

**ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS
TERCIARIAS**

**JULIO LEANDRO GARZÓN ALFONSO
OSCAR JAVIER PARDO MORENO**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS
BOGOTÁ D.C.
2021**

**ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS
TERCIARIAS**

**JULIO LEANDRO GARZÓN ALFONSO
150915
OSCAR JAVIER PARDO MORENO
150924**

**Trabajo de grado para obtener el título de
Especialista en Ingeniería de Pavimentos**

**Asesor
EDUARDO J. RUEDA
INGENIERO CIVIL, MSC, PHD**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS
BOGOTÁ D.C.
2021**



Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Advertencia](#).

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia



Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la [misma licencia](#) del original.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.es>

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá D.C., 10 de mayo de 2021

CONTENIDO

1	Introducción	12
2	Generalidades	14
2.1.	Línea de Investigación	14
2.2.	Planteamiento del Problema	14
2.3.	Pregunta de investigación.....	15
2.4.	Justificación	15
3.	Objetivos	16
3.1.	Objetivo general.....	16
3.2.	Objetivos específicos	16
4.	Marco de referencia	17
4.1.	Marco Conceptual	17
4.1.1.	Concreto	17
4.1.2.	Concreto Fresco	19
4.1.3.	Concreto Endurecido	20
4.1.4.	Fases de la Producción de Concreto	21
4.1.5.	Dosificación	21
4.1.6.	Mezclado.....	21
4.1.7.	Transporte y Colocación	22
4.1.8.	Compactación	22
4.1.9.	Curado.....	23
4.2.	Marco teórico	23
4.2.1.	Evaluación de pavimentos	23
4.2.2.	Relevancia de la evaluación.....	24
4.2.3.	Evaluación Objetiva.....	24
4.2.4.	Vida útil	25
4.2.5.	Periodo de análisis	25

4.3.	Estado del Arte.....	26
5.	<i>Metodología</i>	32
5.1.	DISEÑO PLACA HUELLA	33
5.2.	DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO	35
5.2.1.	Variable de clima	35
5.2.2.	Variable de tránsito	36
5.2.2.1.	Categoría de tránsito.....	36
5.2.2.2.	Configuración vehicular	37
5.2.2.3.	Composición del tránsito.....	37
5.2.2.4.	Determinación tasa de crecimiento	38
5.2.2.5.	Volumen de tránsito	38
5.2.3.	Variable de subrasante	40
5.2.4.	Variable de materiales.....	41
5.2.4.1.	Subbase granular	41
5.2.4.2.	Concreto	42
5.2.5.	Predimensionamiento.....	43
5.2.5.1.	Dimensiones losa de concreto	45
5.2.6.	Verificación Estructural	48
5.2.6.1.	Valores de deformación admisibles (DEPAV)	48
5.2.7.	Diseño método de la PCA.....	50
5.2.8.	Diseño losas de geometría optimizada.....	51
5.2.8.1.	Esfuerzos térmicos los de concreto (alabeo), σ_a	51
5.2.8.2.	Esfuerzos de tensión en la esquina losa de concreto, σ_c	52
5.2.8.3.	Esfuerzos de tensión interior losa de concreto, σ_i	53
5.2.8.4.	Esfuerzos de tensión borde losa de concreto, σ_e	53
5.2.8.5.	Deflexiones en la esquina de la losa de concreto, Δc	55
5.2.8.6.	Deflexiones interior losas de concreto, Δi	56
5.2.8.7.	Deflexiones borde losas de concreto, Δe	56
5.2.8.8.	Verificación esfuerzos y deflexiones losas cortas (EverFe 2.26).....	58
5.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	60
5.4.	CONCLUSIONES	65

<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	<i>69</i>
<i>ANEXOS</i>	<i>74</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>FIGURA 1.</i> METODOLOGÍA DE DISEÑO. MODIFICADA DEL <i>MANUAL DE MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO</i> (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, 2008).....	32
<i>FIGURA 2.</i> SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO PARA PLACA-HUELLA (ANCHO VÍA VARIABLE).....	33
<i>FIGURA 3.</i> CORRECCIÓN MÓDULO REACCIÓN EFECTIVO SUBRASANTE POR PÉRDIDA POTENCIAL DE SOPORTE DE LA SUBBASE.	41
<i>FIGURA 4.</i> MAPA DE COLORES ESFUERZOS GENERADOS A LAS LOSAS DE CONCRETO (EVERFe 2.26).	58
<i>FIGURA 5.</i> EQUIVALENCIA ÁREA CIRCULAR RUEDA Y ÁREA CUADRADA PARA EVERFe 2.26	58
<i>FIGURA 6.</i> CUADRO COMPARATIVO ESPESORES SEGÚN METODOLOGÍA DE DISEÑO.	61
<i>FIGURA 7.</i> CUADRO COMPARATIVO COSTOS SEGÚN METODOLOGÍA DE DISEÑO.	63

