PAGINA: 1 DE 1																																																													
N° de identificación/NE: 03.080.463 - 5.827.383		Nombre de la empresa/persona natural: ARTURO SUAREZ RODRIGUEZ - OSCAR CAMELO CHARRY																																																															
Dirección: Cra 3 BES No. 33C - 30		Teléfono: 313 467 0764																																																															
Nombre del proyecto: EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA EN UN TRAMO VIAL 1 km (KD+300) UBICADO EN EL CORREGIMIENTO EL TOTUMO DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ - DEPARTAMENTO DEL TOLIMA																																																																	
Código de recepción: 007-18																																																																	
Código de muestra: 007-18-01		Identificación del ensayo: 007-18-01-01																																																															
Código de ensayo realizado: S - 13		Normas: INV E - 148 - 13																																																															
Descripción de la muestra: Suelo fino color café		CODIGO INFORME: CBR- 007-18																																																															
<table border="1"> <tr><th colspan="3">Fecha de recepción</th></tr> <tr><th>Año</th><th>Mes</th><th>Día</th></tr> <tr><td>2018</td><td>4</td><td>19</td></tr> </table>		Fecha de recepción			Año	Mes	Día	2018	4	19	<table border="1"> <tr><th colspan="3">Fecha del ensayo</th></tr> <tr><th>Año</th><th>Mes</th><th>Día</th></tr> <tr><td>2018</td><td>5</td><td>7</td></tr> </table>		Fecha del ensayo			Año	Mes	Día	2018	5	7																																												
Fecha de recepción																																																																	
Año	Mes	Día																																																															
2018	4	19																																																															
Fecha del ensayo																																																																	
Año	Mes	Día																																																															
2018	5	7																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MOLDE N°</th> <th colspan="2">4</th> </tr> <tr> <th colspan="2">W PENETRACION (%)</th> <th colspan="2">EXPANSION (%)</th> </tr> <tr> <td colspan="2">30,54%</td> <td colspan="2">21,14%</td> </tr> <tr> <th>PENETRACION (Pulg)</th> <th>CARGA (mm)</th> <th>PRESSION (LB)</th> <th>CBR (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,005</td><td>0,127</td><td>-7,2</td><td>-2,3</td></tr> <tr><td>0,025</td><td>0,635</td><td>47,1</td><td>15,0</td></tr> <tr><td>0,050</td><td>1,270</td><td>70,0</td><td>24,2</td></tr> <tr><td>0,075</td><td>1,900</td><td>97,8</td><td>31,1</td></tr> <tr><td>0,100</td><td>2,540</td><td>119,5</td><td>38,0</td></tr> <tr><td>0,150</td><td>3,810</td><td>144,8</td><td>46,1</td></tr> <tr><td>0,200</td><td>5,000</td><td>162,9</td><td>51,9</td></tr> <tr><td>0,250</td><td>6,350</td><td>213,0</td><td>68,0</td></tr> <tr><td>0,300</td><td>7,620</td><td>271,5</td><td>86,4</td></tr> <tr><td>0,400</td><td>10,160</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0,500</td><td>12,700</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						MOLDE N°		4		W PENETRACION (%)		EXPANSION (%)		30,54%		21,14%		PENETRACION (Pulg)	CARGA (mm)	PRESSION (LB)	CBR (%)	0,005	0,127	-7,2	-2,3	0,025	0,635	47,1	15,0	0,050	1,270	70,0	24,2	0,075	1,900	97,8	31,1	0,100	2,540	119,5	38,0	0,150	3,810	144,8	46,1	0,200	5,000	162,9	51,9	0,250	6,350	213,0	68,0	0,300	7,620	271,5	86,4	0,400	10,160			0,500	12,700		
MOLDE N°		4																																																															
W PENETRACION (%)		EXPANSION (%)																																																															
30,54%		21,14%																																																															
PENETRACION (Pulg)	CARGA (mm)	PRESSION (LB)	CBR (%)																																																														
0,005	0,127	-7,2	-2,3																																																														
0,025	0,635	47,1	15,0																																																														
0,050	1,270	70,0	24,2																																																														
0,075	1,900	97,8	31,1																																																														
0,100	2,540	119,5	38,0																																																														
0,150	3,810	144,8	46,1																																																														
0,200	5,000	162,9	51,9																																																														
0,250	6,350	213,0	68,0																																																														
0,300	7,620	271,5	86,4																																																														
0,400	10,160																																																																
0,500	12,700																																																																
CURVA PRESION - PENETRACION																																																																	
																																																																	
Observaciones: N/A																																																																	
Nota: No se puede reproducir el informe de ensayo en su totalidad o parcial, sin la aprobación escrita del laboratorio																																																																	
Nombre y apellido del jefe de programa PEDRO JULIAN GALLEGUO QUINTANA				Firma Fecha <table border="1"> <tr><th>Año</th><th>Mes</th><th>Día</th></tr> <tr><td>2018</td><td>5</td><td>5</td></tr> </table>		Año	Mes	Día	2018	5	5																																																						
Año	Mes	Día																																																															
2018	5	5																																																															
Calle 16 No 2-16 Plaza de Bolívar Ibagué - Tolima																																																																	

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 17. Exploración geotécnica ensayo de CBR para 1 kilómetro del tramo vial corregimiento el Totumo, municipio de Ibagué. Toma de muestra km 0 + 750.

		INFORME DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO CBR -LABORATORIO DE PAVIMENTOS-		CODIGO: VERSIÓN: 01 PAGINA: 1 DE 1																																																																									
N° de identificación/NI: 93.080.463 - 5.827.383		Nombre de la empresa/persona natural: ARTURO SUAREZ RODRIGUEZ - OSCAR CAMELO CHARRY																																																																											
Dirección: Cra 3 BES No. 33C - 30		Teléfono:		313 447 0764																																																																									
Nombre del proyecto: EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA EN UN TRAMO VIAL 1 km (KM+750) UBICADO EN EL CORREGIMIENTO EL TOTUMO DEL MUNICIPIO DE IBAGUE - DEPARTAMENTO DEL TOLIMA																																																																													
Código de recepción: 007-18																																																																													
Código de muestra: 007-18-02		Identificación del ensayo: 007-18-02-04																																																																											
Código de ensayo realizado: S - L3		Normas:		INV E - 148 - L3																																																																									
Descripción de la muestra:		Suelo fino color café oscuro		CODEGO INFORME: CBR- 007-18																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Fecha de recepción</th> <th colspan="3">Fecha del ensayo</th> </tr> <tr> <th>Año</th> <th>Mes</th> <th>Día</th> <th>Año</th> <th>Mes</th> <th>Día</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2018</td> <td>4</td> <td>19</td> <td>2018</td> <td>5</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>		Fecha de recepción			Fecha del ensayo			Año	Mes	Día	Año	Mes	Día	2018	4	19	2018	5	7																																																										
Fecha de recepción			Fecha del ensayo																																																																										
Año	Mes	Día	Año	Mes	Día																																																																								
2018	4	19	2018	5	7																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MOLDE N°</th> <th colspan="2">4</th> </tr> <tr> <th colspan="2">W PENETRACION (%)</th> <th colspan="2">EXPANSION (%)</th> </tr> <tr> <td colspan="2">13,56%</td> <td colspan="2">1,78%</td> </tr> <tr> <th>PENETRACION (Pulg)</th> <th>(mm)</th> <th>CARGA (Lb)</th> <th>PRESION (PSI)</th> <th>CBR (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,005</td> <td>0,127</td> <td>91,2</td> <td>29,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,025</td> <td>0,635</td> <td>107,3</td> <td>53,2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,050</td> <td>1,270</td> <td>263,6</td> <td>83,9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,075</td> <td>1,900</td> <td>372,6</td> <td>118,6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,100</td> <td>2,540</td> <td>481,5</td> <td>153,3</td> <td>15,33%</td> </tr> <tr> <td>0,150</td> <td>3,810</td> <td>580,4</td> <td>184,7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,200</td> <td>5,000</td> <td>671,6</td> <td>213,8</td> <td>14,25%</td> </tr> <tr> <td>0,250</td> <td>6,350</td> <td>818,6</td> <td>260,6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,300</td> <td>7,620</td> <td>945,3</td> <td>300,9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,400</td> <td>10,160</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0,500</td> <td>12,700</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						MOLDE N°		4		W PENETRACION (%)		EXPANSION (%)		13,56%		1,78%		PENETRACION (Pulg)	(mm)	CARGA (Lb)	PRESION (PSI)	CBR (%)	0,005	0,127	91,2	29,0		0,025	0,635	107,3	53,2		0,050	1,270	263,6	83,9		0,075	1,900	372,6	118,6		0,100	2,540	481,5	153,3	15,33%	0,150	3,810	580,4	184,7		0,200	5,000	671,6	213,8	14,25%	0,250	6,350	818,6	260,6		0,300	7,620	945,3	300,9		0,400	10,160				0,500	12,700			
MOLDE N°		4																																																																											
W PENETRACION (%)		EXPANSION (%)																																																																											
13,56%		1,78%																																																																											
PENETRACION (Pulg)	(mm)	CARGA (Lb)	PRESION (PSI)	CBR (%)																																																																									
0,005	0,127	91,2	29,0																																																																										
0,025	0,635	107,3	53,2																																																																										
0,050	1,270	263,6	83,9																																																																										
0,075	1,900	372,6	118,6																																																																										
0,100	2,540	481,5	153,3	15,33%																																																																									
0,150	3,810	580,4	184,7																																																																										
0,200	5,000	671,6	213,8	14,25%																																																																									
0,250	6,350	818,6	260,6																																																																										
0,300	7,620	945,3	300,9																																																																										
0,400	10,160																																																																												
0,500	12,700																																																																												
CURVA PRESION - PENETRACION																																																																													
																																																																													
Observaciones: N/A																																																																													
Nota: No se puede reproducir el informe de ensayo en su totalidad o parcial, sin la aprobación escrita del laboratorio																																																																													
Nombre y apellido del jefe de programa: PEDRO JULIAN GALLEGUO QUINTANA				Fecha:																																																																									
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Mes</th> <th>Día</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2018</td> <td>5</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>		Año	Mes	Día	2018	5	3																																																																		
Año	Mes	Día																																																																											
2018	5	3																																																																											
Calle 10 No 2-16 Plaza de Bolívar Ibagué - Tolima																																																																													

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 18. Exploración geotécnica, análisis granulométrico para 1 km del tramo vial corregimiento el Totumo, municipio de Ibagué. Toma de muestra km 0 + 300.

INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO -LABORATORIO DE GEOTECNIA-		Código: PAM2 Versión: 1 Fecha: Julio 2012																																																																																																												
N° de identificación/NE: 93.080.465 - 5.827.383	Nombre de la empresa/persona natural: ARTURO SUAREZ RODRIGUEZ - OSCAR CAPELO CHERRY																																																																																																													
Dirección: Cra 3 BES No. 23C - 3D	Teléfono: 313 447 0794																																																																																																													
Nombre del proyecto: EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA EN UN TRAMO VIAL 1 km (KM+300) UBICADO EN EL CORREGIMIENTO EL TOTUMO DEL MUNICIPIO DE IBAGUE - DEPARTAMENTO DEL TOLIMA																																																																																																														
Profundidad: * Sondos: 1	Código de recepción: 007-18-01																																																																																																													
Código de muestra: 007-18	Identificación del ensayo: 007-18-01-02																																																																																																													
Código de ensayo realizado: S - 13	Normas: INV # - 121-13																																																																																																													
Descripción de la muestra: Suelo fino color café	Código del informe: GR-005-18																																																																																																													
<table border="1"> <tr><th colspan="3">Fecha de recepción</th></tr> <tr><th>Año</th><th>Mes</th><th>Día</th></tr> <tr><td>2018</td><td>4</td><td>19</td></tr> </table>	Fecha de recepción			Año	Mes	Día	2018	4	19	<table border="1"> <tr><th colspan="3">Fecha del ensayo</th></tr> <tr><th>Año</th><th>Mes</th><th>Día</th></tr> <tr><td>2018</td><td>5</td><td>5</td></tr> </table>	Fecha del ensayo			Año	Mes	Día	2018	5	5	Especificación a utilizar: N/A																																																																																										
Fecha de recepción																																																																																																														
Año	Mes	Día																																																																																																												
2018	4	19																																																																																																												
Fecha del ensayo																																																																																																														
Año	Mes	Día																																																																																																												
2018	5	5																																																																																																												
Peso seco antes de lavar: 529,8 Gramos	Peso seco después de lavar: 519,8 Gramos																																																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamiz Normal</th> <th>Tamiz alternati.</th> <th>Peso Retenido</th> <th>% Retenido</th> <th>% retenido acumulado</th> <th>% Pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50,00</td><td>2"</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>37,50</td><td>1 1/2"</td><td></td><td></td><td></td><td>100,0</td></tr> <tr><td>25,00</td><td>1"</td><td>57,5</td><td>10,85</td><td>10,8</td><td>89,2</td></tr> <tr><td>19,00</td><td>3/4"</td><td>71,3</td><td>13,45</td><td>24,3</td><td>75,7</td></tr> <tr><td>12,50</td><td>1/2"</td><td>38,1</td><td>7,18</td><td>31,5</td><td>68,5</td></tr> <tr><td>9,50</td><td>3/8"</td><td>28,1</td><td>5,30</td><td>36,8</td><td>63,2</td></tr> <tr><td>4,75</td><td>No 4</td><td>38,4</td><td>7,24</td><td>44,0</td><td>56,0</td></tr> <tr><td>2,50</td><td>No 6</td><td>38,5</td><td>7,28</td><td>51,3</td><td>48,7</td></tr> <tr><td>1,18</td><td>No 16</td><td>40,2</td><td>7,58</td><td>58,9</td><td>41,1</td></tr> <tr><td>0,60</td><td>No 30</td><td>45,9</td><td>8,66</td><td>67,5</td><td>32,5</td></tr> <tr><td>0,30</td><td>No 50</td><td>55,8</td><td>10,59</td><td>78,0</td><td>22,0</td></tr> <tr><td>0,15</td><td>No 100</td><td>56,3</td><td>10,62</td><td>88,6</td><td>11,4</td></tr> <tr><td>0,075</td><td>No 200</td><td>42,0</td><td>7,92</td><td>96,6</td><td>3,4</td></tr> <tr><td>Fondo</td><td></td><td>18,2</td><td>3,44</td><td>100,0</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>Total</td><td></td><td>529,8</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Tamiz Normal	Tamiz alternati.	Peso Retenido	% Retenido	% retenido acumulado	% Pasa	50,00	2"					37,50	1 1/2"				100,0	25,00	1"	57,5	10,85	10,8	89,2	19,00	3/4"	71,3	13,45	24,3	75,7	12,50	1/2"	38,1	7,18	31,5	68,5	9,50	3/8"	28,1	5,30	36,8	63,2	4,75	No 4	38,4	7,24	44,0	56,0	2,50	No 6	38,5	7,28	51,3	48,7	1,18	No 16	40,2	7,58	58,9	41,1	0,60	No 30	45,9	8,66	67,5	32,5	0,30	No 50	55,8	10,59	78,0	22,0	0,15	No 100	56,3	10,62	88,6	11,4	0,075	No 200	42,0	7,92	96,6	3,4	Fondo		18,2	3,44	100,0	0,0	Total		529,8				<table border="1"> <tr><td>Grava</td><td>44,02</td></tr> <tr><td>Arena</td><td>52,54</td></tr> <tr><td>Fino</td><td>3,44</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td>$C_u = D_{60} / D_{10} =$</td><td>46,67</td></tr> <tr><td>$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60}) =$</td><td>0,26</td></tr> <tr><td>MF</td><td></td></tr> </table>	Grava	44,02	Arena	52,54	Fino	3,44	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	46,67	$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60}) =$	0,26	MF		
Tamiz Normal	Tamiz alternati.	Peso Retenido	% Retenido	% retenido acumulado	% Pasa																																																																																																									
50,00	2"																																																																																																													
37,50	1 1/2"				100,0																																																																																																									
25,00	1"	57,5	10,85	10,8	89,2																																																																																																									
19,00	3/4"	71,3	13,45	24,3	75,7																																																																																																									
12,50	1/2"	38,1	7,18	31,5	68,5																																																																																																									
9,50	3/8"	28,1	5,30	36,8	63,2																																																																																																									
4,75	No 4	38,4	7,24	44,0	56,0																																																																																																									
2,50	No 6	38,5	7,28	51,3	48,7																																																																																																									
1,18	No 16	40,2	7,58	58,9	41,1																																																																																																									
0,60	No 30	45,9	8,66	67,5	32,5																																																																																																									
0,30	No 50	55,8	10,59	78,0	22,0																																																																																																									
0,15	No 100	56,3	10,62	88,6	11,4																																																																																																									
0,075	No 200	42,0	7,92	96,6	3,4																																																																																																									
Fondo		18,2	3,44	100,0	0,0																																																																																																									
Total		529,8																																																																																																												
Grava	44,02																																																																																																													
Arena	52,54																																																																																																													
Fino	3,44																																																																																																													
$C_u = D_{60} / D_{10} =$	46,67																																																																																																													
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60}) =$	0,26																																																																																																													
MF																																																																																																														
<table border="1"> <tr><td>Clasificación USCS:</td><td>SP</td><td>ARENA MAL GRADADA</td></tr> </table>			Clasificación USCS:	SP	ARENA MAL GRADADA																																																																																																									
Clasificación USCS:	SP	ARENA MAL GRADADA																																																																																																												
CURVA GRANULOMÉTRICA																																																																																																														
<table border="1"> <tr><td>D_{10}</td><td>0,15</td></tr> <tr><td>D_{30}</td><td>0,52</td></tr> <tr><td>D_{60}</td><td>7</td></tr> </table>			D_{10}	0,15	D_{30}	0,52	D_{60}	7																																																																																																						
D_{10}	0,15																																																																																																													
D_{30}	0,52																																																																																																													
D_{60}	7																																																																																																													
Observaciones: N/A																																																																																																														
Nota: No se puede reproducir el informe de ensayo en su totalidad o parcial, sin la aprobación escrita del laboratorio																																																																																																														
Nombre y apellido del Jefe de Programa PEDRO JULIAN GALLEGO QUINTANA	Tema	Fecha Año Mes Día 2018 5 5																																																																																																												
CENTRO DE ESTUDIOS Y ENSAYOS DE INGENIERIA CIVIL	Calle 10 No 2 -16 Plaza de Bolívar Ibagué - Tolima	Página: 1 de 1																																																																																																												

Fuente: Elaboración Propia




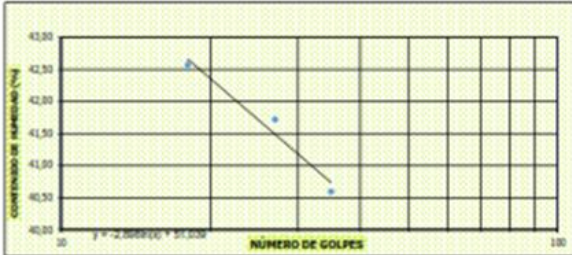
Tabla 19. Exploración geotécnica, análisis granulométrico para 1 km del tramo vial corregimiento el Totumo, municipio de Ibagué. Toma de muestra km 0 + 750.

INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO -LABORATORIO DE GEOTECNIA-		Código: PAM2 Versión: 1 Fecha: Julio 2012											
Nº de identificación/Nº:	93.080.465 - 5.827.383	Nombre de la empresa/persona natural: ARTURO SUAREZ RODRIGUEZ - OSCAR CAPELO CHARRY											
Dirección:	Cra 3 825 No. 33C - 30	Teléfono: 313 447 0764											
Nombre del proyecto:	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA EN UN TRAMO VIAL 1 km (Km+750) UBICADO EN EL CORREGIMIENTO EL TOTUMO DEL MUNICIPIO DE IBAGUE - DEPARTAMENTO DEL TOLIMA												
Profundidad:	* Sondes: 1	Código de recepción: 007-18-01											
Código de muestra:	007-18	Identificación del ensayo: 007-18-01-02											
Código de ensayo realizado:	S - 13	Normas: INV # - 322 - 13											
Descripción de la muestra:	Suelo fino color café oscuro	Código del informe: GR-007-18											
Fecha de recepción:	Fecha del ensayo:	Especificación a utilizar: N/A											
Año Mes Día	Año Mes Día												
2018 4 19	2018 5 3												
Peso seco antes de lavar:	372,1 Gramos	Peso seco después de lavar:											
		240,8 Gramos											
Tamiz Norma	Tamiz alternatl.	Peso Retenido	% Retenido	% retenido acumulado	% Pasa		<table border="1"> <tr><td>Grava</td><td>24,21</td></tr> <tr><td>Arena</td><td>45,55</td></tr> <tr><td>Fino</td><td>30,23</td></tr> </table>	Grava	24,21	Arena	45,55	Fino	30,23
Grava	24,21												
Arena	45,55												
Fino	30,23												
30,00	2"						<table border="1"> <tr><td>$C_u = D_{60} / D_{10} =$</td><td>100,00</td></tr> <tr><td>$C_c = (D_{60}^2) / (D_{10} * D_{30}) =$</td><td>0,33</td></tr> <tr><td>MF</td><td></td></tr> </table>	$C_u = D_{60} / D_{10} =$	100,00	$C_c = (D_{60}^2) / (D_{10} * D_{30}) =$	0,33	MF	
$C_u = D_{60} / D_{10} =$	100,00												
$C_c = (D_{60}^2) / (D_{10} * D_{30}) =$	0,33												
MF													
37,50	1 1/2"												
25,00	1"	21,0	5,64	3,6	94,4								
19,00	3/4"	29,1	7,82	13,5	86,5								
12,50	1/2"	5,9	1,59	15,0	85,0								
9,50	3/8"	8,1	2,18	17,2	82,8								
4,75	No 4	26,0	6,99	24,2	75,8								
2,36	No 8	32,3	8,68	32,9	67,1								
1,18	No 16	28,1	7,55	40,4	59,6								
0,60	No 30	30,3	8,14	48,6	51,4								
0,30	No 60	26,8	7,20	55,8	44,2								
0,15	No 100	30,0	8,06	63,9	36,1								
0,075	No 200	22,0	5,91	69,8	30,2								
Fondo		112,5	30,23	100,0									
Total		372,1											
Clasificación USCS:		SC	ARENA ARCILLOSA										
CURVA GRANULOMÉTRICA													
D_{10}	0,013	D_{30}	0,075	D_{60}	1,3								
Observaciones: N/A													
Nota: No se puede reproducir el informe de ensayo en su totalidad o parcial, sin la aprobación escrita del laboratorio													
Nombre y apellido del Jefe de Programa PEDRO JULIAN GALLEGÓ QUINTANA				Firma		Fecha							
						AÑO MES Día							
						2018 5 3							
CENTRO DE ESTUDIOS Y ENSAYOS DE INGENIERIA CIVIL		Calle 10 No 2 -16 Plaza de Bolívar			Página: 1 de 1								
		Ibagué - Tolima											

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 20. Exploración geotécnica, límite líquido y límite plástico para 1 km del tramo vial corregimiento el Totumo, municipio de Ibagué. Toma de muestra km 0 + 300.

