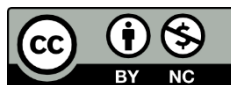


**PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERÍA
DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO MÁS FAVORABLE
PARA LA CARRERA 16 ENTRE CALLES 8 Y 15 EN EL MUNICIPIO DE
GRANADA, META.**



Por:
Diego Leonardo Rubio Rivera



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020**

**PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERÍA
DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO MÁS FAVORABLE
PARA LA CARRERA 16 ENTRE CALLES 8 Y 15 EN EL MUNICIPIO DE
GRANADA, META.**



Por:
Diego Leonardo Rubio Rivera

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional
de ingeniero civil

Aprobado por:
Ing. Juan Manuel Salgado Díaz, M.Sc.
Director

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020**

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Fray José Gabriel Mesa Ángulo, O.P.
Rector General

Fray Eduardo González Gil, O.P.
Vicerrector Académico General

Fray José Antonio Balaguera Cepeda, O.P.
Rector Sede Villavicencio

Fray Rodrigo García Jara, O.P.
Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Julieth Andrea Sierra Tobón
Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. Jhon Jairo Gil Peláez, Ph.D.
Decano Facultad de Ingeniería Civil

DEDICATORIA

A Dios por su infinita misericordia.

A mi madre por su amor, su incondicionalidad y entrega para permitirme cursar y terminar mis estudios.

A mi padre por enseñarme los principios para un correcto obrar y forjar mi carácter.

A mi hija por ser mi más grande inspiración en los momentos difíciles y quien me da fuerzas en las situaciones donde todo parece perdido.

A mi esposa quien tuvo la valentía y la paciencia durante este proceso y; por estar a mi lado cuando más necesité de un apoyo a pesar de las adversidades.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Santo Tomás y su planta administrativa y docente quienes se esfuerzan a diario para ofrecernos una educación de calidad.

Al ingeniero Juan Manuel Salgado Díaz quién siempre estuvo dispuesto a guiarme en la elaboración de este documento con su conocimiento y su experiencia.

A mis familiares que de alguna u otra manera estuvieron dispuestos a ayudarme en este proceso y que aportaron su granito de arena para poder conseguir este nuevo logro.

RESUMEN

El diseño de la estructura de pavimento contemplado en este documento obedece a las nuevas necesidades de movilidad de la comunidad granadina y de los usuarios de la carrera 16 entre calles 8 y 15 en general. Los cambios en el tránsito y el cumplimiento de la vida útil de la estructura existente generaron deterioro en el mismo, por lo cual la administración municipal ha realizado labores de mantenimiento con métodos no ajustados a la necesidad presente.

Considerando lo anterior, fue necesario contemplar un nuevo diseño adecuado a las solicitudes actuales de tránsito con su respectiva proyección, las condiciones mecánicas de suelo y el reciente cambio climático.

Para llevar a cabo este proyecto se recurrió a la revisión de bibliografía pertinente con el fin de obtener criterios técnicos para el diseño, se realizaron aforos vehiculares en diferentes días y un estudio de suelos que contempló la metodología INA para determinar el CBR de diseño.

Además, una vez obtenidos los diseños por metodología AASHTO y PCA se hace una evaluación económica de cada una con el fin de estimar los costos de construcción y poder seleccionar, mediante criterios técnicos, la mejor propuesta.

Palabras Clave: Pavimento rígido, Tránsito, PCA, AASHTO, CBR, Costos de Construcción.

ABSTRACT

The design of the pavement structure contemplated in this document is due to the new mobility needs of the Granada community and the users of 16th Avenue between 8th and 15th streets in general. The changes in the traffic and the fulfillment of the useful life of the existing structure generated deterioration, for which reason the municipal administration has carried out maintenance work with methods not adjusted to the present need.

Considering the above, it was necessary to contemplate a new design adapted to current traffic solicitations with their respective projection, mechanical soil conditions and recent climate change.

To carry out this project, the relevant literature review was used in order to obtain technical criteria for the design, vehicle gauging was carried out on different days and a soil study that contemplated the INA methodology to determine the design CBR.

In addition, once the designs by AASHTO and PCA methodology are obtained, an economic evaluation of each one is made in order to estimate the construction costs and to be able to select, by technical criteria, the best proposal.

Key Words: Rigid Pavement, Transit, PCA, AASHTO, CBR, Construction Costs.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	11
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
3.	JUSTIFICACIÓN.....	13
4.	OBJETIVOS.....	14
4.1.	OBJETIVO GENERAL	14
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
5.	ALCANCE.....	15
6.	MARCO DE REFERENCIA	16
6.1.	MARCO TEÓRICO	16
6.1.1	Pavimento	16
6.1.2	Daños en los pavimentos rígidos	17
6.1.3	Tránsito	17
6.1.4	Determinación del tránsito existente	17
6.1.5	CBR de diseño	18
6.1.6	Módulo resiliente	18
6.1.7	Método AASHTO 1993.....	19
6.1.8	Método de la Portland Cement Association – PCA.....	19
6.1.9	Estimación de los costos de construcción.....	19
6.2.	MARCO CONCEPTUAL	20
6.3.	ESTADO DEL ARTE.....	21
6.4.	MARCO NORMATIVO.....	21
6.5.	MARCO GEOGRÁFICO	22
7.	METODOLOGÍA	23
7.1.	DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS	24
7.1.1	Fase Preliminar	24
7.1.2	Fase 1: Inspección de Campo.....	24
7.1.3	Fase 2: Tránsito	30
7.2.	COMPOSICIÓN VEHICULAR	31
7.2.1	Fase 3: Estudio de suelos y clima.....	32
7.2.2	Diseño de la estructura de Pavimento.....	38
7.2.3	Estimación de Costos.....	38
8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	41
9.	RESULTADOS E IMPACTOS	42
10.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	45
10.1.	CONCLUSIONES	45
10.2.	TRABAJOS FUTUROS.....	46
	BIBLIOGRAFÍA	47
11.	ANEXO A: LIBRO DE EXCEL CON HOJAS DE CÁLCULO	48
12.	ANEXO B: PRESUPUESTO METODOLOGÍA AASHTO.....	48
13.	ANEXO C: PRESUPUESTO METODOLOGÍA PCA.....	48

LISTA DE TABLAS

Tabla 6-1 Porcentajes para determinar el CBR de diseño de acuerdo al INA.....	18
Tabla 7-1. Calculo del flujo de tránsito.	31
Tabla 7-2. Número de ejes equivalentes.	31
Tabla 7-3. Resultado del estudio de suelos.	32
Tabla 7-4. Valor de diseño según el nivel de tránsito.	33
Tabla 7-5 Temperatura Mensual Promedio 2009-2015 en Granada, Meta	34
Tabla 7-6 Temperatura Media Anual Ponderada	36
Tabla 9-1Resultados.	42
Tabla 9-2Impactos.....	43

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 6-1 Esquema representativo de un pavimento de concreto	16
Ilustración 6-2 Ubicación de Granada en el Departamento del Meta.	22
Ilustración 6-3 Ubicación de la zona del proyecto en Granada, Meta.	22
Ilustración 7-1 Metodología	23
Ilustración 7-2 Ausencia de estructura de pavimento, Intersección Cra 16 - Calle 8	24
Ilustración 7-3 Ausencia de estructura de pavimento, Intersección Cra 16-Calle 10	25
Ilustración 7-4 Inicio de estructura de pavimento, Cra 16 entre calle 10 y 11	25
Ilustración 7-5 Grietas en bloque (GB) y Parches (PCHC) Por instalación de servicios públicos domiciliarios.....	26
Ilustración 7-6 Grietas en Bloque (GB) y Hundimientos (HU).....	26
Ilustración 7-7 Grietas en Bloque (GB) y Hundimientos (HU).....	27
Ilustración 7-8 Grietas en Bloque (GB).....	27
Ilustración 7-9 Grietas Longitudinales (GL)	28
Ilustración 7-10 Grietas Longitudinales (GL)	28
Ilustración 7-11 Grietas en sumideros (GA)	29
Ilustración 7-12 Bache (BCH) a la altura del Hospital antiguo.....	29
Ilustración 7-13 Bache (BCH) a la altura del Hospital antiguo.....	30
Ilustración 7-14 Bache (BCH) a la altura de la calle 15	30
Ilustración 7-15 CBR de diseño.....	33
Ilustración 7-16 Temperatura Media Mensual en Granada, Meta 2009-2015	35
Ilustración 7-17 Gráfica TMAP	36
Ilustración 7-18 Precipitación Media Mensual Granada, Meta	37
Ilustración 7-19 Precipitación Media Anual en Granada, Meta 2009-2016.....	37
Ilustración 7-20 Estructura de pavimento seleccionada. (Metodología AASHTO). 38	
Ilustración 7-21 Presupuesto del Pavimento Rígido por Metodología AASHTO ...	39
Ilustración 7-22 Presupuesto del Pavimento Rígido por Metodología PCA.....	40

1. INTRODUCCIÓN

Las fallas en el pavimento rígido suponen un común denominador en el comportamiento de las vías de Colombia, siendo muchas las causas por las cuales ocurren. Los pavimentos, como cualquier estructura, requieren de un adecuado diseño que se adapte a las condiciones del terreno y de carga donde se requieren construir, y de un mantenimiento pertinente que permita garantizar las condiciones para las cuales las vías son diseñadas.