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. <i>DISEÑOS QUE SE LLEVARÁN A CABO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS</i>	33
TABLA 2. <i>CONFIGURACIONES PARA PAVIMENTO DE PLACA HUELLA</i>	34
TABLA 3. <i>PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA SEGÚN ZONA DE ESTUDIO</i>	36
TABLA 4. <i>CATEGORÍAS DE TRÁNSITO (INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS)</i>	36
TABLA 5. <i>CONFIGURACIÓN VEHICULAR</i>	37
TABLA 6. <i>COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO (INSTITUTO NACIONAL DE VIAS INVIAS, 2007)</i>	37
TABLA 7. <i>TASAS PROMEDIO CRECIMIENTO DEL TRÁNSITO (INSTITUTO NACIONAL DE VIAS INVIAS, 2007)</i>	38
TABLA 8. <i>PARÁMETROS ENTRADA ESPECTRO DE CARGA</i>	38
TABLA 9. <i>DISTRIBUCIÓN DE VEHÍCULOS COMERCIALES</i>	39
TABLA 10. <i>NÚMERO EJES ESPERADOS POR 1.000 VEHÍCULOS COMERCIALES</i>	39
TABLA 11. <i>ESPECTRO DE CARGA PARA EL CARRIL Y PERIODO DE DISEÑO</i>	39
TABLA 12. <i>EFECTO SUBBASE GRANULAR SOBRE LOS VALORES K DE SUBRASANTE</i>	40
TABLA 13. <i>CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE PARA CBR DE DISEÑO</i>	40
TABLA 14. <i>CÁLCULO CBR EQUIVALENTE EN LA SUPERFICIE DE CAPA DE MEJORAMIENTO (IVANOV)</i> .	42
TABLA 15. <i>PROPIEDADES MECÁNICAS CONCRETOS EMPLEADOS</i>	43
TABLA 16. <i>PARÁMETRO DE DISEÑO PREDIMENSIONAMIENTO PAVIMENTO RÍGIDO (AASHTO-93)</i> .	44
TABLA 17. <i>ESPESORES INICIALES PAVIMENTO RÍGIDO MÉTODO PCA (AASHTO-93)</i>	45
TABLA 18. <i>ESPESORES INICIALES PAVIMENTO RÍGIDO LOSAS GEOMETRÍA OPTIMIZADA (AASHTO-93)</i>	45
TABLA 19. <i>DIMENSIONES LOSA DE CONCRETO MÉTODO PCA</i>	47
TABLA 20. <i>DIMENSIONES LOSA GEOMETRÍA OPTIMIZADA</i>	47
TABLA 21. <i>CARACTERÍSTICAS MATERIALES HIDRÁULICOS A FATIGA (REYES LIZCANO, 2003)</i>	49
TABLA 22. <i>CARGA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO</i>	49
TABLA 23. <i>VALORES DE SERVICIO Y ADMISIBLE POR LEYES DE FATIGA DE LOS MATERIALES MÉTODO PCA</i>	49
TABLA 24. <i>VALORES DE SERVICIO Y ADMISIBLE POR LEYES DE FATIGA DE LOS MATERIALES LOSAS GEOMETRÍA OPTIMIZADA</i>	49

TABLA 25. <i>DIMENSIONES LOSA DE CONCRETO</i>	50
TABLA 26. <i>ESFUERZOS TÉRMICOS LOSA DE CONCRETO (ALABEO)</i>	52
TABLA 27. <i>ESFUERZOS DE TENSIÓN EN LA ESQUINA</i>	53
TABLA 28. <i>ESFUERZOS DE TENSIÓN AL INTERIOR LOSAS</i>	53
TABLA 29. <i>ESFUERZOS DE TENSIÓN AL BORDE DE LOSAS</i>	54
TABLA 30. <i>ESFUERZOS DE TENSIÓN SEGÚN LOCALIZACIÓN EN LOSA</i>	54
TABLA 31. <i>DEFLEXIONES ESQUINA DE LOSAS DE CONCRETO</i>	55
TABLA 32. <i>DEFLEXIONES INTERIORES DE LOSAS DE CONCRETO</i>	56
TABLA 33. <i>DEFLEXIONES INTERIOR DE LOSAS DE CONCRETO</i>	57
TABLA 34. <i>DEFLEXIONES LOSAS DE CONCRETO SEGÚN POSICIÓN DE CARGA EN LA LOSA</i>	57
TABLA 35. <i>CARGA POR EJE SIMPLE</i>	58
TABLA 36. <i>CUADRO COMPARATIVO ESPESORES POR MÉTODO DE DISEÑO</i>	60
TABLA 37. <i>CUADRO COMPARATIVO DE PRECIOS POR MÉTODO DE DISEÑO</i>	62
TABLA 38. <i>CUADRO COMPARATIVO POR PORCENTAJES DE VALORES POR MÉTODO DE DISEÑO</i>	64

RESUMEN

Para un país con el potencial económico y social que tiene Colombia, las vías serán siempre parte central de la discusión, tanto desde lo político, como desde lo científico y académico, pues sin vías, no es posible la implementación de planes y proyectos que permitan alcanzar las metas que se propongan en términos de desarrollo.

En el presente trabajo el lector encontrará además de un marco de referencia que nos ayudará a la comprensión de los requerimientos y parámetros de diseño para la construcción de vías terciarias en el contexto colombiano, una serie de diseños que permitan comparar con diferentes enfoques, las tecnologías y metodologías disponibles para la construcción de estas vías de importancia estratégica.

A partir de estos análisis y de la puesta en marcha de los diseños propuestos, se realiza un análisis técnico y económico, que favorece la toma de decisiones de ingeniería, pero también decisiones de tipo financiero y político, con los que se pueda maximizar los recursos disponibles y alcanzar el mayor impacto positivo posible en las comunidades rurales, particularmente dedicadas a la agricultura, quienes más requieren de unas vías terciarias en estado óptimo, para cumplir con el papel de crecimiento y desarrollo para la economía del país.