		INFORME DE RESULTADOS DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS -LABORATORIO DE GEOTECNIA-		Código: PAM2-199 Versión: 1 Fecha: Noviembre 2012																																																																					
N° de identificación/NIT: 93.080.405 - 5.827.383		Nombre de la empresa/Persona natural: ARTURO SUJAREZ RODRIGUEZ - OSCAR CANELO CHARRY																																																																							
Dirección: Cta 3 805 No. 33C - 3D		Teléfono: 313 447 0764																																																																							
Nombre del proyecto: EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA EN UN TRAMO VIAL 1 km (K0+300) UBICADO EN EL CORREGIMIENTO EL TOTUMO DEL MUNICIPIO DE IBAGUE - DEPARTAMENTO DEL TOLIMA																																																																									
Profundidad:		Sondeo: 1		Código de recepción: 007-18																																																																					
Código de ensayo: 007-18-01-03		Normas: INV E - 123/126 - 13		Código de ensayo realizado: S - 20																																																																					
Descripción de la muestra: Suelo fino color café		Codigo Informe: LL-LP-007-18																																																																							
Fecha de recepción		Fecha del ensayo																																																																							
Año	Mes	Día	Año	Mes	Día																																																																				
2018	4	19	2018	5	7																																																																				
DATOS LIMITE LIQUIDO			DATOS LIMITE PLASTICO																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N° de Golpes</td> <td>18</td> <td>27</td> <td>35</td> <td>44</td> </tr> <tr> <td>Recipiente N°:</td> <td>2</td> <td>20</td> <td>29</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso suelo húmedo + recipiente</td> <td>27,17</td> <td>28,23</td> <td>30,33</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso suelo seco + recipiente</td> <td>23,33</td> <td>24,3</td> <td>26,23</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de recipiente</td> <td>14,31</td> <td>14,88</td> <td>16,13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Humedad</td> <td>0,43</td> <td>0,42</td> <td>0,41</td> <td></td> </tr> <tr> <td>% Humedad</td> <td>42,57</td> <td>41,72</td> <td>40,59</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			1	2	3	4	N° de Golpes	18	27	35	44	Recipiente N°:	2	20	29		Peso suelo húmedo + recipiente	27,17	28,23	30,33		Peso suelo seco + recipiente	23,33	24,3	26,23		Peso de recipiente	14,31	14,88	16,13		Humedad	0,43	0,42	0,41		% Humedad	42,57	41,72	40,59		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Recipiente N°:</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>26</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso suelo húmedo + recipiente</td> <td>17,13</td> <td>15,49</td> <td>18,23</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso suelo seco + recipiente</td> <td>14,99</td> <td>13,64</td> <td>16,52</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de recipiente</td> <td>5,54</td> <td>5,61</td> <td>9,06</td> <td></td> </tr> <tr> <td>% Humedad</td> <td>22,6</td> <td>23,0</td> <td>22,9</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			1	2	3	4	Recipiente N°:	12	13	26		Peso suelo húmedo + recipiente	17,13	15,49	18,23		Peso suelo seco + recipiente	14,99	13,64	16,52		Peso de recipiente	5,54	5,61	9,06		% Humedad	22,6	23,0	22,9	
	1	2	3	4																																																																					
N° de Golpes	18	27	35	44																																																																					
Recipiente N°:	2	20	29																																																																						
Peso suelo húmedo + recipiente	27,17	28,23	30,33																																																																						
Peso suelo seco + recipiente	23,33	24,3	26,23																																																																						
Peso de recipiente	14,31	14,88	16,13																																																																						
Humedad	0,43	0,42	0,41																																																																						
% Humedad	42,57	41,72	40,59																																																																						
	1	2	3	4																																																																					
Recipiente N°:	12	13	26																																																																						
Peso suelo húmedo + recipiente	17,13	15,49	18,23																																																																						
Peso suelo seco + recipiente	14,99	13,64	16,52																																																																						
Peso de recipiente	5,54	5,61	9,06																																																																						
% Humedad	22,6	23,0	22,9																																																																						
REPRESENTACIÓN GRÁFICA																																																																									
																																																																									
LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD																																																																									
LÍMITE LIQUIDO (LL) (%): 41,71		% PASA 200: 3,40																																																																							
LÍMITE PLÁSTICO (LP) (%): 22,67		Clasificación USCS: CL ARILLA DE BAJA PLASTICIDAD																																																																							
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP) (%): 18,04																																																																									
I.P. ESPECIFICADO (%): N/A																																																																									
Incertidumbre = ± 0,2																																																																									
Observaciones: N/A																																																																									
Nota: No se puede reproducir el Informe de ensayo en su totalidad o parcial, sin la aprobación escrita del laboratorio																																																																									
Nombre y apellidos Jefe de Programa PEDRO JULIAN GALLEG0 QUINTANA			Firma		Fecha																																																																				
					Año Mes Día																																																																				
					2018 5 7																																																																				

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 21. Exploración geotécnica, límite líquido y límite plástico para 1 km del tramo vial corregimiento el Totumo, municipio de Ibagué. Toma de muestra km 0 + 750.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS		INFORME DE RESULTADOS DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS -LABORATORIO DE GEOTECNIA-		Código: PAS-199 Versión: 1 Fecha: Noviembre 2012																																																																																	
N° de identificación/NIT: 93.080.405 - 5.827.383		Nombre de la empresa/Persona natural: ARTURO SUAREZ RODRIGUEZ - OSCAR CAPELO CHARRY																																																																																			
Dirección: Cra 3 803 No. 33C - 30		Teléfono: 313 447 0704																																																																																			
Nombre del proyecto: EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA EN UN TRAMO VIAL 1 km (K0+750) UBICADO EN EL CORREGIMIENTO EL TOTUMO DEL MUNICIPIO DE IBAGUE - DEPARTAMENTO DEL TOLIMA																																																																																					
Profundidad: -		Sondeo: 1		Código de recepción: 007-18																																																																																	
Código de ensayo: 007-18-02-06		Normas: INV E - 125/126 - 13		Código de ensayo realizado: 5 - 20																																																																																	
Descripción de la muestra: Suelo fino color café oscuro		Código Informe: LL-IP-007-18																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr><th colspan="3">Fecha de recepción</th></tr> <tr><th>Año</th><th>Mes</th><th>Día</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>2018</td><td>4</td><td>19</td></tr> </tbody> </table>		Fecha de recepción			Año	Mes	Día	2018	4	19	<table border="1"> <thead> <tr><th colspan="3">Fecha del ensayo</th></tr> <tr><th>Año</th><th>Mes</th><th>Día</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>2018</td><td>5</td><td>7</td></tr> </tbody> </table>				Fecha del ensayo			Año	Mes	Día	2018	5	7																																																														
Fecha de recepción																																																																																					
Año	Mes	Día																																																																																			
2018	4	19																																																																																			
Fecha del ensayo																																																																																					
Año	Mes	Día																																																																																			
2018	5	7																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr><th colspan="5">DATOS LIMITE LIQUIDO</th></tr> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>N° de Golpes</td><td>16</td><td>29</td><td>38</td><td></td></tr> <tr><td>Recipiente N°:</td><td>19</td><td>22</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>Peso suelo húmedo + recipiente</td><td>21,96</td><td>27,26</td><td>23,55</td><td></td></tr> <tr><td>Peso suelo seco + recipiente</td><td>19</td><td>24,39</td><td>20,72</td><td></td></tr> <tr><td>Peso de recipiente</td><td>11,57</td><td>15,95</td><td>11,96</td><td></td></tr> <tr><td>Humedad</td><td>0,40</td><td>0,34</td><td>0,32</td><td></td></tr> <tr><td>% Humedad</td><td>39,84</td><td>34,00</td><td>32,31</td><td></td></tr> </tbody> </table>			DATOS LIMITE LIQUIDO						1	2	3	4	N° de Golpes	16	29	38		Recipiente N°:	19	22	30		Peso suelo húmedo + recipiente	21,96	27,26	23,55		Peso suelo seco + recipiente	19	24,39	20,72		Peso de recipiente	11,57	15,95	11,96		Humedad	0,40	0,34	0,32		% Humedad	39,84	34,00	32,31		<table border="1"> <thead> <tr><th colspan="5">DATOS LIMITE PLASTICO</th></tr> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Recipiente N°:</td><td>7</td><td>10</td><td>25</td><td></td></tr> <tr><td>Peso suelo húmedo + recipiente</td><td>8,76</td><td>10,86</td><td>11,74</td><td></td></tr> <tr><td>Peso suelo seco + recipiente</td><td>8,21</td><td>9,92</td><td>11,01</td><td></td></tr> <tr><td>Peso de recipiente</td><td>5,00</td><td>5,63</td><td>7,65</td><td></td></tr> <tr><td>% Humedad</td><td>21,1</td><td>21,9</td><td>21,7</td><td></td></tr> </tbody> </table>			DATOS LIMITE PLASTICO						1	2	3	4	Recipiente N°:	7	10	25		Peso suelo húmedo + recipiente	8,76	10,86	11,74		Peso suelo seco + recipiente	8,21	9,92	11,01		Peso de recipiente	5,00	5,63	7,65		% Humedad	21,1	21,9	21,7	
DATOS LIMITE LIQUIDO																																																																																					
	1	2	3	4																																																																																	
N° de Golpes	16	29	38																																																																																		
Recipiente N°:	19	22	30																																																																																		
Peso suelo húmedo + recipiente	21,96	27,26	23,55																																																																																		
Peso suelo seco + recipiente	19	24,39	20,72																																																																																		
Peso de recipiente	11,57	15,95	11,96																																																																																		
Humedad	0,40	0,34	0,32																																																																																		
% Humedad	39,84	34,00	32,31																																																																																		
DATOS LIMITE PLASTICO																																																																																					
	1	2	3	4																																																																																	
Recipiente N°:	7	10	25																																																																																		
Peso suelo húmedo + recipiente	8,76	10,86	11,74																																																																																		
Peso suelo seco + recipiente	8,21	9,92	11,01																																																																																		
Peso de recipiente	5,00	5,63	7,65																																																																																		
% Humedad	21,1	21,9	21,7																																																																																		
<p align="center">REPRESENTACIÓN GRÁFICA</p>																																																																																					
<p align="center">LÍMITE LIQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD</p> <table border="1"> <tr><td>LÍMITE LIQUIDO (LL) (%):</td><td>35,74</td></tr> <tr><td>LÍMITE PLÁSTICO (LP) (%):</td><td>21,57</td></tr> <tr><td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP) (%):</td><td>14,17</td></tr> <tr><td>I.P. ESPECIFICADO (%):</td><td>N/A</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td>% PASA 200</td><td>30,20</td></tr> <tr><td>Clasificación USCS:</td><td>CL ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD</td></tr> </table>						LÍMITE LIQUIDO (LL) (%):	35,74	LÍMITE PLÁSTICO (LP) (%):	21,57	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP) (%):	14,17	I.P. ESPECIFICADO (%):	N/A	% PASA 200	30,20	Clasificación USCS:	CL ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD																																																																				
LÍMITE LIQUIDO (LL) (%):	35,74																																																																																				
LÍMITE PLÁSTICO (LP) (%):	21,57																																																																																				
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP) (%):	14,17																																																																																				
I.P. ESPECIFICADO (%):	N/A																																																																																				
% PASA 200	30,20																																																																																				
Clasificación USCS:	CL ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD																																																																																				
Incertidumbre = ± 0,2																																																																																					
Observaciones: N/A																																																																																					
Nota: No se puede reproducir el informe de ensayo en su totalidad o parcial, sin la aprobación escrita del laboratorio																																																																																					
Nombre y apellidos Jefe de Programa PEDRO JULIAN GALLEGO QUINTANA				Fecha Año: 2018, Mes: 5, Día: 7																																																																																	

Fuente: Elaboración Propia



Los resultados obtenidos en el laboratorio arrojaron los siguientes resultados de CBR. Para la abscisa km 0 + 300 un CBR de 3,46 % sobre una muestra de suelo fino color café y para la abscisa km 0 + 750 un CBR de 14,25 % sobre una muestra de suelo fino color café oscuro. Estos resultados nos indican que en la abscisa km 0 + 300 se presenta un CBR muy bajo sobre la sub-rasante mientras que en la abscisa km 0 + 750 el CBR de la sub-rasante es alto demostrando este valor la óptima calidad del material de la sub-rasante.