El municipio de Granada, en el departamento del Meta, no es la excepción; actualmente su malla vial presenta fallas de distintos tipos que llegan a ser severos en tramos de la Carrera 16, vía importante para la movilización de personas que requieren una alternativa de tránsito.

El presente documento plantea, con la ayuda de la geotecnia, topografía e ingeniería de pavimentos, proponer un diseño que se adapte a las condiciones actuales y garantice comportamiento adecuado durante su periodo de diseño; esto con el fin de asegurar la función de una carretera: ser funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La carrera 16, del municipio de Granada, se encuentra en constante deterioro presentando fallas en la estructura de losas de pavimento rígido que, al soportar cargas diferentes a las consideradas inicialmente, cambian las condiciones de diseño debido al decreto 0160 de 2010 que desvió el tránsito pesado por esta vía, y lo limitó por la carrera 13. Grietas longitudinales, transversales, en bloque, en esquinas, en sumideros, entre otros; se han visto como fallas comunes a lo largo de la longitud de la vía.

Mediante esa disposición municipal, el tránsito de carga pesada proveniente la zona rural de Granada y de los municipios aledaños, que inicialmente se movilizaba por la carrera 13 en su totalidad, es desviada por la calle 12 para tomar la carrera 16 y finalmente, por la calle 20, retomar la carrera 13 con destino a la ciudad de Villavicencio; esto supone un factor importante a considerar la causa del deterioro del pavimento en la mencionada vía sumado al cumplimiento de su periodo de diseño inicial.

El área rural del municipio cuenta con una importante actividad económica que comprende producción agropecuaria, con cultivos de arroz de riego y secano, maíz, plátano, palma africana para obtención de aceite, cacao, yuca, papaya, cítricos y maracuyá. Como cultivos secundarios y terciarios se encuentran la ganadería de pastoreo extensivo y semi-intensivo, la piscicultura ornamental y de consumo, el turismo y la minería a cielo abierto. [1] Las vías en mal estado generan pérdidas económicas impidiendo la movilización oportuna de los productos propios de la región y originar una disminución de la competitividad y el desarrollo local, también se generan pérdidas para los comercios vecinos afectando de manera directa la dinámica económica local, generando cierres parciales o definitivos que derivan en problemas de desempleo.

Las vías de comunicación, como eje fundamental de desarrollo para un país, son imprescindibles para el crecimiento económico y el aumento de la competitividad, siendo el único medio para transportar personas y cargas. “La red de carreteras permite satisfacer las necesidades básicas de educación, trabajo, alimentación y salud; estas necesidades son las principales actividades de un país” [2] es por esto que mantener una adecuada red vial garantiza el cumplimiento de las necesidades básicas de una población.

3. JUSTIFICACIÓN

El municipio de Granada como capital de la región del Ariari, es un importante centro agropecuario del departamento del Meta; además de ser considerado la despensa agrícola del país. Es por esto que es pertinente resaltar la importancia de invertir en el mejoramiento de la su infraestructura vial.

Las vías urbanas del municipio, en su mayoría, han cumplido con la vida útil para las cuales han sido diseñadas y pasaron de soportar una carga de ejes equivalente que no pertenecen a las condiciones iniciales y que derivan en deterioro del concreto con el que está dispuesta la estructura de pavimento actual.

La carrera 16 es una vía urbana incluida dentro de las vías que han cumplido su vida útil dado que, por orden municipal, se desvió hacia esta vía la carga pesada proveniente de la zona rural del mismo municipio y también de los municipios vecinos tales como San Juan de Arama, Lejanías, Mesetas, Vista Hermosa, Fuentedeoro, Puerto Lleras, Puerto Rico y San José del Guaviare; perdiendo de tal manera el objetivo principal de prestar un nivel de servicio excelente, integrando tanto la estructura como la comodidad y la seguridad sin dejar a un lado que la obra debe ser económicamente viable.

El mal estado de las vías genera, además, grandes pérdidas económicas considerando que la región del Ariari es una zona muy productiva con alto desarrollo económico y con necesidades básicas de trabajo, alimentación, educación y salud por satisfacer. Para el 2014, la región había cosechado 10.517 Ha de arroz mecanizado lo que representan 53.503 ton del producto; 8.461 Ha de Maíz tecnificado equivalentes a 50.766 ton. Otros de los cultivos representativos en la economía de la región y sus municipios aledaños son la palma de aceite y la soya.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar la estructura de pavimento para la carrera 16 entre calles 8 y 15 en el municipio de Granada, Meta basado en las metodologías PCA Y AASHTO.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las condiciones en las que se encuentra la estructura de pavimento actual, mediante inspección visual.
- Calcular el número de ejes equivalentes mediante aforos y registros históricos.
- Determinar el CBR de diseño mediante metodología INA.
- Estimar los costos de construcción de cada una de las propuestas diseñadas.

5. ALCANCE

El presente proyecto pretende realizar los estudios necesarios para el diseño de la carrera 16 entre calles 8 y 15 del área urbana del municipio de Granada, Meta; con el fin de dar solución a la problemática de movilidad para los vehículos de carga proveniente del área rural y de los municipios aledaños, pues ésta es obligatoria para el tránsito de vehículos pesado por disposición local. Para lograrlo, es necesario hacer un aforo del tránsito actual y verificar si se cuentan con series históricas; con su respectivo estudio de suelos para, mediante la metodología AASHTO y PCA, diseñar la estructura de pavimento más adecuada y seleccionar la más económica estimando los costos de construcción de cada una de ellas.

Cabe resaltar que el municipio de Granada es paso obligatorio para del tránsito proveniente del sur de la zona sur- oriental del departamento y del departamento del Guaviare que requieren ingresar al centro del país. Por esta razón el mejoramiento de la carrera 16, es importante para la economía del municipio además de la comodidad y seguridad que ésta supondría.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO

6.1.1 Pavimento

Conjunto de capas superpuestas, horizontales, diseñadas y construidas con criterio técnico, empleando materiales apropiados y oportunamente compactados. [3]

Características principales de los pavimentos:

- Ser resistente a cargas de tránsito
- Ser resistente a factores de intemperismo
- Durable
- Adecuado drenaje
- Debe tener el color adecuado para ofrecer seguridad.
- Tener regularidad superficial.
- Debe ser económico

El pavimento rígido es una losa de concreto horizontal de 0.18 m a 0.30 m de espesor, sostenida en una capa de base granular estabilizada con material cementante. [4]

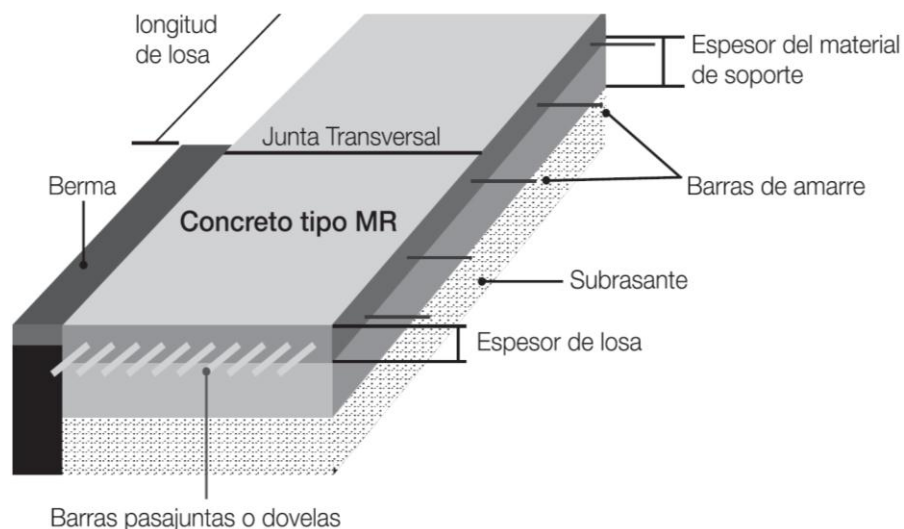


Ilustración 6-1 Esquema representativo de un pavimento de concreto
Fuente: [5], 2019

6.1.2 Daños en los pavimentos rígidos

Principalmente se agrupan en cuatro categorías:

- Deterioro de juntas
- Deterioro superficial
- Grietas
- Otros deterioros

Cada daño perteneciente a cada categoría presenta su nivel de importancia, forma de medición, causas, su evolución y reparaciones.

La inspección en los pavimentos determina el área afectada de la vía, estableciendo el tipo de daño presentado, su extensión y severidad, los cuales ayudan a definir las causas para determinar el procedimiento de reparación más pertinente.

Los niveles de severidad adoptados en el Manual de Inspección Visual para Pavimentos Rígidos son: Baja, Media y Alta. [6]

6.1.3 Tránsito

El tránsito es ampliamente un aspecto significativo a tener en cuenta para diseñar con exactitud los espesores que estructura de pavimento requiere con el fin de prestar un adecuado servicio.