ABSTRACT

For a country with the economic and social potential that Colombia has, the roads will always be a central part of the discussion, both politically, as well as scientifically and academically, because without roads, it is not possible to implement plans and projects that can achieve the goals that are proposed in terms of development.

In the present work the reader will find, in addition to a theoretical foundation that consists of a frame of reference for understanding the requirements and design parameters for the construction of tertiary roads in the Colombian context, a series of designs that allow comparison with different approaches different technologies and methodologies available for the construction of these roads of vital importance for the economic and social development of the country.

Based on these analyzes and the implementation of the proposed designs, a complete technical and economic analysis is carried out, which allows making engineering decisions, but also financial and political decisions, with which the available resources can be maximized. and to achieve the greatest possible positive impact on vulnerable peasant communities, who are the ones who most require tertiary roads in good condition in a country like Colombia

1 INTRODUCCIÓN

El progreso de una nación siempre va de la mano con sus vías de comunicación; sí se cuenta con una buena infraestructura vial se podrá llegar hasta los lugares más alejados para intercambiar, vender o producir bienes y servicios y, de esta manera, comercialízalos efectiva y eficientemente. Además, el desarrollo vial no solo es importante para la producción de materias primas, sino que representa un impacto en la comunicación y el intercambio entre comunidades y sus respectivas culturas a lo largo y ancho del territorio.

Colombia es un país de gran biodiversidad gracias, entre otras cosas, a su ubicación geográfica y su particular topografía; cuenta con todos los pisos térmicos, haciendo de ella una nación rica en recursos hídricos, minerales, biológicos y energéticos (Rangel, 2005). Como nación encaminada al desarrollo, ha ido realizando grandes inversiones en infraestructura vial, enfocadas principalmente en las vías de primer orden.

Pero no se puede lograr el desarrollo integral de una nación, sin realizar inversiones importantes en las vías de segundo y tercer orden, garantizando el acceso adecuado a los sitios de producción, siembra, recolección, turismo, etc. En particular, se requieren vías de tercer orden en buen estado, con las condiciones mínimas para la movilidad aún en las condiciones climáticas más adversas.

Los gobiernos departamentales y locales, y en una parte el gobierno nacional, incluyen dentro de sus planes de gobierno, la intervención de las vías terciarias. En el caso particular de nuestro país, se cuenta con más de 142.000 kilómetros de vías tipo terciarias entre las cuales, únicamente el 6%, es decir 8.520 kilómetros, se encuentra en buen estado (Amaya, 2019). Esto quiere decir que más allá de un tema político y de compromiso electoral, se requiere de políticas públicas sólidas y permanentes, para la intervención efectiva de estas vías terciarias.

Se han dado avances en el tipo de solución o intervención a dichas vías, tanto desde la ingeniería, como la academia y la ciencia. Una solución importante y recurrente ha sido la construcción de placas huella, la cual resulta atractiva por su rápida construcción, facilitando a su vez la optimización en el aprovechamiento de recursos. Según (Orobio & Orobio, 2016) la placa-huella es un sistema de pavimentación rígida diseñada para vías con tránsito de bajos volúmenes, que tiene como principio que los vehículos circulen por las huellas y que entre la separación de las franjas de concreto se emplee piedra pegada con una matriz de concreto ciclópeo. Dependiendo del ancho de la vía terciaria es posible la construcción de cunetas y bordillos en materiales hidráulicos con el fin de proveer un sistema de drenaje superficial, donde sí es necesario la separación entre la parte exterior de cada placa-huella y la cuneta se empleará también piedra pegada con materiales hidráulicos.

Sin embargo, esta placa huella se construye sobre una estructura en afirmado o sub base y una cantidad importante de acero de refuerzo. Es posible que, al realizar un análisis comparativo correlacional, entre el sistema de placa huella y la construcción de tramos de vía en concreto rígido, podría resultar de interés científico e ingenieril, ya que puede resultar que, en algunos casos y contextos particulares, sea más eficiente construir estas vías de tercer orden en concreto rígido.

Para respaldar la anterior hipótesis, se realizó en el presente trabajo un estudio sobre tres tipos de suelos, basados en Índice de Capacidad de Soporte, CBR por sus siglas en inglés; tres diferentes anchos de vías; tres tipos de resistencia del concreto a flexión (módulo de rotura); y para unos niveles puntuales de tránsito de estas vías. Adicionalmente se comparó con el diseño tipo de placa huella para las mismas condiciones de vías. Finalmente se logra determinar en términos económicos, cual resulta más favorable teniendo en cuenta en especial su vida útil y desempeño través del tiempo.

Con la obtención de estos resultados se puede recomendar cuál de estos diseños es más económico o si resulta igual. Se podrá recomendar el tipo de intervención a dichas vías dependiendo el tipo de suelo y resistencia del concreto.

2 GENERALIDADES

La presente investigación se hará bajo la norma del Instituto Nacional de Vías, mediante proyectos tipo del Departamento Nacional de Planeación, con el fin que ésta sea una muestra clara de la investigación que es realizada en la Universidad.

2.1.LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La línea investigación de materiales, dado que se contempla el diseño de pavimento rígido en vías terciarias con el fin de realizar una comparación económica con el diseño tipo de placa huella.