Para el diseño de una estructura de pavimento nueva vamos a tomar como CBR de diseño el obtenido en el km 0 + 300 cuyo valor es de 3,46 %.

**Trabajos para toma de muestras, ensayo de CBR tramo vial
corregimiento el Totumo km 0 + 300.**



Figura 17. Toma de Muestras para Ensayo de CBR Tramo Vial Corregimiento el Totumo km 0 + 300. Fuente: Elaboracion Propia



**Trabajos para toma de muestras, ensayo de CBR tramo vial
corregimiento el Totumo km 0 + 750.**



Figura 18. Toma de Muestras para Ensayo de CBR Tramo Vial Corregimiento el Totumo km 0 + 750. Fuente: Elaboracion Propia



7. Diagnóstico

Tabla 22. Diagnóstico

FASE	HITO	OBJETIVO
I	Una lectura atenta del exterior, puede dar las claves de problemas existentes en la vía.	
	Pre diagnóstico aquí está la etapa de las hipótesis o posibles causas del deterioro o lesiones	
	Juega papel fundamental: la información obtenida en el reconocimiento.	
II	Los conocimientos y experiencias del patólogo de la construcción.	
	Estudió Patológico	Analizar detalladamente los defectos y causas de las diferentes lesiones,
	Análisis detallado de los defectos	deterioros demostración del pre diagnóstico, es decir, en el estudio
	Análisis detallado de las causas (etiológica)	patológico de la construcción tratará de
III	Estudio pormenorizado de la documentación	demostrar, que su pre diagnóstico es
	Realización de catas	correcto, de lo contrario, tendrá que seguir profundizando en el estudio.
	El proceso patológico va de la causa al problema.	
IV	Diagnóstico: conocimiento relativo.	Diseñar la terapéutica, lógica a seguir. Conclusiones

Fuente: Elaboración Propia



7.1 Propuesta de intervención

Se realizaron fichas técnicas para identificar los diferentes tipos de lesiones y las acciones a seguir con el fin de plantear una propuesta de intervención sobre los problemas identificados en la estructura de pavimento flexible del tramo vial del Corregimiento el Totumo del Municipio de Ibagué (Ver tabla 2 hasta tabla 14 Registro de Lesiones y Daños en Estructura de Pavimento Asfáltico para 1 kilómetro de Vía Tramo Vial Corregimiento El Totumo Municipio de Ibagué).

En conclusión la intervención propuesta para reparar las diferentes lesiones abarca implementar una gran labor de mantenimiento en un alto porcentaje de los elementos combinado con la construcción total de la estructura de pavimento desde el mejoramiento de la sub-rasante, instalación de materiales pétreos (base, sub-base, material de mejoramiento), carpeta asfáltica y obras de drenaje

7.2 Diseño de la estructura de pavimento.

Método de diseño de pavimento flexible por el método AASHTO 1993

✓ **Condiciones climáticas.**

- Temperatura media anual ponderada 25,8° C.
- Precipitación media anual 1204,97 mm.
- Número de días con lluvia al año 108 días /año.
- Porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento está sometida a grados de humedad próximos a la saturación 29,58 %

$$\frac{108}{365} \times 100 = 29,58 \%$$



✓ **Parámetros.**

- Tasa de crecimiento de tránsito (%) 3 %.
- Periodo de diseño de la estructura de pavimento (años) 15 años.
- Numero de días del año con trafico 365 días.
- CBR de la sub-rasante 3,46 %.
- Tránsito de diseño 4,634,817.

➤ Utilizando la ecuación $Mr = 1500 * CBR = \text{Psi}$ (para $CBR < 10 \%$), obtenemos:

$$Mr = 1500 * 3.46 = 5190 \text{ Psi.}$$

➤ Con base a los valores máximos recomendados de módulo resiliente (E) para capa de rodadura, empleando la tabla 23, para una temperatura de 25°C y con una velocidad de circulación vehicular de 40 km/h obtenemos el Mr del concreto asfáltico.

Tabla 23. Valores Máximos Recomendados de Módulo Resiliente (E) Para capa de Rodadura.

Capa	T (°C)	F (Hz)	V (km/h)	E (mpa)
Rodadura	25	5.0	35 - 45	2700

Fuente: Rondon y Reyes, (2015)

$$Mr = 2700 \text{ Mpa} = 391047,52 \text{ Psi.}$$

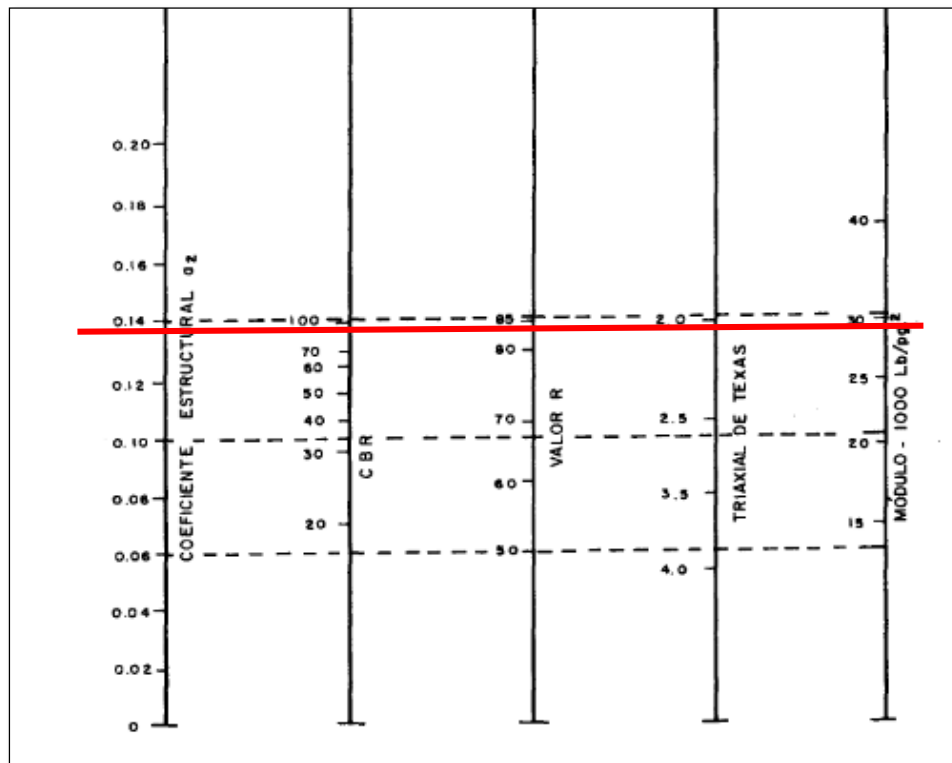
Coeficiente a1, empleando la ecuación $a1 = 0,184 * \text{Ln} (E1 \text{ Psi}) - 1,9547$

$$a1 = 0,184 * \text{Ln} (391047,52 \text{ Psi}) - 1.9547 = 0,41$$



$$a_1 = 0,41$$

A) Para pavimento flexible el CBR de la base granular se supone igual al 80% (mínimo exigido por las especificaciones INVIAS 2013 para bajos y medios volúmenes de tránsito NT1 y NT2). Empleando la figura 19 coeficiente estructural a_2 para base granular no tratada obteneos a_2 y M_r de la base granular

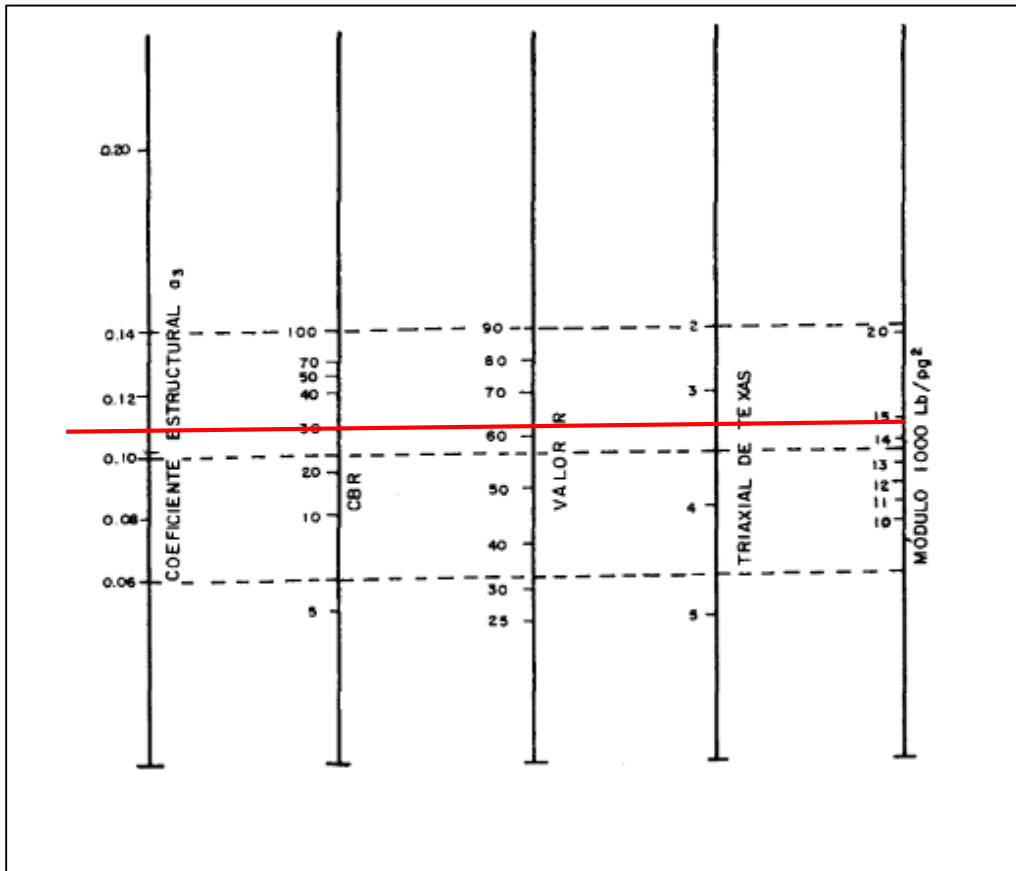


$$a_2 = 0,13$$

$$M_r = 28000 \text{ Psi.}$$

Figura 19. Coeficiente Estructural a_2 para Base Granular no Tratada. Fuente: Montejo, (2008)

B) CBR sub-base granular se supone igual al 30% (mínimo exigido por las especificaciones INVIAS 2013 para bajos y medios volúmenes de tránsito NT1 y NT2) Empleando la figura 20 coeficiente estructural a_3 para sub-base granular no tratada obteneos a_3 y M_r .



$$a_3 = 0,11$$

$$M_r = 15000 \text{ Psi.}$$

Figura 20. Coeficiente Estructural a_3 para Sub-Base Granular no Tratada. Fuente: Montejo, (2008)

- C) Nivel de serviciabilidad de acuerdo con la AASHTO, tablas 24 y 25 para carreteras de pavimento asfáltico se recomienda una serviciabilidad inicial de P_o 4,2 para pavimento asfáltico y una serviciabilidad final de P_t 2,0 para carreteras obteniéndose un Δ Psi $4,2 - 2,0 = 2,2$.