Normalmente, los pavimentos son diseñados para periodos de prestación de 10 a 20 años; se acude a datos de series históricas o se determina el tránsito mediante aforos con el objetivo de hacer la proyección durante el periodo de diseño. El número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas está definido básicamente por la constitución del tránsito comercial, factores de equivalencia por vehículo y la distribución por sentido. [7]

$$N = TPD \times \frac{k_1}{100} \times \frac{k_2}{100} \times 365 \times \frac{(1 + r)^n - 1}{\ln(1 + r)} \times FC$$

Ecuación 6-1 Número de Vehículos Pesados

6.1.4 Determinación del tránsito existente

Para cuantificar el tránsito existente en una vía se debe recolectar la siguiente información, basado en las técnicas de Ingeniería de Tránsito.

- A) El tránsito promedio diario semanal
- B) Número de vehículos pesados, tipo y peso de los ejes.

6.1.5 CBR de diseño

El ensayo California Bearing Ratio se realiza en suelos granulares y cohesivos. Determina la resistencia al esfuerzo de un suelo previamente escogido; cuando la muestra se somete a una determinada carga por medio de un pistón a una velocidad constante, se establece la relación de esfuerzo para que el pistón penetre dicha muestra en 0,1" y 0,2". [5]

Se recomienda soportar las capas de las estructuras de pavimento en suelos con CBR mínimo de 5%, con el fin de apoyar dichas capas durante el proceso constructivo del pavimento. [4]

Este ensayo se puede desarrollar bajo los siguientes métodos:

- CBR in-situ
- CBR de laboratorio
- CBR con muestras intactas

Una vez obtenidos los valores de CBR el Instituto de Asfalto sugiere tomar un valor tal que los porcentajes de los valores individuales de CBR sean iguales o mayores a él, dependiendo del tránsito esperado. [8]

Tabla 6-1 Porcentajes para determinar el CBR de diseño de acuerdo al INA

NÚMERO DE EJE DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO	PERCENTIL A SELECCIONAR PARA DETERMINAR EL CBR DE DISEÑO
$\leq 10^4$	60.0
$10^4 - 10^6$	75.0
$\geq 10^6$	87.5

Fuente: [8], 2019

6.1.6 Módulo resiliente

Este módulo estima en el suelo las deformaciones originadas por la carga debida al tránsito soportado en el pavimento. Las deformaciones permanentes se denominan plásticas y, por lo contrario, las deformaciones que tienen un grado de recuperación es la deformación resiliente. [7]

$$MR(psi) = 2555 * CBR^{0.64}$$

Ecuación 6-2 Modulo resiliente en PSI

6.1.7 Método AASHTO 1993

Este método tiene como filosofía de diseño los siguientes parámetros de cálculo: [7]

- El número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas en carril de diseño.
- Nivel de confianza a calcular el pavimento.
- Serviciabilidad.
- La resistencia del concreto a flexo-tracción.
- Módulo de Young del concreto.
- Drenaje.
- Las condiciones de carga.
- La pérdida del soporte.

El módulo de reacción de la subrasante.

6.1.8 Método de la Portland Cement Association – PCA

Procedimiento que se aplica para el diseño de pavimentos rígidos cuando se dispone del espectro de carga durante su tiempo de diseño. [7]

Presenta unas consideraciones básicas de diseño:

- La transferencia de carga según el pavimento.
- El uso de bermas ligadas al pavimento.
- El efecto del uso del concreto pobre como sub-base para reducir esfuerzos y deflexiones
- Dos criterios de diseño:
 - 1) fatiga, para mantener los esfuerzos del pavimento dentro de los límites de seguridad y, prevenir la fatiga.
 - 2) erosión, para controlar las consecuencias de la deflexión del pavimento y limitar la erosión de fundación y bermas
- Se consideran ejes sencillos, tándem y trídem.

6.1.9 Estimación de los costos de construcción

El estudio de costos en la construcción de pavimentos está basado en el “Análisis del costo de la vida útil”, el cual tiene en consideración los costos de construcción, de mantenimiento y el valor residual de la obra. [9]

Los aspectos más importantes para tener en cuenta en la elaboración de un presupuesto son:

- Longitud total de la estructura de pavimento
- Ancho total
- Espesor de la losa
- Material de base

Se debe tener en cuenta que existen diversos factores que inciden directamente en los costos de las obras y entre los que se encuentran: Experiencia del constructor, métodos de construcción, rendimientos, localización geográfica y las condiciones climáticas, disponibilidad de materia prima, disponibilidad de herramientas y equipos; entre otros.

6.2. MARCO CONCEPTUAL

Pavimento rígido: Está constituido principalmente por una losa de concreto hidráulico, que se soporta sobre una subrasante o una capa de material seleccionado, denominado sub-base.

Sub-base: Su principal función es bloquear todas las acciones del bombeo en bordes de losa, juntas y grietas de un pavimento

Bombeo: Debido a la infiltración del agua por las juntas de losa, es un fenómeno que licua el suelo más fino de la capa inferior y que facilita su fluencia fuera de la estructura.

Tránsito Promedio Diario: Relación de la cantidad de vehículos que circulan durante un intervalo de tiempo previamente definido y el número de días establecido.

Vehículo de diseño: Vehículo cuyas características específicas de operación, se utilizan para establecer el diseño que acomode los vehículos del tipo designado.

Carril de diseño: Carril de mayor circulación de cargas esperadas

Periodo de diseño: Tiempo transcurrido desde que una estructura entra en servicio hasta que alcanza su nivel de servicio final.

Límites de Atterberg: Indican el contenido de humedad necesario para que una muestra seca experimente plasticidad y para que comience a fluir como un líquido.

Costos Directos: Son todos los costos relacionados con la estructura a construir. (Costos del pavimento, adquisición de materiales, herramienta y mano de obra).

Costos indirectos: Son aquellos que permiten llevar a cabo los trabajos que pertenecen a la construcción de la estructura. (Costos de administración, dirección técnica, vigilancia, organización, imprevistos).

6.3. ESTADO DEL ARTE

En el Diseño y evaluación económica de una alternativa de rehabilitación en pavimento rígido para el tramo de la carrera 22 entre calles 15 y 17, localidad de los mártires en Bogotá D.C. indica que las vías que tienen un nivel de tránsito que incluya buses y camiones como la vía de este proyecto es apropiado diseñar y construir estructuras de pavimento rígido que aunque sean más costosas garantizan una mayor durabilidad debido a su alta rigidez. [10]

Polanco y Sánchez indican que la construcción vías las cuales requieren la construcción de estructuras de pavimento capaces de resistir las cargas repetitivas del tránsito durante su periodo de diseño; es consecuencia de la urbanización y permiten el desarrollo de actividades económicas de la región. [11]

Según M. Mejía y M. Escárraga la aplicación de geoceldas para la estabilización de la subrasante aumenta la resistencia en la aplicación de cargas y por lo tanto el espesor del pavimento puede disminuir sustancialmente [12]

6.4. MARCO NORMATIVO

Resolución 1375 de 2014	Actualiza las Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras.
Resolución 1376 de 2014	Especificaciones Generales de Construcción para Carreteras.
Resolución 1049 de 2013	Manual de Diseño de Cimentaciones Superficiales y Profundas para Carreteras.
Resolución 2566 de 2010	Manual de Interventoría en el INVIAS.
Resolución 7106 de 2009	Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura – Subsector Vial
Resolución 0803 de 2009	Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medio y Altos Volúmenes de Tránsito
Resolución 0024 de 2009	Manual de Drenaje para Carreteras.
Resolución 9337 de 2016	Por la cual se adopta el Manual de Interventoría de Obra Pública del INVIAS
Resolución 13791, año 1998	Límites de pesos y dimensiones en los vehículos de carga para su operación normal en las carreteras del país
Resolución N° 057 de febrero 24 de 2017	Modifica la Resolución N° 203 de 2015 y se actualizan los precios oficiales para la contratación de obras de la AIM
Ley 1628, año 2013	Medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias.

6.5. MARCO GEOGRÁFICO

La vía a intervenir se encuentra ubicada en el municipio de Granada en el departamento del Meta a 180 Km al Suroriente de Bogotá, D.C., y a 87 km al Sur de Villavicencio. El municipio de San Martín limita por el norte, al Occidente, Lejanías y el Castillo; al Oriente linda con San Martín y Fuente de Oro y; al Sur con Fuente de Oro y San Juan de Arama.

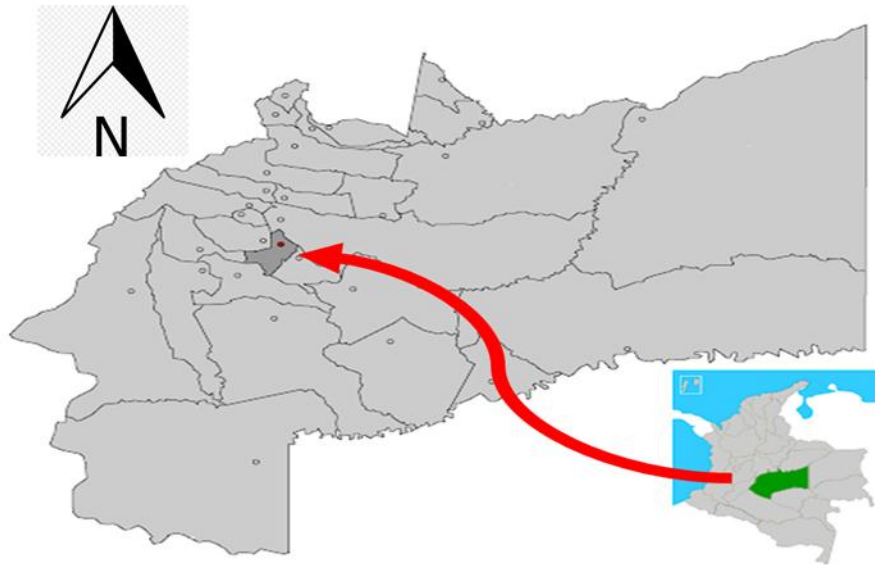


Ilustración 6-2 Ubicación de Granada en el Departamento del Meta.
Fuente: Alcaldía de Granada, Meta. 2020

La carrera 16 entre calles 8 y 15 se encuentra en su mayoría en zona residencial contemplando los barrios: Belén, Centro y Primero de Junio. También existen algunos establecimientos comerciales que contribuyen a la economía del municipio.