2.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia cuenta con más de 142.000 kilómetros de vías terciarias las cuales únicamente el 6% (8.520,0 km) están en buen estado (Amaya, 2019). Es de vital importancia la intervención de estas vías ya que esto genera un atraso económico en el territorio nacional. Se pierden cosechas o dejando de aprovechar terrenos ya sea para producción, siembra, recreación, turismo etc. En este sentido

Se ha propuesto y adoptado la solución de construcción de placa huella en estas vías, aduciendo que es económico y duradero. Pero no nos podemos quedar solo en esta solución se pueden plantear más alternativas las cuales también pueden llegar a ser igual de económicas, pero más duraderas.

La intervención de las vías terciarias resulta muy compleja debido a que se cuenta con unos anchos de vía muy limitados, los suelos en donde se construye la vía (CBR) también son muy deficientes y en algunos casos los vehículos que pasan no fueron tenido en cuenta en los diseños. Motivo por el cual se tiene que tener una alternativa de ancho, de capacidad portante del suelo y tener en cuenta que sobre estas vías también circulan vehículos de dos y tres ejes.

2.3.PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿La construcción en concreto rígido resulta más o igual de económica y duradera en vías terciarias que la construcción de placa huella?

2.4.JUSTIFICACIÓN

La gran mayoría de los entes territoriales y gubernamentales tienen la percepción que la adecuación de una vía terciaria en concreto rígido sale muy costosa. Se va a realizar el diseño de una vía terciaria, pero con varias variables. Para lo cual se realizará un análisis en tres tipos de suelos (CBR), tres tipos anchos de vía, tres tipos de resistencia del concreto, para unos niveles de tránsito de estas vías. Se realizarán los presupuestos que arroje cada diseño y estos a su vez se comparará con la configuración de placas huella tipo del Instituto Nacional de Vías INVIAS.

De acuerdo con la obtención de resultados podremos aseverar que efectivamente es muy costosa la intervención a estas vías terciarias en pavimento rígido o se demuestra lo contrario que resulta más económico teniendo en cuenta vida útil, anchos de vías y mejoramiento de rasante la construcción en pavimento rígido.

3. OBJETIVOS

3.1.Objetivo general

Realizar la comparación económica del diseño tipo de placa huella y diseño en concreto rígido para vías terciarias

3.2.Objetivos específicos

- Realizar la comparación en tres tipos de CBR para vías terciarias
- Realizar la comparación en tres tipos de ancho para vías terciarias
- Realizar la comparación en tres tipos de resistencia de concreto para vías terciarias

4. MARCO DE REFERENCIA

Para una completa comprensión del presente trabajo, es necesario definir un marco de referencia que incluya los conceptos más importantes y relevantes para el diseño de la metodología y la construcción de los resultados de investigación de este proyecto. Es así como se presentan no solo en forma de definición, sino además con un soporte teórico, resultado del trabajo de otros investigadores e ingenieros que han trabajado en la misma área elegida para este proyecto.

De igual forma se presenta al lector, un marco teórico suficiente, en donde además de poder observar los recientes aportes de la comunidad científica al tema de estudio conformando así un ilustrativo estado del arte, se puede hacer una revisión de los que se pueden considerar algunos de los más importantes referentes teóricos, que aportan al conocimiento de la ingeniería civil, en particular en el campo de la construcción de vías y sus diferentes diseños y materiales.

4.1.MARCO CONCEPTUAL

4.1.1. Concreto

El concreto o también conocido como hormigón, de acuerdo a (Leonhardt & Monning, 1985) es un material homogéneo compuesto por dos elementos denominados pasta y agregados. La pasta es el resultante de mezclar cemento con agua, y cuya matriz se encarga de unir los agregados finos y gruesos en una sola masa, creando un material sólido con algunas características similares a las rocas, sobre todo en apariencia, más no en sus propiedades. Esto se logra, gracias al endurecimiento de la pasta, la cual se produce como resultado de una reacción química resultante de la interacción entre las partículas de cemento y el agua (Jaramillo, 2009).

Teniendo en cuenta lo anterior, puede también describirse al concreto como el resultado de la mezcla de diversos elementos o materiales tales como el cemento, agua, aire, agregado grueso, agregado fino y aditivos. Cada uno de ellos cumple con una función específica y de importancia en el comportamiento del concreto en sus diferentes estados, proporcionando diferentes propiedades y características a las estructuras construidas con este material.

A pesar de no ser el único, el cemento es uno de los constituyentes indispensables para la elaboración del concreto. El cemento más usado es el denominado Portland, creado en Inglaterra en 1824 por Joseph Aspidin. El nombre se debe al parecido del material producido con las rocas que se encuentran en la isla conocida como Portland del condado de Dorset (Smith, Halford, & Halford, 2018).

El cemento Portland conocido por sus características aglomerantes posee la capacidad de mezclar a los agregados del concreto y formar la pasta. Seguido a este proceso se presenta la hidratación, dada por el contacto del agua con la pasta. Las materias primas presentes en la producción del cemento Portland son a base de minerales con contenidos de óxido de calcio, óxido de silicio, óxido de aluminio, óxidos de hierro, y óxido de magnesio.

Esta extracción de los minerales se hace a través de canteras, preferiblemente próximas a la fábrica donde se realizará el proceso de elaboración del cemento. Con frecuencia los minerales ya tienen la composición deseada; sin embargo, en algunos casos es necesario agregar minerales arcillosos, o bien carbonato de calcio, o también minerales de hierro, bauxita, u otros minerales residuales de fundiciones.