Tabla 24. Nivel de Serviciabilidad Inicial (Po) de Acuerdo con la AASHTO.

Tipo de pavimento	Servicialidad inicial Po
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Fuente: Manual de la AAHSTO Montejo, (2008)

Tabla 25. Nivel de Serviciabilidad Final (Pt) de Acuerdo con la AASHTO.

Tipo de vía	Servicialidad final Pt
Autopista	2,5 - 3,0
Carreteras	2,0 - 2,5
Zonas industriales	
Pavimento urbano principal	1,5 - 2,0
Pavimento urbano secundario	1,5 – 2,0

Fuente: Manual de la AAHSTO Montejo, (2008)

D) Con base a la tabla 26, para obtener los m_2 y m_3 , suponiendo que la calidad del drenaje es regular y que la estructura de pavimento está expuesta a grados de humedad próximos a la saturación del 29,58 % obtenemos un valor de $m_2 = 0,80$ y un $m_3 = 0,80$.



Tabla 26. Valores de mi Recomendados para Modificar los Coeficientes de Capas de Base y Sub-Base.

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1 %	1 - 5 %	5-25 %	Mas de 25 %
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Montejo, (2008)

E) Nivel de confianza.

Empleando la tabla 27, para tramos viales se sugieren valores del nivel de confianza entre el 85 % y el 99 % para nuestro diseño de estructura de pavimento tomamos un nivel de confianza de $R = 90 \%$ y desviación estándar normal de $Z_r = -1,282$.



Tabla 27. Valores de Nivel de Confianza y Desviación Normal Estandar Zr

Confiabilidad, %	Desviación normal estándar Zr
50	0.000
60	-0,253
70	-0,254
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
94	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99.9	-3,090
99.99	-3,750

Fuente: Montejo, (2008)

F) Utilizando la tabla 28, Error normal combinado, para pavimentos flexibles y siendo una construcción nueva tomamos como $S_o = 0,45$.

Tabla 28. Error Normal Combinado Según el Tipo de Pavimento.

Proyecto de pavimento	Desviación estándar S_o	
	Flexible	Rígido
	0,40 - 0,50	0,30 - 0,40
Construcción nueva	0,45	0,35
Sobrecapas	0,50	0,40

Fuente: Montejo, (2008)



G) Cálculo de los SN con base a los datos ya calculados anteriormente y empleando el programa de la AASHTO 93 obtenemos los SN1 (Base) SN2 (Sub-Base) y SN3 (Sub-Rasante).

SN1 (Base)

$N_{dis} = 4,634,817$

$R = 90 \%$

$S_o = 0,45 \%$

$\Delta \text{psi} = 2,2$

$M_r = 28000 \text{ Lb/pul}^2$

SN1 = 2,64

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiability (R) y Desviación estándar (So)
90 % $Z_r = -1.282$ So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial 4.2 PSI final 2.0

Módulo resiliente de la subrasante
Mr 28000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)
Coeficiente de transmisión de carga - (J)
Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 4634817**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 2.64

Calcular Salir

Figura 21. Ecuación AASHTO 93. Fuente: Higuera, (2011)



SN2 (Sub-Base)

N dis = 4,634,817

R = 90 %

So = 0,45 %.

Δ psi = 2,2.

Mr = 15000 Lb/pul².

SN2 = 3,29

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
90 % Zr=-1.282 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial 4.2 PSI final 2.0

Módulo resiliente de la subrasante
Mr 15000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)
Coeficiente de transmisión de carga - (J)
Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 4634817**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 3.29

Calcular Salir

Figura 22. Ecuacion AASHTO 93. Fuente: Higuera, (2011)

SN3 (Sub-Rasante)

N dis = 4,634,817

R = 90 %

So = 0,45 %.

Δ psi = 2,2.

Mr = 5190 Lb/pul².

SN3 = 4,68



Figura 23. Ecuación AASHTO 93. Fuente: Higuera, (2011)

H) Determinación de los espesores de las capas de la estructura de pavimento flexible. De acuerdo a la magnitud del tránsito equivalente (4,634,817) se considera evaluar el siguiente modelo de la estructura de pavimento para el tramo vial del Corregimiento El Totumo del Municipio de Ibagué con base a los espesores mínimos recomendados por la AASHTO tabla 29.

Tabla 29. Espesores Mínimos Recomendados por la AASHTO

N 8,2 Ton x10 ⁶	Concreto asfáltico, Pul	Base granular, Pul
< 0,05	1 ó TSD	4
0,05 - 0,15	2	4
0,15 - 0,50	2,5	4
0,50 - 2,00	3,0	6
2,00 - 7,00	3,5	6
> 7,00	4,0	6

Fuente: Montejo, (2008)



Adicional en lo descrito en el diseño de pavimentos, se recomienda apoyar las capas de la estructura de pavimento sobre sub-rasantes o plataformas con CBR mínimo del 5 %, lo anterior con el fin de soportar de manera adecuada dichas capas durante el proceso constructivo del pavimento. Entendiéndose que el estudio de suelos arrojó un CBR de 3,46 % los procesos de compactación de capas granulares y asfáltica se dificultan y pueden generar fallos estructurales que se observan en corto plazo. Empleando la tabla 30 para un CBR de 3,46 % tomamos un CBR de sub – rasante de 3 % lo cual nos da un espesor de sustitución de 25 cm, para mejorar las condiciones de la sub – rasante.

Cuando se reporte un estudio de suelos con CBR menores de 5 % se recomienda sustituir parte de la sub-rasante por capas de material de conformación (rajón, pedraplen, recebo), previo estudio geotécnico y cumplimiento de especificaciones técnicas de materiales según norma INVIAS.

Tabla 30. Espesores Recomendados de Sustitución de Sub-Rasante Natural para Alcanzar el CBR de Plataforma Mínimo del 5 %.

CBR de sub – rasante (%)	Espesor de sustitución (cm)
< 1	Mínimo 60
1	55
2	35
3	25
4	15

Fuente: Rondon y Reyes, (2015)

- l) Para determinar los espesores de las capas utilizamos las siguientes ecuaciones:

$$h1 = \frac{SN1}{a1} \quad \text{Concreto asfáltico.}$$



$$h_2 = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 * m_2} \quad \text{Base Granular.}$$

$$h_3 = \frac{SN_3 - SN_2}{a_3 * m_3} \quad \text{Sub-Base granular.}$$

$$\text{Capa asfáltica } h_1 = \frac{2,64}{0,41} = 6,43 \text{ Pul} = 16,4 \text{ Cm } \textit{reduzco a } 9 \text{ Cm} = 3 \text{ Pul}$$

Reducimos de 6,43 Pul a 3 Pul = 9 Cm ya que según los espesores de la tabla recomendados por la AASHTO espesores mínimos en pulgadas y debido al tránsito de diseño 4,634,817 podemos ajustar el espesor de la capa asfáltica a 9 cm.

Retro calculando SN1 se obtiene el SN1":

$$SN1" = 9 \text{ Cm} * \frac{0,41}{2,54} = 1,45.$$

$$\text{Base Granular } h_2 = \frac{3,29 - 1,45}{0,13 * 0,80} = 17,69 \text{ Pul} = 44,9 \text{ Cm}$$

Reducimos de 17,69 Pul a 6 Pul = 15 Cm ya que según los espesores de la tabla recomendados por la AASHTO espesores mínimos en pulgadas y debido al tránsito de diseño 4,634,817 podemos ajustar el espesor de la capa de base granular a 15 cm.

Retro calculando SN2 se obtiene el SN2":

$$SN2" = 15 \text{ Cm} * 0,13 * \frac{0,80}{2,54} + 1,45 = 2,06.$$

Sub-Base Granular

$$h_3 = \frac{4,68 - 2,06}{0,11 * 0,80} = 29,77 \text{ Pul} = 75,6 \text{ cm}$$

Reducimos de 29,77 Pul a 7,8 Pul = 20 Cm ya que la estructura de pavimento llevara un mejoramiento en la capa de sub-rasante debido al CBR que presenta 3,46 %.



J) Diseño de la estructura propuesta.

CARPETA ASFALTICA		3.5 Pul = 9 cm
BASE GRANULAR		6 Pul = 15 cm
SUB - BASE GRANULAR		7.8 Pul = 20 cm
MATERIAL DE MEJORAMIENTO		9.9 Pul = 25 cm

Figura 24. Diseño de la estructura de pavimento. Fuente: Elaboración propia



8. Presupuesto

Tabla 31. Presupuesto de Obra Pavimentación Tramo Vial.

ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN IBAGUÉ		PRESUPUESTO DE OBRA PARA PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO ASFALTICO PARA 1 KILÓMETRO DE VÍA EN EL CORREGIMIENTO EL TOTUMO DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ TOLIMA			
Obra:	PAVIMENTACION EN ASFALTO	Ingeniero Oscar Alberto Camelo Charry Ingeniero Arturo Suarez Rodriguez			
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr/Unitario	Vr/Total
1,00	OBRAS DE EXPLANACIÓN Y MOVIMIENTO DE TIERRAS				
1,10	Localización y replanteo	MI	1000,00	\$4.580,00	\$4.580.000,00
1,20	Explanación y cajeo	M3/comp	4830,00	\$18.404,00	\$88.891.320,00
1,30	Cargue y retiro de sobrantes a 24 km	M3/comp	4830,00	\$48.554,00	\$234.515.820,00
	Sub Total				\$327.987.140,00
2,00	OBRAS DE PAVIMENTACIÓN				
2,10	Nivelación y compactación de Sub rasante	M2	7000,00	\$4.788,00	\$33.516.000,00
2,20	Suministro de recebo compactado e= 25 cm	M3/comp	1750,00	\$61.583,00	\$107.770.250,00
2,30	Cargue, suministro, extendida y compactación de base granular e = 15 cm	M3/comp	1050,00	\$130.123,00	\$136.629.150,00
2,40	Cargue, suministro, extendida y compactación de sub-base granular e = 20 cm	M3/comp	1750,00	\$125.411,00	\$219.469.250,00
2,50	Construcción carpeta asfáltica e = 9 cm, Incluye imprimación.	M3/comp	630,00	\$855.000,00	\$538.650.000,00
	Sub Total				\$1.036.034.650,00
3,00	OBRAS EXTERIORES				
3,10	Línea de demarcación tipo tráfico pesado según diseño Tránsito Municipal.	ML	3000,00	\$2.056,00	\$6.168.000,00
	Sub Total				\$6.168.000,00
4,00	ITEMS NO PREVISTOS				
NP01	Construcción de cuneta en concreto de 3000 psi sección triangular fundida en el lugar	M3	300,00	\$362.090,00	\$108.627.000,00
	Sub Total				\$108.627.000,00
	SUB TOTAL DEL TRAMO				\$1.478.816.790,00
	AJUSTE AL PESO				\$0,50
	VALOR PARCIAL DEL TRAMO				\$1.478.816.790,50
NOTA:	Precios según resolución 0636 del 20 de septiembre del 2016, por medio de la cual se deroga la resolución no. 0199 de 20 de marzo de 2014 y se adopta el listado de precios para construcción de obras de pavimentación, acueductos y alcantarillados empresa ibaguereña de acueducto y alcantarillado IBAL s.a e.s.p oficial.				