Ilustración 6-3 Ubicación de la zona del proyecto en Granada, Meta.
Fuente: Autor con datos de Google Earth. 2020

7. METODOLOGÍA

La metodología de investigación usada para llevar a cabo el presente proyecto aplicado a temas de ingeniería civil está basada según la clasificación mostrada en Sampieri [13], la cual permite caracterizarlo con un enfoque cuantitativo de alcance explicativo debido a que usa la medición y cuantificación como medio para lograr su fin, además de contar con un método de estudio altamente estructurado, donde se conoce la realidad del problema y se quiere proponer una solución al mismo mediante estudios que permitirán verificar la viabilidad de dicha solución. Los procedimientos a ejecutar se realizarán de acuerdo con el referente técnico adecuado y de posible acceso para así garantizar un estudio vial técnico de calidad profesional (ver figura 7.1).

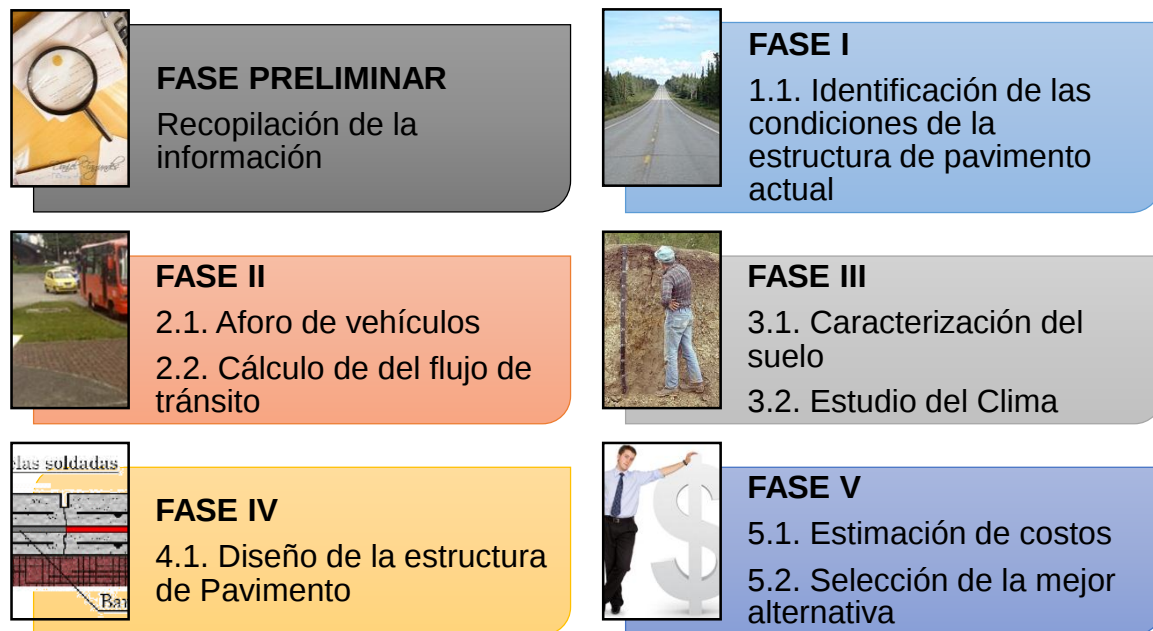


Ilustración 7-1 Metodología
Fuente: Elaboración propia, 2019

7.1. DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS

Se enumeran y describen a continuación cada una de las etapas por las cuales debe pasar la investigación para lograr establecer los diseños y viabilidad de la estructura de pavimento en la carrera 16 entre calles 8 y 15 en el municipio de Granada, Meta.

7.1.1 Fase Preliminar

Inicialmente se iniciará con una fase que permita recolectar información acerca de la temática a tratar, se buscará la sustentación teórica pertinente a los pavimentos de autores referentes de la materia.

7.1.2 Fase 1: Inspección de Campo

La carrera 16, vía objeto de estudio, está compuesta por una calzada sencilla hasta la calle 13 donde se inicia como calzada doble la cual incluye separador y comprenden dos carriles cada una. A la altura de la calle 8 hasta mediados de la calle 10, la vía presenta afirmado y ausencia total de estructura de pavimento.



Ilustración 7-2 Ausencia de estructura de pavimento, Intersección Cra 16 - Calle 8
Fuente: Elaboración propia, 2019



Ilustración 7-3 Ausencia de estructura de pavimento, Intersección Cra 16-Calle 10
Fuente: Elaboración propia, 2019



Ilustración 7-4 Inicio de estructura de pavimento, Cra 16 entre calle 10 y 11
Fuente: Elaboración propia, 2019

A lo largo de su trazado, la vía presenta continuos daños causados por diversos factores: exceso de carga, cumplimiento de la vida útil; y en algunos tramos, la modificación de su estructura debido a la instalación de servicios públicos domiciliarios –Parches- (PCHC) los cuales disminuyen el grado de servicio de la vía y generalmente dan origen a nuevas fallas como se aprecia en la Ilustración 9-4



Ilustración 7-5 Grietas en bloque (GB) y Parches (PCHC) Por instalación de servicios públicos domiciliarios

Fuente: Elaboración propia, 2019

Así mismo se pueden observar Grietas en Bloque (GB), considerada como deterioro de severidad alta, causada por la fatiga del concreto.



Ilustración 7-6 Grietas en Bloque (GB) y Hundimientos (HU)

Fuente: Elaboración propia, 2019



Ilustración 7-7 Grietas en Bloque (GB) y Hundimientos (HU)
Fuente: Elaboración propia, 2019



Ilustración 7-8 Grietas en Bloque (GB)
Fuente: Elaboración propia, 2019

Las Grietas Longitudinales (GL) también son una falla muy común que se presentan en los pavimentos rígidos debido a una falta de apoyo por posible erosión o asentamiento de la base, por contracción del concreto o un ancho excesivo de la losa.



Ilustración 7-9 Grietas Longitudinales (GL)
Fuente: Elaboración propia, 2019



Ilustración 7-10 Grietas Longitudinales (GL)
Fuente: Elaboración propia, 2019

Producto de la instalación de tubería de aguas lluvias en la carrera 16 también se construyeron sus respectivos sumideros con geometrías irregulares de losas adyacentes que no permiten una correcta distribución de esfuerzos, como se parecía en la ilustración



Ilustración 7-11 Grietas en sumideros (GA)
Fuente: Elaboración propia, 2019

En algunos tramos de la vía el daño es tan severo que se presentan baches con un área mayor a los 4m² y una profundidad que supera los 25cm. Producto de esto se evidencia un intento de mantenimiento con la técnica 'Black Topping' que evidentemente no cumplió su finalidad. De igual manera la comunidad vecina al sector procedió a realizar un mantenimiento tipo RCD y/o con material de canto rodado, lo cual ha mitigado insuficientemente el daño del pavimento como lo muestran las ilustraciones 9-11, 9-12 y 9-13



Ilustración 7-12 Bache (BCH) a la altura del Hospital antiguo
Fuente: Elaboración propia, 2019



Ilustración 7-13 Bache (BCH) a la altura del Hospital antiguo
Fuente: Elaboración propia, 2019



Ilustración 7-14 Bache (BCH) a la altura de la calle 15
Fuente: Elaboración propia, 2019

7.1.3 Fase 2: Tránsito

Este paso consiste en realizar el conteo de vehículos en las horas más convulsionadas que presenta la vía, durante una semana, para así determinar el tránsito promedio diario, valor que posteriormente nos permitirá determinar las características específicas que deberá tener el diseño del pavimento para ese tramo de vía.

Debido a que el diseño de pavimento del presente proyecto contempla una estructura rígida en concreto hidráulico, estará proyectado a un tiempo de servicio

de 20 años a partir del presente; para ello es necesario calcular el TPD y todas las variables necesarias para determinar el número de ejes equivalente de 8.2 Ton.

Se realizó un aforo vehicular en la vía de estudio durante tres días desde las 06:00hrs hasta las 19:00hrs, tiempo en el que se presenta más flujo vehicular debido a la mayor concentración de horas laborables. (Ver Anexo A).

7.2. COMPOSICIÓN VEHICULAR

Tabla 7-1. Calculo del flujo de tránsito.