El agua es también un elemento indispensable para la producción de concreto ya que, al unirse con el cemento, se desencadena el proceso de hidratación produciéndose así la pasta. Generalmente el agua potable es conveniente para preparación del concreto. Además de su función como hidratante, ayuda en la mejora de las condiciones de manejo y manipulación de la mezcla, también denominada trabajabilidad de la misma.

A la mezcla para la producción de concreto u hormigón, se añaden los denominados agregados, de los cuales se encuentran los considerados agregados gruesos y agregados finos, dependiendo como es obvio del tamaño de las partículas que lo conforman. Regularmente se clasifica como agregado grueso a la grava, proveniente de la desintegración de materiales pétreos, es decir de piedra triturada. Asimismo, el agregado fino hace referencia a la arena proveniente de la desintegración natural de las rocas.

Por otro lado, los aditivos son los componentes que tienen como función principal la manipulación de las propiedades del concreto para obtener diferentes resultados. Estas se clasifican en:

- Reductores de agua.
- Retardadores de tiempo de fraguado.
- Aceleradores de tiempo de fraguado.
- Reductores de agua y retardadores de tiempo de fraguado.
- Reductores de agua y aceleradores de tiempo de fraguado.
- Reductores de agua de alto rango.
- Reductores de agua de alto rango y retardadores de tiempo de fraguado.

Al concreto lo podemos trabajar tanto en estado fresco como en estado endurecido, donde cada estado posee distintas características que varían en comportamiento y manejo.

4.1.2. Concreto Fresco

En este estado se observan las siguientes propiedades (Pacheco, 2017):

- Trabajabilidad. Definida como la facilidad que presenta el concreto en estado fresco para su colocación, consolidación y acabado.

Esta es una propiedad que requiere bastante consideración en los proyectos, debido a que para lograr una óptima colocación del concreto este debe contar con unas condiciones particulares. El ensayo para la medición de la trabajabilidad es conocido como Cono de Abrams, del cual se tendrá como resultado una medida cuantitativa conocida como asentamiento (Slump).

- Sangrado. Consiste en la aparición de una lámina de agua en la superficie de la mezcla recién colocada. Es causada por dos fenómenos, el asentamiento de las partículas sólidas y en simultáneo, la subida del agua hacia la superficie.

- Tiempo de fraguado. El tiempo de fraguado es lo que demora el concreto en llegar a su estado endurecido. El fraguado puede ser medido mediante la aguja de Vicat.

4.1.3. Concreto Endurecido

Este estado se da una vez que la mezcla ya ha fraguado y presenta las siguientes propiedades (Pacheco, 2017):

- Resistencia. Hace referencia a la capacidad que tendrá el concreto de resistir a la compresión. En cuanto a la capacidad de flexión y tracción el concreto no ofrece buenos resultados por sí solo, es por esto que surge la tecnología del concreto armado, en donde usando estructuras de acero combinadas con el concreto, resulta en mejoras sustanciales en cuanto a las características para resistir a la tracción y la flexión. La resistencia está estrechamente ligada con la relación agua-cemento.

- Impermeabilidad y estanquidad. La impermeabilidad es la capacidad del concreto de resistir la penetración del agua y el estancamiento o hermeticidad es la habilidad para la retención del agua.

- Estabilidad de volumen y control de fisuración. El concreto es un material que constantemente cambia su volumen, puede dilatarse como contraerse, debido a distintos factores, tales como la temperatura, humedad y tensiones. Debido a estas variaciones se pueden producir fisuraciones y una manera de controlarlas es mediante juntas, las cuales son ranuras que se hacen en el concreto, por lo general en losas.

- Durabilidad. Es la habilidad del concreto para resistir a distintos tipos de ambientes, ataques químicos y a la abrasión. La durabilidad varía según el tipo de concreto y de la exposición del mismo a las condiciones del medio ambiente.

4.1.4. Fases de la Producción de Concreto

El concreto pasa por distintas etapas dentro de su proceso de producción, desde el diseño de la mezcla hasta la colocación final. Estas etapas deben seguir procedimientos que en la mayoría de los países se agrupan en normas, cuyo objetivo es asegurar un producto terminado de la mejor calidad. Teniendo en cuenta las implicaciones catastróficas que puede traer consigo un mal diseño y procesamiento del concreto. Las etapas para la elaboración de concreto son:

4.1.5. Dosificación

La dosificación consiste en la medición por masa o volumen de los componentes del concreto. Este proceso se requiere para obtener un concreto de buena calidad, respondiendo a estándares y configuraciones previamente establecidas. Generalmente la medida de los componentes se realiza por la masa, ya que de esta forma se obtiene una mayor precisión en la medición.

4.1.6. Mezclado

El proceso de mezcla del concreto culmina cuando se observe una masa de apariencia homogénea y uniforme. El tiempo de mezclado viene determinado por las recomendaciones del fabricante, para los concretos mezclados in situ se recomienda que mínimo sea de 1 minuto y 15 segundos por cada metro cúbico procesado, siendo este dato un punto de referencia. Por otro lado, hay 3 maneras de preparar la mezcla las cuales son:

- Mezclado estacionario. Es el mezclado producido in situ, es decir, en el mismo lugar en donde se colocará, para el caso de las placas huella u otro tipo de pavimentación con concreto, suele hacerse el mezclado en el mismo lugar de aplicación, sobre todo si se trata de vías terciarias, a las cuales no es fácil acceder con los equipos que pueden transportar la mezcla desde sitios de producción industrial.
- Concreto premezclado. Es el concreto preparado en una planta con mecanismos industriales. Es el más usado para construcciones formales y estructuras de gran tamaño y complejidad.