Fuente: Elaboración Propia



9. Conclusiones

- Las lesiones que se encontraron fueron ocasionadas básicamente por el deterioro progresivo al que ha estado expuesta la estructura de la vía del presente estudio.
- El presente estudio está basado en la aplicación de las especificaciones técnicas, contenidas en los manuales AASHTO-93 y en las especificaciones generales de construcción de carreteras de INVIAS 2013.
- Con base a los ensayos de laboratorio de suelos se pudo determinar las condiciones de la capa de sub rasante (terreno natural) y las capas granulares y así poder determinar la propuesta de intervención para la estructura vial.
- Los daños más comunes encontrados en la estructura vial son los ocasionados por el desprendimiento de las diferentes capas de la estructura de pavimento (carpeta asfáltica, capas granulares) por la falta de estructuras de drenaje y al incremento de las cargas de tránsito.
- De acuerdo al levantamiento topográfico se hizo un estudio detallado del área de la vía y se pudo recopilar la información necesaria para presentar en forma detallada los resultados obtenidos de los deterioros encontrados.
- Presentar un diseño estructural acorde a las normativas existentes de construcción y mantenimiento de carreteras.
- Se presenta el presupuesto de obra para la intervención del tramo vial del presente estudio.



Con el presente TPI (Trabajo Profesional Integrado) se realizó, un reconocimiento del paciente (estructura vial del estudio), ubicado en el corregimiento el Totumo del municipio de Ibagué (tramo de 1 kilometro), mediante visita de campo y recopilación de la información y así poder detectar, identificar, las diferentes lesiones estructurales que presenta la vía.

Por medio de los resultados de la fase de reconocimiento, se realizó la fase de pre-diagnóstico, para plantear las posibles hipótesis de cada una de las causas de las diferentes lesiones.

Esto se logró mediante el registro fotográfico, levantamiento topográfico, identificación de las diferentes lesiones (patologías) y estudio de suelos, que detallaban el estado de la vía, aplicando la teoría construida en cada una de las asignaturas que hicieron parte de la especialización. No, obstante la fase de reconocimiento y pre-diagnóstico, que son necesarias más no suficientes.

En tal sentido, se inició la fase del diagnóstico, la cual permitió comprobar las hipótesis planteadas a través de las teorías y estudios de casos ya demostrados por los estudiosos de la disciplina patología de la construcción, caracterizando la morfología y el NDS (nivel de severidad) de las lesiones.

Todas las fases aplicadas, permitieron evidenciar cinco (5) causas: falta de un diseño adecuado de la estructura, ausencia de cultura de mantenimiento, sin drenajes, el impacto agresivo del medio ambiente, en la zona de emplazamiento de la vía y al crecimiento constante del tránsito.

Se concluye de todo lo anterior, que no es posible, llevar acabo reparaciones puntuales debido al deterioro progresivo que presenta el tramo del presente estudio.

Por lo tanto, la solución óptima medida en términos: económicos, técnicos, tiempo, durabilidad y el confort (bienestar y comodidad) de los usuarios que utilizan la vía (tramo

de 1 kilometro) que favorece la situación analizada es; diseñar y construir la vía acorde al as normativas vigentes y así garantizar una estructura de pavimento que cumpla con las especificaciones técnicas con el propósito de garantizar una estructura duradera.



Recomendaciones

- Dado al avanzado estado de deterioro de la estructura de pavimento se recomienda rehabilitar en sutotalidad la estructura de pavimento ya que no es aconsejable llevar acabo reparaciones o parcheos dado que estos mejoramientos no tendrán buena adherencia con los elementos estructurales existentes ya que presentan un avanzado estado de fatiga.
- Teniendo en cuenta que la estructura del pavimento en concreto flexible para la vía del Proyecto, se diseño siguiendo las normas técnicas y recomendaciones del método AASHTO, la respectiva construcción debe seguir los parámetros en cuanto al dimensionamiento de las capas de la estructura.
- Seguir las pautas descritas en el presente estudio, en cuanto al diseño de espesores de las capas que conforman la estructura del pavimento, y las especificaciones técnicas de los materiales solicitados para cada una de las capas de la estructura.
- Debido al presente estado de la superficie de rodadura, antes de dar inicio al proceso constructivo, se debe realizar el mejoramiento del suelo de la subrasante, se considera ideal sustituir suelo de subrasante con material tipo afirmado o recebo; se sugiere alcanzar una profundidad mínima de 25 cm.
- El proceso constructivo de las capas de afirmado, se debe regir por el capítulo 3, artículo 311 de las especificaciones generales de construcción de carreteras de INVIAS, versión 2013.
- El proceso constructivo de las capas de Subbase granular, se debe regir por el capítulo 3, artículo 320 de las especificaciones generales de construcción de carreteras de INVIAS, versión 2013.



- El proceso constructivo de las capas de base granular, se debe regir por el capítulo 3, artículo 330 de las especificaciones generales de construcción de carreteras de INVIAS, versión 2013.
- El proceso constructivo de la mezcla densa en caliente, se debe regir por el capítulo 4, artículo 450 de las especificaciones técnicas de construcción de carreteras de INVIAS, versión 2013.
- Tener en cuenta las apariciones de corrientes de aguas subterráneas durante el proceso de excavación, con el fin de captarlas, controlarlas y evacuarlas mediante la construcción de filtros tipo geodren, respectivamente, en una o ambas márgenes según sea el caso. La localización y el diseño de las obras de sub- drenajes requeridas no hacen parte del presente estudio.
- Construir cunetas y/o alcantarillas para garantizar la captación y el drenaje de corrientes de aguas superficiales, asegurando la durabilidad del proyecto ya que debido a la falta de estas estructuras acelera el daño de las capas granulares.
- Estar atentos en el caso que se detecten durante las excavaciones, apariciones de material de relleno producto de suelos orgánicos, recebo o escombros, en zonas donde no se efectuaron perforaciones para el estudio de suelos, dado que puede generar alguna variación del diseño de la estructura de pavimento.
- Si en la superficie de apoyo de la estructura de pavimento se evidencian irregularidades, o aparición de material orgánico, escombros, o de alta plasticidad, se deben realizar las correcciones necesarias, aumentando el espesor de la capa de material sustituto de mejoramiento tipo afirmado o recebo . Para ello, en la preparación de la superficie existente de subrasante, se sugiere el retiro de fallos o colchones, y se debe hacer el respectivo reemplazo mediante mejoramiento de suelo con material debidamente seleccionado.



- Como medida preventiva para la apertura al tránsito, durante el proceso de preparación de la subrasante, las capas de base, subbase y afirmado, se debe prohibir la acción de todo tipo de tránsito, hasta que se haya completado la compactación, con el fin de evitar concentración de ahuellamientos sobre dichas superficies.
- En cuanto a la calidad del producto terminado, las capas de afirmado, subbase y base granular una vez construidas y con las densidades óptimas de cada una de las capas, deberán presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones, ni segregaciones.
- Las capas de base, subbase y afirmados una vez terminadas, se deberán ajustar a las rasantes y a las pendientes establecidas por la topografía del proyecto, sin que existan zonas donde se retenga el agua superficial.
- Considerando el espesor de diseño de las capas de base granular, subbase granular y afirmado, se sugiere que sean compactadas en capas con espesor uniforme, ojalá de 10 cm máximo, teniendo en cuenta la humedad óptima de compactación, preestablecido por un laboratorio de suelos de entera confianza del constructor.
- Realizar un control permanente durante el proceso constructivo, de los espesores de las capas de subbase y bases granulares, tal que la estructura coincida con los espesores determinados en este estudio, además se sugiere seguir en detalle, los requisitos desde la adquisición del material, su acopio, extendida, y en general el proceso constructivo, y control de calidad, que describen los artículos 311, 320 y 330 de las especificaciones generales de construcción de carreteras de INVIA 2013.
- Como garantía del diseño de la capa de rodadura del pavimento flexible, se debe realizar en detalle el control previo, cumplir los requisitos exigidos desde la adquisición o fabricación en planta, toma de briquetas, control de la temperatura



de llegada a obra, extendida y compactación durante el proceso constructivo, en general su control posterior, descrito todo en el capítulo 4, artículo 450 de las especificaciones generales de construcción de carreteras de INVIAS 2013.

- Se recomienda realizar la señalización horizontal, demarcando la línea divisoria de carriles, las líneas de borde de calzada, y la respectiva señalización vertical preventiva y/o reglamentaria necesaria.



Bibliografía

Alcaldía Municipal de Ibagué. (s.f.). *Documentos técnicos plan de desarrollo corregimiento 16 el Totumo*.

Alcaldía Municipal de Ibagué. (s.f.). *Secretaría de infraestructura grupo de proyectos*.

Cárdenas Grisales, J. (2005). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Editorial Ecoe Ediciones 2da reimpresión.

Del Castillo, R. (2014). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Volumen I*. Editorial Limusa México.

Del Castillo, R. (2014). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Volumen II*. Rico del Castillo. Editorial Limusa México.

Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción. (s.f.). Recuperado de: https://www.academia.edu/34656373/Enciclopedia_broto_de_patologias_de_la_construccion_Unlocked_by_www.freemypdf.com_1_

Higuera Sandoval, C. H. (2011). *Nociones Sobre Métodos de Diseño de Estructuras de Pavimentos Para Carreteras*. Volumen II. Editorial UPTC 1ra reimpresión.

Higuera Sandoval, C. H. (2015). *Nociones sobre Evaluación y Rehabilitación de Estructuras de Pavimentos*. Editorial UPTC 2da edición.

Instituto Nacional de Vías. (2013). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo Para Materiales de Carreteras*.



Montejo Fonseca, A. (2008). *Ingeniería de Pavimentos Evaluación Estructural, Obras de Mejoramiento y Nuevas Tecnologías*. Editorial Universidad Católica de Colombia 3 edición.

Montejo Fonseca, A. (2008). *Ingeniería de Pavimentos Fundamentos, Estudios Básicos y Diseños*. Editorial Universidad Católica de Colombia 3 edición.

Morales Camacho, P. M. (2008). *Construcción y Conservación de Vías*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería 1ra edición.

Pérez Carmona, R. (2013). *Diseño y Construcción de Alcantarillados Sanitario, Pluvial y Drenaje en Carreteras*. Editorial Ecoe Ediciones.

Rondón Quintana, H. A. & Reyes Lizcano, F. A. (2015). *Pavimentos. Materiales, Construcción y diseño*. Ecoe ediciones.









Sánchez Sabogal, F. & Campagnoli, S. X. (2016). *Pavimentos Asfálticos de Carreteras Guía Práctica Para los Estudios y Diseños*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería 1ra edición.

Torres Nieto, A. & Villate Bonilla, E. (2013). *Topografía*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería 4ta reimpresión.

Anexos

Anexo 1. Registro Aforo Vehicular









Tabla 1. Aforo vehicular estación Totumo km 0 + 00 al km 1 + 00 sentido Ibagué - Totumo (9 de octubre de 2017).

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA		AFORO VEHICULAR : ESTACION EL TOTUMO K 00 + K 1.0 FECHA (D,M,A) : 09/10/2017 HOJA: 1 DE 1 CONDICION CLIMATICA : Soleado RESPONSABLES: ING OSCAR CAMELO, ING ARTURO SUAREZ						Ibagué - Totumo
		ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION IBAGUE						
HORARIO	 AUTOMOVILES	 BUSES	 BUSETAS	 CAMION C2P	 CAMION C2G	 CAMION C3-4	 CAMION C5	
06:00 am 07:00 am	9	0	1	1	1	0	0	
07:00 am 08:00 am	9	3	2	0	1	0	0	
08:00 am 09:00 am	11	1	1	2	2	2	0	
09:00 am 10:00 am	9	0	2	1	1	3	1	
10:00 am 11:00 am	15	0	1	2	1	1	0	
11:00 am 12:00 m	17	2	2	1	1	1	0	
12:00 m 01:00 pm	15	1	2	1	1	4	2	
01:00 pm 02:00 pm	14	2	2	1	2	2	0	
02:00 pm 03:00 pm	10	0	1	0	2	0	0	
03:00 pm 04:00 pm	13	0	2	2	1	0	1	
04:00 pm 05:00 pm	10	2	3	2	1	1	0	
05:00 pm 06:00 pm	12	1	2	1	2	0	0	
06:00 pm 07:00 pm	9	3	1	2	1	0	0	
SUMAS	153	15	22	16	17	14	4	

Fuente: Elaboración propia











Tabla 2. Aforo vehicular estación Totumo km 0 + 00 al km 1 + 00 sentido Totumo - Ibagué (9 de octubre de 2017).