FECHA	DIRECCIÓN	AUTO MÓVIL ES	BUSE S	BUSES ESPECI ALES	C2 P	C2 G	C 3	C 4	C 5
8/03/2019	N-S	1116	11	27	32	28	10	5	4
8/03/2019	S-N	892	8	14	14	10	5	4	3
Total		2008	19	41	46	38	15	9	7
9/03/2019	N-S	1097	12	39	44	43	9	4	3
9/03/2019	S-N	905	7	8	14	11	7	5	4
Total		2002	19	47	58	54	16	9	7
11/03/2019	N-S	1158	14	35	32	26	13	8	3
11/03/2019	S-N	1030	15	37	25	18	9	6	5
Total		2188	29	72	57	44	22	14	8
Total General		6198	67	160	161	136	53	32	22
TPD		2066	22	53	54	45	18	11	7
Composición vehicular (%)		91	1	2	2	2	1	0	0

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 7-2. Número de ejes equivalentes.

Número de ejes equivalente (N8,2)		
TPDS	2276	veh/día
Porcentaje vehículos pesados (K1)	8.5	%
Factor carril (K2)	90	%
Período de diseño (n)	10	Años
Factor camión (FC)	2.276	
Tasa de crecimiento (r)	0.03	%
N 8,2	1682749.26	# de ejes

Fuente: Elaboración propia, 2019

7.2.1 Fase 3: Estudio de suelos y clima

Uno de los parámetros más importantes a considerar para la construcción de una vía es conocer las propiedades del suelo de soporte debido a la limitante que esta representa para el tránsito de diseño.

Se realizaron 4 apiques en el área de estudio, con profundidades de 1,5m, llevándolos a laboratorio y determinando límites de Atterberg, granulometría y capacidad portante del suelo. Una vez revisados, se evidencio, que el suelo cuenta con dos estratos, el primer estrato, el cual se puede utilizar como material para sub-base según los lineamientos del INVIAS, dado que, no presenta limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad, este tipo de suelo se clasifica como una grava mal graduada a partir del Sistema de Clasificación de Suelos Unificado (U.S.C.S.). el segundo estrato debido a los límites de Atterberg no cumple como material de sub-base INVIAS, ya que presenta porcentajes de limite liquido entre 39,12% a 40,67%, limite plástico entre 23,16% a 24,05%, índice de plasticidad entre 15,81% a 17,51%.

Tabla 7-3. Resultado del estudio de suelos.

APIQUE	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD			SUCS	LL	LP	IP
			DESDE	HASTA	PROFUNDIDAD				
1	1	Relleno compuesto por gravas y arenas con algo de limos, color gris.	0	0.8	0.8	GP	0	0	0
1	2	Gravas arcillosas con algo de arenas, color café.	0.8	1.5	0.7	GC	40.06	24.05	16.01
2	1	Relleno compuesto por gravas y arenas con algo de limos, color gris.	0	0.7	0.7	GP	0	0	0
2	2	Gravas arcillosas con algo de arenas, color café.	0.7	1.5	0.8	GC	40.67	23.16	17.51
3	1	Relleno compuesto por gravas y arenas con algo de limos, color habano.	0	0.55	0.55	GP	0	0	0
3	2	Gravas arcillosas con algo de arenas, color café.	0.55	1.5	0.95	GC	40.24	23.29	16.95
4	1	Relleno compuesto por gravas y arenas con algo de limos, color habano.	0	0.6	0.6	GP	0	0	0
4	2	Gravas arcillosas con algo de arenas, color café.	0.6	1.5	0.9	GP	39.12	23.31	15.81

Fuente: Elaboración propia, 2019

En cuanto a la capacidad portante del suelo, se tomaron 4 CBR, del segundo estrato de suelo, teniendo como resultado un CBR de diseño de 16.1, teniendo en cuenta el método INA.

La Tabla 7-4, muestra los valores de diseño según el nivel de tránsito, el cual se ingresa en la gráfica para calcular el CBR de diseño.

Tabla 7-4. Valor de diseño según el nivel de tránsito.

Clase	Nivel de tránsito	% Valor de diseño
Liviano	10^4 o menos	60
Medio	$10^4 - 10^6$	75
Pesado	Mayor de 10^6	87.5

Fuente: Elaboración propia, 2019

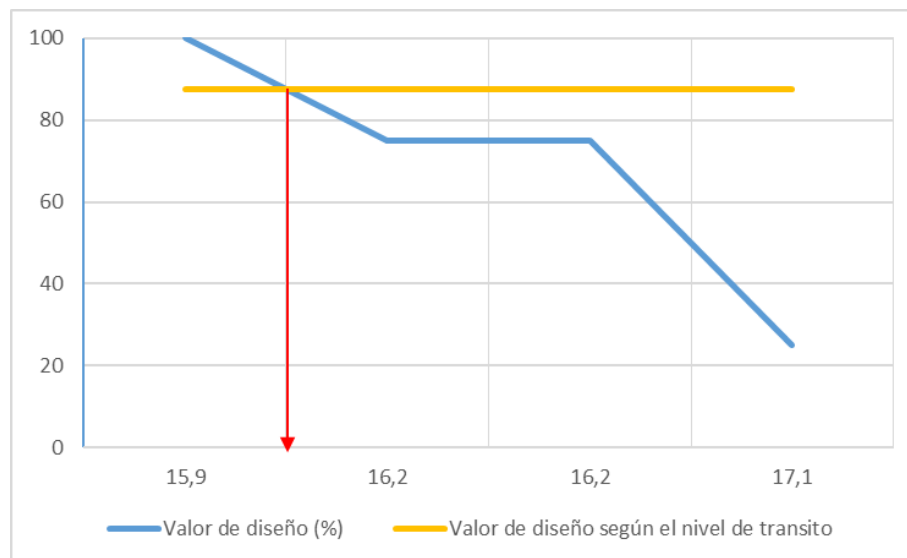


Ilustración 7-15 CBR de diseño

Fuente: Elaboración propia, 2019

7.2.1.1 Análisis del Clima

Los datos mostrados en la tabla 7-5, fueron obtenidos del IDEAM y evidencian la Temperatura Mensual Promedio en el periodo comprendido entre 2009 y 2015 en el municipio de Granada. Aunque en general la temperatura conserva su media, se pueden observar que el año 2009 y 2010 presentan la temperatura más baja y más alta respectivamente hacia el mes de enero.

Tabla 7-5 Temperatura Mensual Promedio 2009-2015 en Granada, Meta

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2009	18,3	25,28	25,95	25,31	25,68	24,25	24,91	25,91	26,45	26,23	25,71	25,74
2010	27	26,8	25,57	25,14	25,84	25,18	24,03	25,06	25,4	25,73	25,6	25,77
2011	25,84	25,42	26,02	25,61	25,2	24,9	25,47	24,79	25,86	25,24	25,94	25,72
2012	27,2	25,63	25,895	25,73	25,04	19,6	24,42	24,43	25,02	25,91	26,33	26,16
2013	27,22	25,64	25,77	25,85	24,88	25,21	24,06	24,63	25,1	25,68	25,63	25,61
2014	26,98	25,86	26,29	22,29	25,84	21,03	24,17	24,43	25,25	25,09	25,83	26,2
2015	24,25	25,95	26,21	25,54	25,48	24,33	24,75	25,13	25,97	25,61	25,42	25,48