- Concreto mezclado en dosificadora móvil. Las mezcladoras móviles son camiones los cuales dosifican por Volumen.

4.1.7. Transporte y Colocación

El transporte del concreto es una etapa muy importante puesto que, durante el transporte pueden producirse alteraciones en la mezcla, que impactan directamente en la calidad de la misma. Según la Asociación de Cemento Portland estas ocurrencias son las siguientes:

- Retrasos. En este caso es necesario tener un plan para el transporte del concreto con la finalidad de llevarlo a su destino final dentro de los márgenes de tiempo indicados.

- Endurecimiento prematuro y secado. Una vez que los componentes del concreto se unen, se desata los mecanismos químicos y físicos que terminan en el endurecimiento, es por esto que la mezcla debe ser transportada teniendo en cuenta unos parámetros predefinidos de tiempo.

- Segregación. La segregación se produce cuando el agregado grueso se separa del mortero. La segregación se puede generar por tiempo de mezclado excesivo.

4.1.8. Compactación

La aplicación de vibración al concreto por diferentes medios mecánicos durante su colocación es muy importante, debido a que con esto se logra que todos los componentes se mezclen uniformemente además de minimizar la segregación.

4.1.9. Curado

En el concreto, a pesar de estar en estado endurecido, siguen ocurriendo procesos fisicoquímicos, por lo cual se deben mantener algunas condiciones tales como un adecuado contenido de agua para que la hidratación se complete y alcance las características para las cuales ha sido diseñado. De esta manera, el curado consiste en mantener húmedo el concreto por un periodo de tiempo determinado.

Existen diversas maneras de hacerlo, una de ellas, y la más simple, es vertiendo o proyectando agua sobre el concreto. En algunos casos se recomienda cubrir las superficies con telas u otros tejidos especiales capaces de mantener el agua en ellas. En algunas estructuras verticales también se puede acudir al uso de compuestos químicos que favorecen este procedimiento.

4.2.MARCO TEÓRICO

4.2.1. Evaluación de pavimentos

Para empezar, es necesario definir los pavimentos como estructuras diseñadas para ofrecer a los usuarios seguridad y comodidad al transitar o movilizarse, esto significa que la plataforma resultante debe entregar niveles de servicio acordes a la demanda que se espera va a tener la estructura (Sotil Levy & Zegarra Riveros, 2015).

La evaluación de pavimentos como la que se realiza en este trabajo, consiste en la realización de informes en los cuales se pueda leer y analizar el estado en el que se encuentran las superficies evaluadas, así como la evolución de ese estado en el tiempo, para que de esta manera se puedan adoptar las medidas adecuadas de reparación y mantenimiento cuando haya lugar.

Lo anterior puede obedecer al propósito de prolongar la vida útil de los pavimentos, o para la futura toma de decisiones sobre qué tipo de pavimento resulta más apropiado en diferentes contextos. Es así, que es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

4.2.2. Relevancia de la evaluación

La evaluación de pavimentos es relevante en el contexto de la ingeniería y en particular de la construcción de vías, pues permite no solo conocer a tiempo los deterioros que se pueden presentar en las superficies de las vías y de esta manera realizar las correcciones pertinentes, sino que además permite recabar información valiosa para la futura toma de decisiones sobre los diferentes tipos de pavimentos de que se dispone en un momento dado, consiguiendo con ello brindar a los usuarios el servicio óptimo que se espera de una estructura de este tipo (Botia & Rodríguez, 2014).

Con la realización de evaluaciones periódicas de la estructura se puede predecir el ciclo de vida de una vía y su pavimento, también permite proyectar y optimizar los costos futuros de rehabilitación y mantenimiento, y de esta forma también realizar presupuestos ajustados que permitan la mejor toma de decisiones de inversión para otros proyectos similares.

4.2.3. Evaluación Objetiva

Para que la evaluación de una estructura tipo pavimento de cómo resultado información veraz, objetiva y útil, se requiere además de un equipo personas capacitadas, el uso de técnicas, metodologías y en la actualidad, aplicaciones de software que garanticen la eficacia de la evaluación realizada (Monsalve & Ruedas, 2016).

De no ser así, los resultados de las pruebas pueden perder confiabilidad con el tiempo y no podrán ser aprovechadas. Por eso es necesario que se elija un modelo de evaluación que se encuentre estandarizado y aceptado internacionalmente para poder decir que se ha realizado una evaluación verdaderamente objetiva.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que no siempre se podrá obtener mediciones o resultados que cumplan con las condiciones suficientes para comparar dos proyectos o tipos de pavimento, pues no siempre se puede eliminar por completo el sesgo intrínseco presente en la toma de decisiones, produciéndose una desviación entre la realidad y lo expresado por las muestras.

La desviación que ocurre puede deberse por un lado a la variabilidad de las unidades, debido a que las unidades son la base para los análisis que se realizarán. O también, a la diversidad de la respuesta dentro de cada unidad, esto porque se relaciona a la fiabilidad de la eventual intervención.