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION IBAGUE		AFORO VEHICULAR : ESTACION EL TOTUMO K 00 + K 1.0		FECHA (D,M,A) : 09/10/2017 HOJA: 1 DE 1		Totumo - Ibague	
		CONDICION CLIMATICA : Soleado		RESPONSABLES: ING OSCAR CAMELO, ING ARTURO SUAREZ			
HORARIO	 AUTOMOVILES	 BUSES	 BUSETAS	 CAMION C2P	 CAMION C2G	 CAMION C3-4	 CAMION C5
06:00 am 07:00 am	15	1	2	2	0	2	0
07:00 am 08:00 am	17	0	2	2	1	0	0
08:00 am 09:00 am	17	1	2	1	0	0	0
09:00 am 10:00 am	18	0	2	2	1	5	0
10:00 am 11:00 am	10	1	2	1	1	1	0
11:00 am 12:00 m	12	0	2	2	1	1	0
12:00 m 01:00 pm	14	1	2	2	1	1	1
01:00 pm 02:00 pm	15	1	1	1	2	0	0
02:00 pm 03:00 pm	11	0	2	2	1	3	0
03:00 pm 04:00 pm	18	0	2	0	0	1	1
04:00 pm 05:00 pm	17	1	1	1	2	0	0
05:00 pm 06:00 pm	11	0	2	3	1	1	0
06:00 pm 07:00 pm	9	1	3	0	0	0	0
SUMAS	184	7	25	19	11	15	2

Fuente: Elaboración propia


Tabla 3. Aforo vehicular estación Totumo km 0 + 00 al km 1 + 00 sentido Ibagué - Totumo (10 de octubre de 2017).

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION IBAGUE		AFORO VEHICULAR : ESTACION EL TOTUMO K 00 + K 1.0		FECHA (D,M,A) : 10/10/2017 HOJA: 1 DE 1		Ibague - Totumo	
		CONDICION CLIMATICA : Soleado		RESPONSABLES: ING OSCAR CAMELO, ING ARTURO SUAREZ			
HORARIO	 AUTOMOVILES	 BUSES	 BUSETAS	 CAMION C2P	 CAMION C2G	 CAMION C3-4	 CAMION C5
06:00 am 07:00 am	12	1	2	1	1	0	0
07:00 am 08:00 am	10	0	1	2	2	2	0
08:00 am 09:00 am	17	0	2	1	1	1	0
09:00 am 10:00 am	11	2	2	2	1	1	0
10:00 am 11:00 am	7	0	1	1	2	1	0
11:00 am 12:00 m	14	3	2	1	0	0	0
12:00 m 01:00 pm	11	1	2	2	1	0	1
01:00 pm 02:00 pm	10	1	2	1	2	1	0
02:00 pm 03:00 pm	16	1	2	2	1	0	0
03:00 pm 04:00 pm	12	0	2	2	2	2	0
04:00 pm 05:00 pm	15	3	2	1	1	1	1
05:00 pm 06:00 pm	12	1	2	2	1	3	0
06:00 pm 07:00 pm	8	0	1	1	2	1	0
SUMAS	155	13	23	19	17	13	2

Fuente: Elaboración propia




Tabla 4. Aforo vehicular estación Totumo km 0 + 00 al km 1 + 00 sentido Totumo - Ibagué (10 de octubre de 2017).

 UNIVERSIDAD SANTO TOMAS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION IBAGUE		AFORO VEHICULAR : ESTACION EL TOTUMO K 00 + K 1.0 FECHA (D,M,A) : 10/10/2017 HOJA: 1 DE 1 CONDICION CLIMATICA : Soleado RESPONSABLES: ING OSCAR CAMELO, ING ARTURO SUAREZ						Totumo - Ibague
		AUTOMOVILES	BUSES	BUSETAS	CAMION C2P	CAMION C2G	CAMION C3-4	CAMION C5
HORARIO								
06:00 am 07:00 am	15	1	2	1	0	0	0	
07:00 am 08:00 am	14	1	2	2	0	0	0	
08:00 am 09:00 am	15	0	2	1	3	3	0	
09:00 am 10:00 am	11	2	2	2	1	2	0	
10:00 am 11:00 am	17	0	2	4	2	1	0	
11:00 am 12:00 m	12	0	1	1	0	0	0	
12:00 m 01:00 pm	15	1	2	2	0	0	0	
01:00 pm 02:00 pm	14	0	2	1	4	4	1	
02:00 pm 03:00 pm	15	1	2	2	2	2	0	
03:00 pm 04:00 pm	11	0	1	2	1	3	0	
04:00 pm 05:00 pm	17	1	2	1	0	1	0	
05:00 pm 06:00 pm	12	2	1	2	4	1	0	
06:00 pm 07:00 pm	9	1	1	1	1	0	0	
SUMAS	177	10	22	22	18	17	1	

Fuente: Elaboración propia








Tabla 5. Aforo vehicular estación Totumo km 0 + 00 al km 1 + 00 sentido Ibagué - Totumo (11 de octubre de 2017).

 UNIVERSIDAD SANTO TOMAS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION IBAGUE		AFORO VEHICULAR : ESTACION EL TOTUMO K 00 + K 1.0 FECHA (D,M,A) : 11/10/2017 HOJA: 1 DE 1 CONDICION CLIMATICA : Llovizna y soleado RESPONSABLES: ING OSCAR CAMELO, ING ARTURO SUAREZ						Ibague - Totumo
		AUTOMOVILES	BUSES	BUSETAS	CAMION C2P	CAMION C2G	CAMION C3-4	CAMION C5
HORARIO								
06:00 am 07:00 am	15	1	2	1	1	0	0	
07:00 am 08:00 am	16	0	2	1	1	3	0	
08:00 am 09:00 am	17	3	1	0	0	1	0	
09:00 am 10:00 am	13	2	2	2	1	2	0	
10:00 am 11:00 am	19	0	1	2	1	2	1	
11:00 am 12:00 m	19	1	2	1	0	1	0	
12:00 m 01:00 pm	13	0	2	2	0	1	0	
01:00 pm 02:00 pm	19	0	1	1	1	0	0	
02:00 pm 03:00 pm	16	1	2	1	2	0	0	
03:00 pm 04:00 pm	18	0	2	1	1	1	0	
04:00 pm 05:00 pm	16	0	1	0	2	1	0	
05:00 pm 06:00 pm	12	1	2	2	2	0	0	
06:00 pm 07:00 pm	10	1	2	1	2	0	0	
SUMAS	203	10	22	15	14	12	1	

Fuente: Elaboración propia







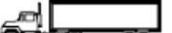


Tabla 6. Aforo vehicular estación Totumo km 0 + 00 al km 1 + 00 sentido Totumo - Ibagué (11 de octubre de 2017).

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA		AFORO VEHICULAR : ESTACION EL TOTUMO K 00 + K 1.0						Totumo - Ibague
ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION IBAGUE		FECHA (D,M,A): 11/10/2017		HOJA: 1 DE 1				
		CONDICION CLIMATICA : Llovizna y soleado						
		RESPONSABLES: ING OSCAR CAMELO, ING ARTURO SUAREZ						
HORARIO	 AUTOMOVILES	 BUSES	 BUSETAS	 CAMION C2P	 CAMION C2G	 CAMION C3-4	 CAMION C5	
06:00 am 07:00 am	16	1	2	2	1	0	0	
07:00 am 08:00 am	17	2	2	1	2	3	0	
08:00 am 09:00 am	13	1	2	2	1	1	0	
09:00 am 10:00 am	14	0	2	1	2	2	0	
10:00 am 11:00 am	17	0	3	1	2	0	0	
11:00 am 12:00 m	17	0	2	1	2	0	0	
12:00 m 01:00 pm	12	0	2	2	1	1	0	
01:00 pm 02:00 pm	13	1	1	1	2	0	1	
02:00 pm 03:00 pm	13	1	2	2	1	0	0	
03:00 pm 04:00 pm	10	0	3	2	1	1	0	
04:00 pm 05:00 pm	15	0	5	1	2	1	0	
05:00 pm 06:00 pm	11	1	2	2	1	0	0	
06:00 pm 07:00 pm	9	0	0	1	2	1	0	
SUMAS	177	7	28	19	20	10	1	

Fuente: Elaboración propia








Tabla 7. Aforo vehicular estación Totumo km 0 + 00 al km 1 + 00 sentido Ibagué - Totumo (12 de octubre de 2017).

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA		AFORO VEHICULAR : ESTACION EL TOTUMO K 00 + K 1.0						Ibague - Totumo
ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION IBAGUE		FECHA (D,M,A): 12/10/2017		HOJA: 1 DE 1				
		CONDICION CLIMATICA : Soleado						
		RESPONSABLES: ING OSCAR CAMELO, ING ARTURO SUAREZ						
HORARIO	 AUTOMOVILES	 BUSES	 BUSETAS	 CAMION C2P	 CAMION C2G	 CAMION C3-4	 CAMION C5	
06:00 am 07:00 am	15	0	2	2	1	2	0	
07:00 am 08:00 am	18	1	1	1	1	0	0	
08:00 am 09:00 am	14	0	2	1	1	3	0	
09:00 am 10:00 am	14	1	1	2	1	2	0	
10:00 am 11:00 am	17	0	2	1	2	1	0	
11:00 am 12:00 m	16	1	1	0	1	1	0	
12:00 m 01:00 pm	13	1	1	1	1	3	0	
01:00 pm 02:00 pm	18	0	2	1	2	1	0	
02:00 pm 03:00 pm	15	0	2	1	1	1	0	
03:00 pm 04:00 pm	15	1	2	1	2	0	0	
04:00 pm 05:00 pm	18	0	2	1	4	0	0	
05:00 pm 06:00 pm	13	0	1	1	0	2	0	
06:00 pm 07:00 pm	8	1	1	1	0	0	0	
SUMAS	194	6	20	14	17	16	0	

Fuente: Elaboración propia










Tabla 8. Aforo vehicular estación Totumo km 0 + 00 al km 1 + 00 sentido Totumo - Ibagué (12 de octubre de 2017).

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA		AFORO VEHICULAR : ESTACION EL TOTUMO K 00 + K 1.0					
ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION IBAGUE		FECHA (D,M,A) : 12/10/2017 HOJA: 1 DE 1					
		CONDICION CLIMATICA : Soleado					
		RESPONSABLES: ING OSCAR CAMELO, ING ARTURO SUAREZ					
		Totumo - Ibague					
HORARIO	 AUTOMOVILES	 BUSES	 Busetas	 CAMION C2P	 CAMION C2G	 CAMION C3-4	 CAMION C5
06:00 am 07:00 am	14	0	2	3	1	0	0
07:00 am 08:00 am	14	1	1	1	1	0	0
08:00 am 09:00 am	12	0	2	1	1	3	0
09:00 am 10:00 am	14	1	2	1	1	0	0
10:00 am 11:00 am	14	0	2	1	2	2	0
11:00 am 12:00 m	15	0	2	2	1	1	0
12:00 m 01:00 pm	14	0	2	2	1	1	0
01:00 pm 02:00 pm	14	0	2	1	2	0	0
02:00 pm 03:00 pm	12	0	2	2	1	0	0
03:00 pm 04:00 pm	15	1	2	1	6	2	0
04:00 pm 05:00 pm	12	0	0	2	3	0	0
05:00 pm 06:00 pm	11	1	1	1	0	0	0
06:00 pm 07:00 pm	9	1	1	0	1	3	0
SUMAS	170	5	21	18	21	12	0

Fuente: Elaboración propia








Tabla 9. Aforo vehicular estación Totumo km 0 + 00 al km 1 + 00 sentido Ibagué - Totumo (13 de octubre de 2017).