Fuente: Elaboración propia con datos del IDEAM, 2019

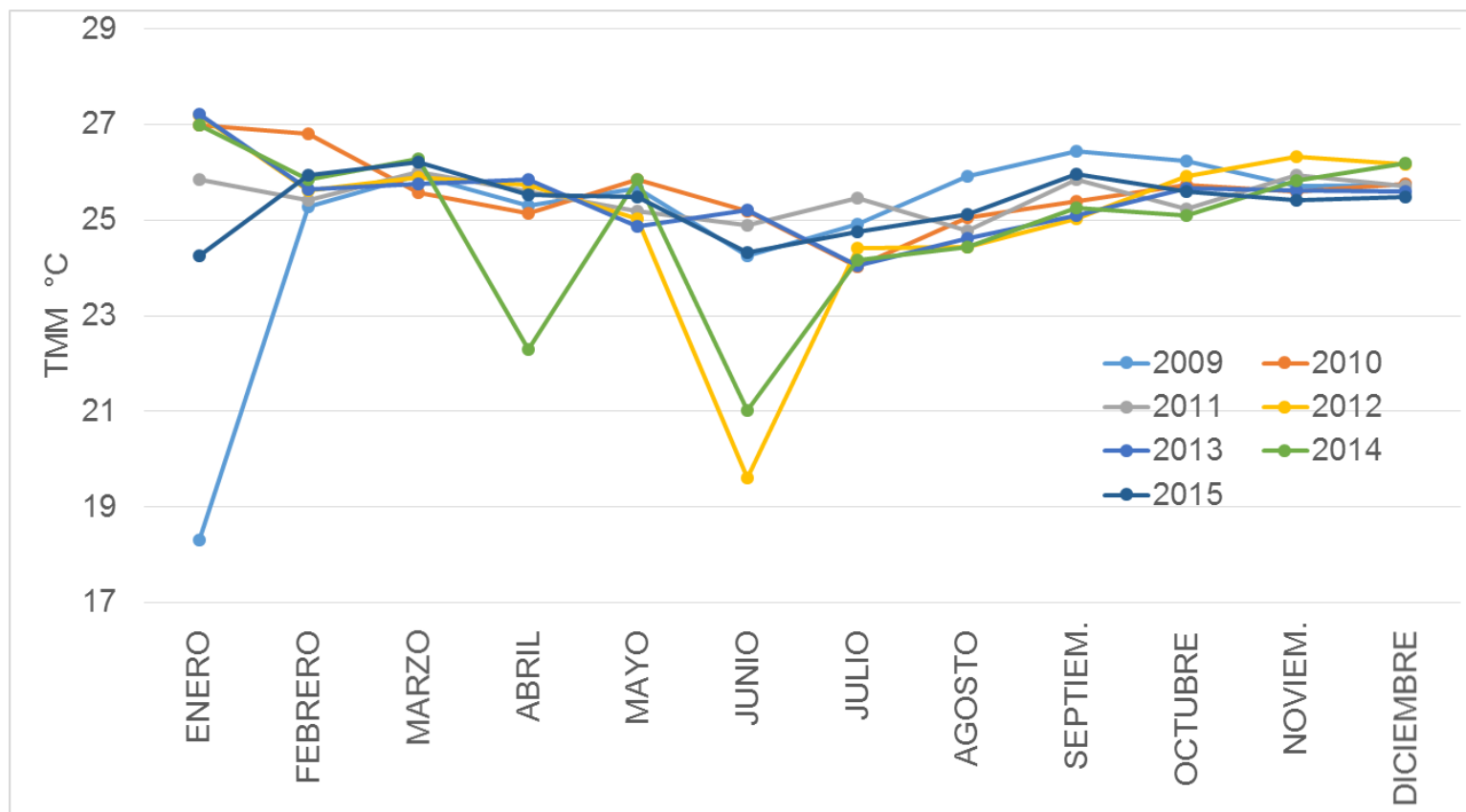


Ilustración 7-16 Temperatura Media Mensual en Granada, Meta 2009-2015

Fuente: Elaboración propia con datos del IDEAM, 2019

Tabla 7-6 Temperatura Media Anual Ponderada

TEMPERATURA MEDIA ANUAL PONDERADA Y TEMPERATURA DE DISEÑO			
AÑO	TMAP °C	Fp Promedio	TMAP DE DISEÑO
2007	25,205	1,89	25,37
2008	25,624	2,00	25,37
2009	25,508	1,97	25,37
2010	25,299	1,91	25,37
2011	25,476	1,96	25,37
2012	25,103	1,87	25,37
2013	25,365	1,93	25,37

Fuente: Elaboración propia, 2019

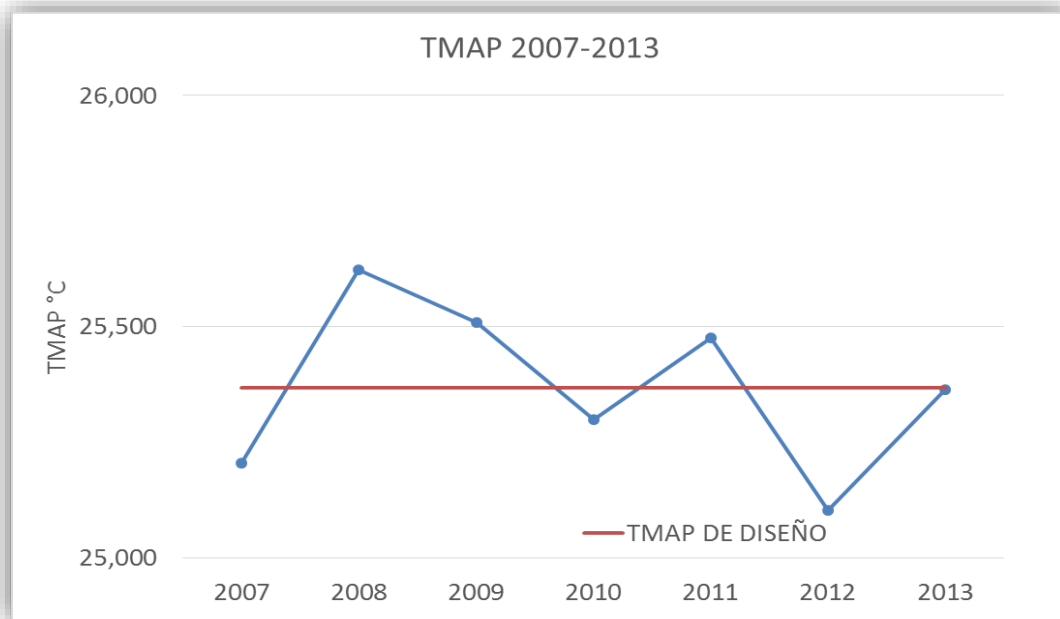


Ilustración 7-17 Gráfica TMAP
Fuente: Elaboración propia, 2019

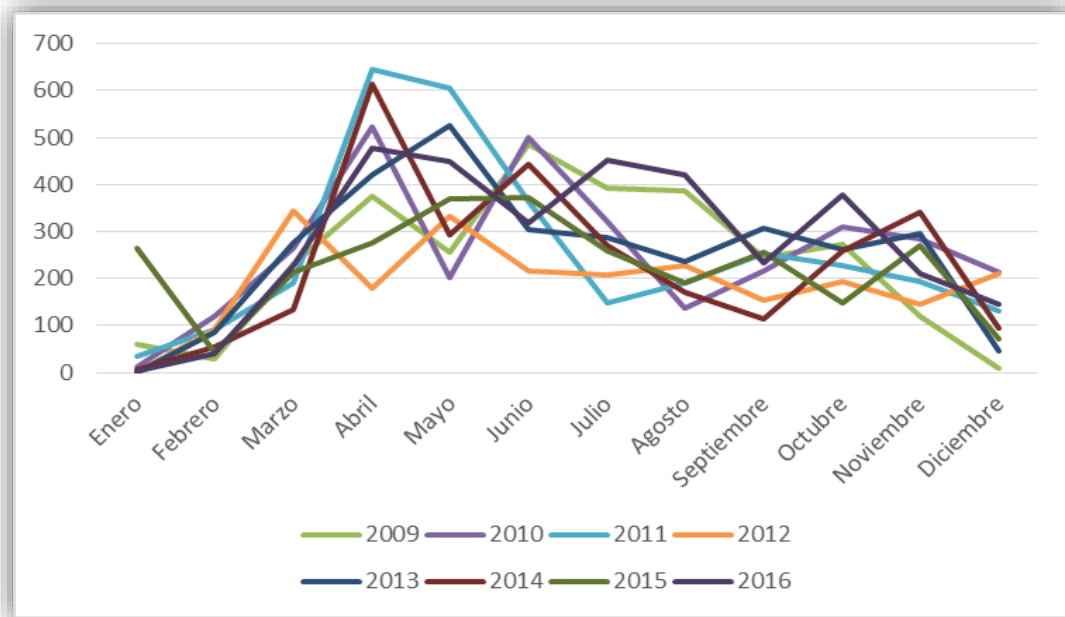


Ilustración 7-18 Precipitación Media Mensual Granada, Meta
Fuente: Propia con datos del IDEAM, 2019

El año 2011, como se puede observar en la ilustración 7-18, presentó a mediados del mes de abril el pico más alto de precipitación en los últimos años con más de 649 mm; época correspondiente a la temporada de lluvias. La temporada más seca, como es normal, se presenta en el periodo comprendido entre diciembre y febrero, obteniendo las precipitaciones más bajas del año.

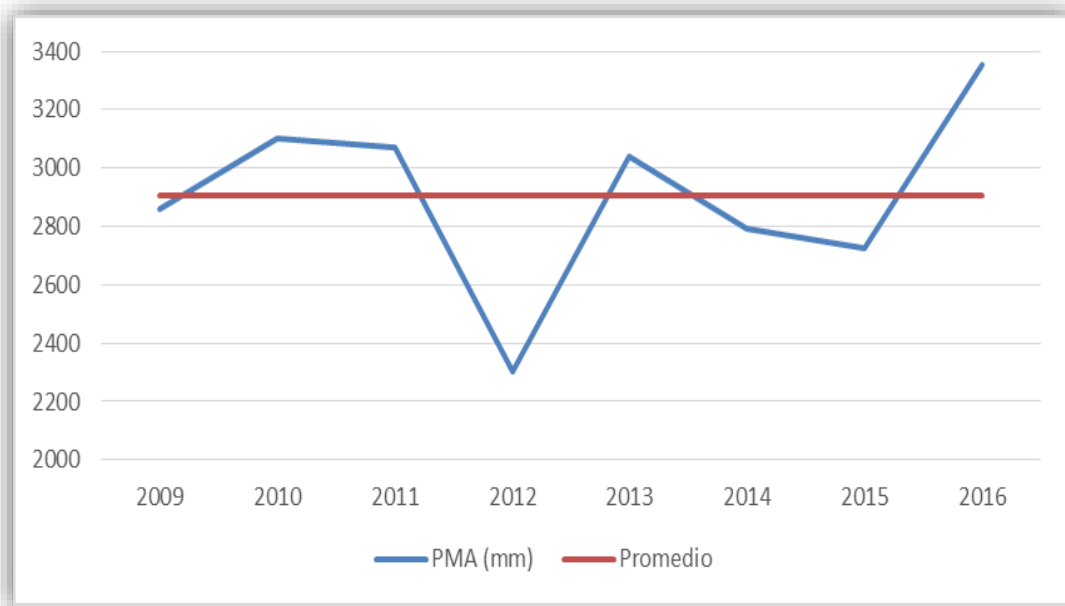


Ilustración 7-19 Precipitación Media Anual en Granada, Meta 2009-2016
Fuente: Elaboración propia, 2019

La Precipitación Media Anual más baja se presentó en el año 2012 con 2303,45 mm mientras que el 2016 fue el año con la PMA más alta alcanzando los 3352.15 mm, teniendo en cuenta la clasificación de regiones, el municipio de granada se encuentra catalogada en la Región 5 CALIDO HUMEDO, por tener temperaturas promedias entre 20 y 40 °C y precipitaciones anuales entre 2000 mm y 400 mm.