4.2.4. Vida útil

Con la edad del pavimento, su condición gradualmente se deteriora hasta un punto donde es necesario algún tipo de tratamiento de rehabilitación. Así, el periodo de desempeño o vida útil es aquel periodo que se encuentra entre la construcción o rehabilitación del pavimento y el momento en que este alcanza un grado de deterioro que impide la prestación del servicio en condiciones mínimas de calidad (Monsalve & Ruedas, 2016).

Además, el periodo de desempeño puede denominarse como periodo del diseño. La selección del periodo dependerá de la clasificación funcional del pavimento, el tipo y el nivel de mantenimiento aplicado, los fondos disponibles para la construcción inicial, ciclos de costos de vida y otras consideraciones de ingeniería.

Para el periodo de desempeño, el evaluador debe determinar los límites mínimos y máximos de cada uno de los indicadores a tener en cuenta en la medición, en relación con la calidad del servicio que se espera de la estructura. El periodo de desempeño es entonces, diferente a la vida útil del pavimento, puesto que la vida útil total del pavimento puede ser extendida por medio de la rehabilitación y mantenimiento periódico de la superficie o estructura del pavimento.

4.2.5. Periodo de análisis

Por periodo de análisis, se hace referencia al tiempo total que cada estrategia de diseño debe cubrir. Es por tanto el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección de la utilización y aprovechamiento del mismo y, además, el tiempo que se considere apropiado para que las condiciones de la estructura se comiencen a alterar desproporcionadamente por deterioro (Monsalve & Ruedas, 2016).

Puede llegar a ser igual que la vida útil, pero en casos en donde se prevén reconstrucciones o rehabilitaciones a lo largo del tiempo, el periodo de análisis comprende varios periodos de desempeño conformados entre la construcción inicial del pavimento original y el de las distintas rehabilitaciones o intervenciones.

4.3. ESTADO DEL ARTE

Con el propósito de determinar el estado actual de desarrollo del conocimiento científico relacionado con el tema de esta investigación, se ha llevado a cabo una revisión sistemática de la literatura (RSL) que, como ha sido comentado por Loreiro (2016) contribuye a la mejora continua en el camino de entender el tema a desarrollar en el estudio, del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

La selección técnico – económica de pavimentos para vías con bajos volúmenes de tránsito fue trabajada por (Calvo Piedra, 2006) para zonas residenciales. La configuración empleada abarcó tres (3) tipos de pavimentos: uno con materiales asfálticos, otro con materiales hidráulicos y el último con pavimento articulado. Los resultados arrojaron la influencia que tiene cada variable en el costo de cada configuración siempre afectada de manera directa al valor de resistencia a la penetración del material de subrasante (CBR) y consecuentemente a un mayor costo económico de las estructuras de pavimento.

(Núñez, 2007), presenta una disertación doctoral en donde realiza una comparación técnica entre los que denomina los más comunes o prevalentes tipos de pavimento, que se suelen tener en cuenta durante el proceso de Selección de Tipo de Pavimento (Pavement Type Selection, por sus siglas en inglés), las cuales son pavimento rígido o flexible. Posteriormente pone a consideración una alternativa de pavimento diferente.

La alternativa diferente presentada corresponde a los denominados “pavimentos compuestos”, que son en esencia una combinación de una base rígida superpuesta con una capa de superficie de asfalto de mezcla en caliente HMA (Hot Mix Asphalt, por sus siglas en inglés), lo cual tiene el potencial de cumplir con los requisitos técnicos y económicos que se buscan en el proceso PTS. Para ello se presentan evaluaciones técnicas y económicas para justificar la consideración de sistemas de pavimento compuesto en el proceso PTS.

En estudios posteriores (Adams, Apraku, & Opoku-Boahen, 2015), identifican en un estudio, como la aplicación de refuerzo geosintético en obras viales está encontrando una aceptación cada vez mayor e influenciando la selección del tipo de pavimento a emplear en los proyectos de infraestructura. En muchos países tropicales la disposición de material de grava de calidad adecuada y que cumpla con las especificaciones técnicas para la capa de pavimento suele significar una gran problemática. En este estudio, los autores miden el efecto de la resistencia del geotextil en los valores de la CBR, cuando se incluyen en una ubicación predeterminada en una capa de pavimento experimental.

El suelo de grava natural fue seleccionado y probado sin reforzamiento. Luego, al colocar una capa de una determinada geomalla sobre la tercera capa dentro de la altura de la muestra, se midió el efecto del refuerzo de la geomalla en los valores de CBR. Esto se llevó a cabo para dos calibres de geomalla, tanto en condiciones húmedas como secas.

(Ibrahim Hamad, Yousif Osman, Osman Mohamed, & Osman Ahmed, 2015) realizaron una comparación entre pavimentos flexibles y rígidos ya que estos análisis juegan un papel relevante en el proceso de toma de decisiones para la selección del tipo de pavimento (PTS), siendo la resistencia de la subrasante asociada a la resistencia a la penetración (CBR), Módulo Resiliente (MR) y/o módulo de reacción de la subrasante (K) y el tránsito de diseño los dos parámetros que rigen el diseño de las estructuras de pavimentos con materiales tanto asfálticos como hidráulicos. Los métodos de diseño AASHTO y PCA fueron empleados para la obtención de las estructuras de pavimento de los dos materiales, cuyos resultados se emplearon para la comparación y elección de la mejor alternativa dependiendo los materiales disponibles en la zona tropical donde se encuentra localizada el país Sudan.