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA		AFORO VEHICULAR : ESTACION EL TOTUMO K 00 + K 1.0					
ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION IBAGUE		FECHA (D,M,A) : 13/10/2017 HOJA: 1 DE 1					
		CONDICION CLIMATICA : Soleado					
		RESPONSABLES: ING OSCAR CAMELO, ING ARTURO SUAREZ					
		Ibague - Totumo					
HORARIO	 AUTOMOVILES	 BUSES	 Busetas	 CAMION C2P	 CAMION C2G	 CAMION C3-4	 CAMION C5
06:00 am 07:00 am	16	1	2	1	2	0	0
07:00 am 08:00 am	15	1	2	2	1	1	0
08:00 am 09:00 am	13	0	2	1	2	1	0
09:00 am 10:00 am	18	0	3	1	0	3	1
10:00 am 11:00 am	13	1	2	1	1	1	0
11:00 am 12:00 m	14	0	1	1	0	0	0
12:00 m 01:00 pm	17	0	2	2	1	2	1
01:00 pm 02:00 pm	21	1	1	0	0	1	0
02:00 pm 03:00 pm	16	0	2	1	2	2	0
03:00 pm 04:00 pm	10	1	4	0	1	1	0
04:00 pm 05:00 pm	13	0	2	2	1	0	0
05:00 pm 06:00 pm	12	2	1	1	2	0	0
06:00 pm 07:00 pm	9	0	1	7	0	1	0
SUMAS	187	7	25	20	13	13	2

Fuente: Elaboración propia










Tabla 10. Aforo vehicular estación Totumo km 0 + 00 al km 1 + 00 sentido Totumo - Ibagué (13 de octubre de 2017).

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA		AFORO VEHICULAR : ESTACION EL TOTUMO K 00 + K 1.0					
ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION IBAGUE		FECHA (D,M,A) : 13/10/2017		HOJA: 1 DE 1		Totumo - Ibague	
		CONDICION CLIMATICA : Soleado					
		RESPONSABLES: ING OSCAR CAMELO, ING ARTURO SUAREZ					
HORARIO	 AUTOMOVILES	 BUSES	 BUSETAS	 CAMION C2P	 CAMION C2G	 CAMION C3-4	 CAMION C5
06:00 am 07:00 am	16	1	2	2	1	0	0
07:00 am 08:00 am	20	0	2	1	2	3	0
08:00 am 09:00 am	16	0	2	1	0	1	0
09:00 am 10:00 am	15	1	2	2	1	0	0
10:00 am 11:00 am	13	0	1	1	0	3	0
11:00 am 12:00 m	18	1	2	1	1	0	0
12:00 m 01:00 pm	16	0	2	2	1	2	0
01:00 pm 02:00 pm	16	1	1	1	0	4	0
02:00 pm 03:00 pm	14	1	2	2	2	1	0
03:00 pm 04:00 pm	17	0	2	2	0	0	1
04:00 pm 05:00 pm	15	0	1	1	1	2	0
05:00 pm 06:00 pm	12	1	2	2	0	0	1
06:00 pm 07:00 pm	9	0	1	1	2	0	0
SUMAS	197	6	22	19	11	16	2









Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Aforo vehicular estación Totumo km 0 + 00 al km 1 + 00 sentido Ibagué - Totumo (14 de octubre de 2017).

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA		AFORO VEHICULAR : ESTACION EL TOTUMO K 00 + K 1.0					
ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION IBAGUE		FECHA (D,M,A) : 14/10/2017		HOJA: 1 DE 1		Ibague - Totumo	
		CONDICION CLIMATICA : Soleado					
		RESPONSABLES: ING OSCAR CAMELO, ING ARTURO SUAREZ					
HORARIO	 AUTOMOVILES	 BUSES	 BUSETAS	 CAMION C2P	 CAMION C2G	 CAMION C3-4	 CAMION C5
06:00 am 07:00 am	16	1	2	2	1	0	0
07:00 am 08:00 am	21	1	2	1	1	3	0
08:00 am 09:00 am	16	0	2	1	2	0	0
09:00 am 10:00 am	15	1	2	2	1	0	0
10:00 am 11:00 am	11	0	1	1	0	1	0
11:00 am 12:00 m	18	0	0	1	2	1	0
12:00 m 01:00 pm	17	1	2	2	1	1	1
01:00 pm 02:00 pm	17	0	1	0	1	0	0
02:00 pm 03:00 pm	16	0	1	0	0	0	0
03:00 pm 04:00 pm	13	1	2	0	0	1	0
04:00 pm 05:00 pm	14	0	3	1	1	0	0
05:00 pm 06:00 pm	14	1	2	2	0	0	0
06:00 pm 07:00 pm	11	0	1	0	0	0	0
SUMAS	199	6	21	13	10	7	1









Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Aforo vehicular estación Totumo km 0 + 00 al km 1 + 00 sentido Totumo - Ibagué (14 de octubre de 2017).

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA		AFORO VEHICULAR : ESTACION EL TOTUMO K 00 + K 1.0 FECHA (D,M,A) : 14/10/2017 HOJA: 1 DE 1 CONDICION CLIMATICA : Soleado RESPONSABLES: ING OSCAR CAMELO, ING ARTURO SUAREZ						Totumo - Ibague
ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION IBAGUE								
HORARIO	 AUTOMOVILES	 BUSES	 BUSETAS	 CAMION C2P	 CAMION C2G	 CAMION C3-4	 CAMION C5	
06:00 am 07:00 am	18	1	2	2	1	0	0	
07:00 am 08:00 am	15	0	2	1	1	0	0	
08:00 am 09:00 am	11	0	2	2	1	0	0	
09:00 am 10:00 am	15	0	2	1	1	2	0	
10:00 am 11:00 am	11	1	2	2	1	1	0	
11:00 am 12:00 m	17	0	2	1	0	1	0	
12:00 m 01:00 pm	15	1	2	2	1	0	0	
01:00 pm 02:00 pm	16	0	2	1	2	0	0	
02:00 pm 03:00 pm	11	0	1	2	1	0	0	
03:00 pm 04:00 pm	15	1	2	1	2	1	0	
04:00 pm 05:00 pm	15	2	2	1	1	0	1	
05:00 pm 06:00 pm	10	1	2	1	1	0	0	
06:00 pm 07:00 pm	9	0	0	1	2	0	0	
SUMAS	178	7	23	18	15	5	1	

Fuente: Elaboración propia









Tabla 13. Aforo vehicular estación Totumo km 0 + 00 al km 1 + 00 sentido Ibagué - Totumo (15 de octubre de 2017).

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA		AFORO VEHICULAR : ESTACION EL TOTUMO K 00 + K 1.0 FECHA (D,M,A) : 15/10/2017 HOJA: 1 DE 1 CONDICION CLIMATICA : Soleado RESPONSABLES: ING OSCAR CAMELO, ING ARTURO SUAREZ						Ibague - Totumo
ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION IBAGUE								
HORARIO	 AUTOMOVILES	 BUSES	 BUSETAS	 CAMION C2P	 CAMION C2G	 CAMION C3-4	 CAMION C5	
06:00 am 07:00 am	15	1	2	1	2	0	0	
07:00 am 08:00 am	16	1	2	2	1	0	0	
08:00 am 09:00 am	14	0	1	0	1	0	0	
09:00 am 10:00 am	13	1	2	1	0	3	0	
10:00 am 11:00 am	16	0	2	0	2	0	0	
11:00 am 12:00 m	17	1	1	2	1	0	0	
12:00 m 01:00 pm	16	0	2	1	2	0	0	
01:00 pm 02:00 pm	12	0	0	1	0	0	0	
02:00 pm 03:00 pm	15	0	0	2	0	0	0	
03:00 pm 04:00 pm	17	1	2	1	1	0	0	
04:00 pm 05:00 pm	12	1	2	2	0	0	0	
05:00 pm 06:00 pm	7	0	2	1	1	1	0	
06:00 pm 07:00 pm	5	0	1	1	0	0	0	
SUMAS	175	6	19	15	11	4	0	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 14. Aforo vehicular estación Totumo km 0 + 00 al km 1 + 00 sentido Totumo - Ibagué (15 de octubre de 2017).

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA ESPECIALIZACION EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION IBAGUE		AFORO VEHICULAR : ESTACION EL TOTUMO K 00+ K 1.0 FECHA (D,M,A) : 15/10/2017 HOJA: 1 DE 1 CONDICION CLIMATICA : Soleado Totumo - Ibague RESPONSABLES: ING OSCAR CAMELO, ING ARTURO SUAREZ					
		 AUTOMOVILES  BUSES  Busetas  CAMION C2P  CAMION C2G  CAMION C3-4  CAMION C5					
HORARIO							
06:00 am 07:00 am	15	1	2	2	1	0	0
07:00 am 08:00 am	17	1	2	1	2	0	0
08:00 am 09:00 am	12	0	3	2	2	0	0
09:00 am 10:00 am	13	1	2	2	1	1	0
10:00 am 11:00 am	13	1	2	0	2	0	0
11:00 am 12:00 m	15	1	1	2	1	0	0
12:00 m 01:00 pm	17	0	2	1	1	0	0
01:00 pm 02:00 pm	13	0	1	2	0	0	0
02:00 pm 03:00 pm	13	1	1	1	1	1	0
03:00 pm 04:00 pm	9	0	1	0	2	0	0
04:00 pm 05:00 pm	10	1	1	2	1	0	0
05:00 pm 06:00 pm	6	0	2	1	0	0	0
06:00 pm 07:00 pm	9	0	1	1	0	0	0
SUMAS	162	7	21	17	14	2	0

Fuente: Elaboración propia



Anexo 2. Registro de las sumatorias totales del aforo vehicular sentido (Ibagué, Totumo – Totumo, Ibagué)

Tabla 1. Registro de las sumatorias totales del aforo vehicular sentido (Ibagué, Totumo – Totumo, Ibagué del 9 de octubre al 15 de octubre de 2017).

DIA	SENTIDO	AUTOS	BUSES	BUSETAS	C2P	C2G	C3C4	C5
LUNES	Ibague- totumo	153	15	22	16	17	14	4
	Totumo - Ibague	184	7	25	19	11	15	2
MARTES	Ibague- totumo	155	13	23	19	17	13	2
	Totumo - Ibague	177	10	22	22	18	17	1
MIERCOLES	Ibague- totumo	203	10	22	15	14	12	1
	Totumo - Ibague	177	7	28	19	20	10	1
JUEVES	Ibague- totumo	194	6	20	14	17	16	0
	Totumo - Ibague	170	5	21	18	21	12	0
VIERNES	Ibague- totumo	187	7	25	20	13	13	2
	Totumo - Ibague	197	6	22	19	11	16	2
SABADO	Ibague- totumo	199	6	21	13	10	7	1
	Totumo - Ibague	178	7	23	18	15	5	1
DOMINGO	Ibague- totumo	175	6	19	15	11	4	0
	Totumo - Ibague	162	7	21	17	14	2	0
	SUMA	2511	112	314	244	209	156	17
	TOTAL				3563			

Fuente: Elaboración propia