7.2.2 Diseño de la estructura de Pavimento

Considerando los presupuestos posteriormente mostrados (*Ilustración 7-21 y la Ilustración 7-22*); que las obras de ingeniería civil se construyen cumpliendo criterios de manera estética, funcional y económica; y que precisamente este último es un factor decisivo para la selección de una propuesta por parte de las entidades estatales quienes son las mayores contratantes de proyectos viales en el país; la mejor propuesta de estructura de pavimento rígido y por lo tanto, la seleccionada para la vía en mención, es la diseñada con la metodología AASHTO.

Los espesores de las capas que componen el diseño escogido se muestra a continuación:



Ilustración 7-20 Estructura de pavimento seleccionada. (Metodología AASHTO)
Fuente: Propia, 2019.

La losa de concreto hidráulico $MR=4.5$ MPa cuenta con espesor de dieciocho centímetros (0.18m), seguida de una capa de Subbase Granular de veinte centímetros (0.20m) ambas apoyadas en el terreno natural.

7.2.3 Estimación de Costos

Para estimar los costos de construcción de cada una de las propuestas, es necesario considerar todos y cada uno de los ítems que los compondrán.

Teniendo en cuenta que la carrera 16 entre calles 8 y 15 de Granada, Meta; se compone en su mayoría por estructura de pavimento rígido, los costos calculados

Diseño de la estructura de pavimento más favorable para la carrera 16 entre calles 8 y 15 en el municipio de Granada, Meta.

en este proyecto consideran demolición del pavimento actual, excavación, relleno, y una nueva estructura rígida con todos sus materiales y mano de obra respectivos.

Los precios comprendidos en el actual documento hacen parte de los estipulados por la Agencia para la Infraestructura del Meta (AIM) mediante Resolución N° 057 de febrero 24 de 2017 por medio de la cual se modifica la Resolución N° 203 de 2015 y se actualizan los precios oficiales para la contratación de obras civiles y eléctricas de la agencia para la infraestructura del Meta.

DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO						
ESTIMACIÓN DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN						
PROYECTO:	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO MÁS FAVORABLE PARA LA CARRERA 16 ENTRE CALLES 8 Y 15 EN EL MUNICIPIO DE GRANADA, META BASADO EN LA METODOLOGÍA PCA Y AASHTO, DE ACUERDO A LA NORMATIVIDAD VIGENTE; CON EL FIN DE MEJORAR LAS CONDICIONES VIALES DEL SECTOR.			MÉTODOLÓGIA	AASHTO	
				MODALIDAD	PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERÍA	
ITEM	CÓDIGO DE APU Y ESPECIFICACIÓN AIM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PRELIMINARES PARA VÍAS					
1.1	1.1.3	LOCALIZACION, TRAZADO Y REPLANTEO M2 INCLUYE COMISIÓN TOPOGRAFICA, CARTERA Y PLANOS.	M2	7372,10	\$3.388,00	\$24.976.674,80
Sub Total Capitulo:						\$24.976.674,80
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2.1	3.2.1	EXCAVACION MECANICA EN MATERIAL COMUN (INCLUYE CARGUE MECANICO Y RETIRO DE MATERIAL 5 KM)	M3	1105,81	\$21.444,00	\$23.712.989,64
2.2	6.2.2	RELLENO MATERIAL DE RIO MIXTO SIN PROCESAR HASTA 3" INCLUYE COMPACTACION MECANICA Y TRANSPORTE DE MATERIAL 5 KM	M3	1105,81	\$36.585,00	\$40.456.058,85
2.3	6.1.13	SOBREACARREO DE MATERIAL DE RÍO. FACTOR DE EXPANSIÓN 20%	M3/KM	10173,50	\$1.502,00	\$15.280.597,00
Sub Total Capitulo:						\$79.449.645,49
3	ESTRUCTURA DE CONCRETO					
3.1	5.2.2	LOSA DE CONCRETO MR-4.5 INCLUYE FUNDIDA, FORMALETEADO, BARRAS (TRANSFERENCIA/AMARRE), VIBRADO, TEXTURIZADO, CURADO Y JUNTAS. NO	M3	1326,98	\$850.543,00	\$1.128.653.550,14
3.2	4.4.1	SUMINISTRO, FIGURADO Y AMARRE ACERO DE REFUERZO FY=4200 MPa (4200 KG/CM2, G60)	KG	38703,53	\$4.644,00	\$179.739.193,32
Sub Total Capitulo:						\$1.308.392.743,46
4	DEMOLICIONES					
4.1	1.2.5	DEMOLICION CONCRETO REFORZADO (INCLUYE CARGUE MECANICO Y RETIRO ESCOMBROS 5 KM)	M3	957,26	\$255.523,00	\$244.601.946,98
Sub Total Capitulo:						\$244.601.946,98
VALOR TOTAL COSTOS DIRECTOS AJUSTADO AL PESO:						\$1.657.421.011,00
DIEGO LEONARDO RUBIO RIVERA ESTUDIANTE INGENIERÍA CIVIL CÓD. 2167950				ADMINISTRACION	24,0%	\$397.781.042,64
				IMPREVISTO	1,0%	\$16.574.210,11
				UTILIDAD	5,0%	\$82.871.050,55
VALOR TOTAL DE LA PROPUESTA ECONÓMICA AJUSTADA AL PESO:						\$2.154.647.314,00

Ilustración 7-21 Presupuesto del Pavimento Rígido por Metodología AASHTO
Fuente: Elaboración propia, 2019

Diseño de la estructura de pavimento más favorable para la carrera 16 entre calles 8 y 15 en el municipio de Granada, Meta.

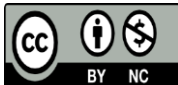
		DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO					
ESTIMACIÓN DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN							
PROYECTO:		DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO MÁS FAVORABLE PARA LA CARRERA 16 ENTRE CALLES 8 Y 15 EN EL MUNICIPIO DE GRANADA, META BASADO EN LA METODOLOGÍA PCA Y AASHTO, DE ACUERDO A LA NORMATIVIDAD VIGENTE; CON EL FIN DE MEJORAR LAS CONDICIONES VIALES DEL SECTOR.			MÉTODOLOGÍA	PCA	
					MODALIDAD	PROYECTO DE APLICACIÓN A LA INGENIERÍA	
ITEM	CÓDIGO DE APU Y ESPECIFICACIÓN AIM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
1 PRELIMINARES PARA VÍAS							
1.1	1.1.3	LOCALIZACION, TRAZADO Y REPLANTEO M2 INCLUYE COMISIÓN TOPOGRAFICA, CARTERA Y PLANOS.	M2	7372,10	\$3.388,00	\$24.976.674,80	
Sub Total Capitulo						\$24.976.674,80	
2 MOVIMIENTO DE TIERRAS							
2.1	3.2.1	EXCAVACION MECANICA EN MATERIAL COMUN (INCLUYE CARGUE MECANICO Y RETIRO DE MATERIAL 5 KM)	M3	1474,42	\$21.444,00	\$31.617.462,48	
2.2	6.2.2	RELLENO MATERIAL DE RIO MIXTO SIN PROCESAR HASTA 3" INCLUYE COMPACTACION MECANICA Y TRANSPORTE DE MATERIAL 5 KM	M3	1474,42	\$36.585,00	\$53.941.655,70	
2.3	6.1.13	SOBREACARREO DE MATERIAL DE RÍO. FACTOR DE EXPANSIÓN 20%	M3/KM	13564,67	\$1.502,00	\$20.374.134,34	
Sub Total Capitulo						\$105.933.252,52	
3 ESTRUCTURA DE CONCRETO							
3.1	5.2.2	LOSA DE CONCRETO MR-4.0 INCLUYE FUNDIDA, FORMALETEADO, BARRAS (TRANSFERENCIA/AMARRE), VIBRADO, TEXTURIZADO, CURADO Y JUNTAS. NO	M3	1474,42	\$850.543,00	\$1.254.057.610,06	
3.2	4.4.1	SUMINISTRO, FIGURADO Y AMARRE ACERO DE REFUERZO FY=4200 MPa (4200 KG/CM2, G60)	KG	38703,53	\$4.644,00	\$179.739.193,32	
Sub Total Capitulo						\$1.433.796.803,38	
4 DEMOLICIONES							
4.1	1.2.5	DEMOLICION CONCRETO REFORZADO (INCLUYE CARGUE MECANICO Y RETIRO ESCOMBROS 5 KM)	M3	957,26	\$255.523,00	\$244.601.946,98	
Sub Total Capitulo						\$244.601.946,98	
VALOR TOTAL COSTOS DIRECTOS AJUSTADO AL PESO						\$1.809.308.678,00	
DIEGO LEONARDO RUBIO RIVERA ESTUDIANTE INGENIERÍA CIVIL CÓD. 2167950				ADMINISTRACION	24,0%	\$434.234.082,72	
				IMPREVISTO	1,0%	\$18.093.086,78	
				UTILIDAD	5,0%	\$90.465.433,90	
				VALOR TOTAL DE LA PROPUESTA ECONOMICA AJUSTADA AL PESO		\$2.352.101.281,00	

Ilustración 7-22 Presupuesto del Pavimento Rígido por Metodología PCA
Fuente: Elaboración propia, 2019

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de realizar la inspección de campo en la carrera 16 y verificar el estado actual, se comprobó que la vía presenta diversos daños contemplados en el Manual de Inspección Visual para Pavimento Rígidos, por lo tanto, requiere de un diseño nuevo y adecuado para las condiciones existentes de tránsito, geotecnia y climatológicas, tal como se propone en este documento.

El estudio de suelos evidenció que el primer estrato se puede utilizar como material para sub-base según los lineamientos del INVIAS, dado que, no presenta límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, este tipo de suelo se clasifica como una grava mal graduada a partir del Sistema de Clasificación de Suelos Unificado (U.S.C.S.). El segundo estrato debido a los límites de Atterberg no cumple como material de sub-base INVIAS.

Las metodologías en este proyecto realizadas, muestran el diseño de pavimento más apto para la zona de estudio, toda vez que tiene todas las consideraciones y cumple con los parámetros establecidos por cada una de ellas. Es importante establecer que los espesores de las capas de concreto arrojados por cada método se diferencian tanto una de la otra y es un factor importante para determinar el valor final estimado de las propuestas.

9. RESULTADOS E IMPACTOS

Con el actual proyecto que brinda un nuevo diseño del pavimento para la carrera 16 entre calles 8 y 15 del municipio de Granada, muestra una alternativa de solución para los usuarios de la misma, que considera todos los aspectos necesarios para el diseño de una propuesta acorde a las necesidades y las condiciones reales y con ello mejorar las condiciones socio-económicas de los habitantes del sector.

La tabla 9-1 muestra los resultados de acuerdo a los objetivos específicos relacionados y su correspondiente indicador.

Tabla 9-1 Resultados.		
Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Condiciones actuales del pavimento existente	Inspección de Campo	Objetivo específico 1
Número de ejes equivalentes N8.2	Aforo vehicular/cantidad de vehículos	Objetivo específico 2
CBR de suelo	Determinación mediante INA	Objetivo específico 3
Costos de cada alternativa	Precios AIM	Objetivo específico 4

Fuente: Propia, 2020

Tabla 9-2 Impactos

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Social	Mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del sector	Reducción a la exposición de factores contaminantes al reducir la producción de polvo y la propagación de vectores de enfermedades agudas en temporada de lluvias al igual que la reducción en tiempos de desplazamiento.	Mediano
Económico	Aumento de la competitividad	Las vías al ser eje de desarrollo, mejoran las condiciones económicas para las empresa y pequeños comercios del área circundante y aumentan la competitividad de los transportadores de productos propios de la región	Mediano y Largo
Académico	Guía para próximos proyectos similares de la comunidad académica	Brindar a los estudiantes de ingeniería civil una guía para el diseño de un pavimento mediante la metodología AASHTO y PCA considerando de igual manera los aspectos económicos	Corto y Mediano

Técnico	Proyección del tránsito, estudio de suelos y estimación de costos.	Estudios complementarios para dar una base y permita establecer las condiciones actuales que presenta la vía.	Mediano y Largo
---------	--	---	-----------------

Fuente: Propia, 2020

10. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

10.1. CONCLUSIONES

- Una vez se hizo el estudio de movilidad, se pueden evidenciar las necesidades de la comunidad en lo que respecta al transporte, sumado al crecimiento que ha tenido el municipio en temas de comercialización tanto agrícola como ganadera; para lo cual se crea la necesidad de replantear alternativas para mejorar su calidad de vida y sobre todo el avance en las obras civiles en pro de sus procesos de comercialización, por lo tanto, se buscan alternativas de solución que mejoren la movilidad.
- Los ensayos de laboratorio lograron identificar y analizar de manera detallada el tipo de suelo presente en la zona, el contenido de humedad, los límites de Atterberg, y el CBR de diseño, este último escogido haciendo uso de la metodología INA obteniendo un valor **de 16.1%**, dicho valor se considera bueno y por ende la subrasante no requiere ningún tipo de mejoramiento. Considerando a la subrasante como una base de apoyo con buenas características.
- Gracias a los datos obtenidos durante los últimos 10 años se pudo conocer las temperaturas y precipitaciones promedio, teniendo como resultado que el municipio de granada pertenece a la **R5 (CALIDO HUMEDO)** con una temperatura promedio de 25.37°C y precipitaciones del orden de los 2906.5375 mm.
- Se diseñó una estructura de pavimento rígido por la metodología PCA donde la estructura obtenida fue **losa de concreto de 20 cm** y una **capa de Subbase Granular de 20 cm**, mientras que para el método AASHTO la estructura obtenida fue de **18 cm de losa y 20 cm de subbase granular**. Siendo esta la última escogida como mejor alternativa de diseño.
- La oferta económica diseñada por la metodología AASHTO fue de aproximadamente **\$2.154.647.314** y por el método PCA de **\$2.352.101.281**, lo que comprueba que la alternativa de diseño realizada por la metodología AASHTO es la más viable con un porcentaje del **8.39%** por debajo de la de PCA.

10.2. TRABAJOS FUTUROS

Debido a que las cargas por el tránsito soportado se deben transferir de manera óptima de una losa a la siguiente con el fin de evitar deflexiones en las juntas que a su vez producen bombeo en la sub-base y eventualmente rotura en la losa de concreto, es pertinente realizar el diseño del refuerzo en acero que incluya barras de amarre y dovelas.

Es necesario realizar un estudio de tránsito y seguridad vial que determine la ubicación de señalización horizontal y vertical con el fin de mejorar las condiciones actuales entorno a ese tópico y con ello complementar el presente proyecto; de igual manera se recomienda hacer un diseño en pavimento flexible que permita comparar los costos de construcción de las mejores alternativas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Alcaldía de Granada, «Alcaldía Municipal de Granada Meta,» 1cero1 software, 2016. [En línea]. Available: <http://www.granada-meta.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx>. [Último acceso: 25 10 2018].
- [2] A. L. G. Boza, «Universidad del Piura,» 05 diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://udep.edu.pe/hoy/2015/la-red-vial-es-imprescindible-para-el-desarrollo-y-crecimiento-de-un-pais/>. [Último acceso: 14 09 2018].
- [3] A. M. Fonseca, Ingeniería de Pavimentos, Bogotá, D.C.: Universidad Católica de Colombia, 2014.
- [4] H. Rondón Quintana y F. Reyes Lizcano, Pavimentos. Materiales, construcción y diseño, Bogotá: Ecoe Ediciones, 2015.
- [5] INVIAS, Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito., Bogotá, D.C., 1998.
- [6] INVÍAS, Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, Bogotá, D.C., 2006.
- [7] C. Higuera, Nociones sobre metodos de diseño de estructura de pavimentos para carreteras. Principios fundamentales, el tránsito, factores climáticos y geotecnia, Tunja, Boyacá: UPTC, 2010.
- [8] Asphalt Institute, Thickness Design – Asphalt pavements for highways and streets Manual Series No 1, New York: Asphalt Institute, 2001.
- [9] INVÍAS, Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, Bogotá, D.C.: Instituto Colombiano de Productores de Concreto, 2008.
- [10] L. L. F. R. Álvaro Polanía, *Diseño Y Evaluación Económica De Una Alternativa De Rehabilitación En Pavimento Rígido Para El Tramo De La Carrera 22 Entre Calles 15 Y 17, Localidad De Los Mártires En Bogotá D.C.*, Bogotá D.C., 2016.
- [11] M. P. y. A. Sánchez, *Diseño Hidráulico De Losas En Pavimento Poroso Rígido Como Estructuras Complementarias Al Drenaje Pluvial De Bogotá*, Bogotá D.C., 2012.
- [12] M. M. y. M. Escárraga, *Diseño De La Estructura De Pavimento, Implementando Geoceldas Para Mejorar La Capacidad Portante Del Suelo De La Vía Ubicada Entre K10+500 Y K11+500 En San José Del Guaviare–Guaviare*, Villavicencio, 2019.
- [13] C. F. P. B. R. Hernández, Metodología de la Investigación, México: McGraw-Hill Interamericana, 2004.

- 11. ANEXO A: LIBRO DE EXCEL CON HOJAS DE CÁLCULO**
- 12. ANEXO B: PRESUPUESTO METODOLOGÍA AASHTO**
- 13. ANEXO C: PRESUPUESTO METODOLOGÍA PCA**