Como conclusiones se estableció que los diseños para pavimento rígido están altamente influenciados por la ocurrencia de incrementos en cargas de mayor magnitud por eje que disminuyen la vida a fatiga de los materiales hidráulicos, asimismo, se establece la necesidad de dispositivos para la medición de cargas por eje con el fin de calibrar los diseños del método de PCA para la elaboración de los espectros de carga.

El análisis técnico-económico de (Uljarević & Šupić, 2016) para pavimentos rígidos y flexibles se centró en vehículos de carga pesada de 2.350 kN donde se comparan los resultados en cuanto a la complejidad de los procesos constructivos y costo de precios de obras incluidas para la construcción de cada solución. Como factores que inciden en el diseño y selección del pavimento consideraron en primera instancia las necesidades de los usuarios y condiciones del entorno, así como características del terreno existente, condiciones climatológicas y cargas de tránsito, dando como conclusión que el pavimento rígido necesita una mayor inversión para su construcción cuya diferencia radica en el costo de la superestructura que corresponde al pavimento con todas sus capas estructurales, ya que los costos de preparación del área de trabajo y subrasante parten del mismo valor.

(Hurtado Acuña, 2016) presentó una comparación entre las alternativas de pavimentación de tipo flexible y rígido buscando la mejor alternativa de diseño estructural desde el punto de vista de rentabilidad, teniendo en cuenta tanto el diseño de pavimentos como la gestión vial para una vía con Tránsito Promedio Diario TPD de 171 vehículos diarios. Las diferentes alternativas en materiales hidráulicos arrojaron que son las estructuras que más necesitan inversión de capital en comparación con las estructuras de pavimentos con materiales asfálticos, teniendo en cuenta que en cualquiera de los escenarios es necesario un mantenimiento rutinario cada año para su conservación, así como bacheos futuros para los pavimentos flexibles.

Teniendo en cuenta que los costos de los proyectos deben emplear modelos a largo plazo que garanticen los insumos adecuados para el análisis comparativo de gestión de pavimentos como de evaluación de proyectos, (Puthussery, Kumar, & Garg, 2017), proponen un modelo de evaluación de los procesos de reciclaje del cada vez más abundante concreto que resulta de la demolición de estructuras a nivel mundial.

Los autores registran las condiciones necesarias para obtener una evaluación objetiva y eficiente de un proceso de aprovechamiento del concreto que, aunque se presenta en condiciones diferentes a la de este estudio, si ofrece luz sobre los requerimientos mínimos de calidad en un proceso evaluativo.

Siguiendo la misma línea de investigación antes descrita, (Akinleye & Tijani, 2017) realizaron una evaluación al concreto usado para pavimentación. En dicho trabajo se concentran específicamente en los factores que conforman la calidad del resultado tales como las propiedades finales constitutivas del concreto de asfalto, las propiedades y características de calidad del bitumen, y la relación de estas dos con las características generales evaluables en la estructura construida.

(Nawagamuwa & Prasad, 2017), los autores de este estudio se concentran en el contexto de Sri Lanka, en donde ellos manifiestan que se están experimentando enormes cambios en la infraestructura, especialmente para satisfacer las demandas actuales de la sociedad y con un importante incremento en la construcción de carreteras y otras infraestructuras relacionadas.

Los autores han observado que la demanda de buenos resultados de CBR en suelos para la construcción de carreteras se ha incrementado, ya que la mayoría de los suelos disponibles cerca de los sitios de construcción no satisfacen el requisito CBR aunque sí satisfacen otras condiciones.

Se han realizado trabajos de investigación encomiables en todo el mundo para mejorar dichos suelos utilizando diferentes aditivos. Debido a una capacidad insuficiente de producción de energía hidroeléctrica, Sri Lanka ahora opera plantas de energía térmica y las cenizas volantes son un desperdicio acumulado en tales ubicaciones. El uso de cenizas volantes para mejorar suelos con bajo CBR resolvería dos problemas al mismo tiempo, por un lado, el vertido de cenizas volantes al medio ambiente y la búsqueda de mejores resultados de CBR para los suelos destinados a la construcción de carreteras. Este estudio, en conclusión, analiza las mejoras en las propiedades de un suelo CBR pobre con cenizas volantes en diferentes porcentajes que inciden en el costo de las obras de pavimentación, siendo un factor determinante en la selección del tipo de pavimento a emplear para la ejecución del proyecto.

(Krivenko, Kovalchuck, & Boiko, 2019), describen la experiencia empírica de construcción de pavimentos basados en concreto, usando agregados no convencionales. Los autores, muestran los resultados de incluir en el proceso de producción de concreto para aplicación específicamente como pavimento de vías, materiales y elementos agregados innovadores, como es el caso de la escoria de mineral de hierro activados por álcalis, encontrando mejoras notorias en la fuerza del hormigón resultante, así como en la resistencia a la compresión.

Lo anterior contribuye a proponer medidas innovadoras a la hora de hacer uso del concreto para la pavimentación, que pueden resultar relevantes dentro de las propuestas resultantes de la evaluación de conveniencia entre placas huellas y concreto rígido como solución para las vías terciarias del país.

(Di Mascio, Moretti, & Capannolo, 2019), se concentra en su trabajo en las estructuras portuarias, interpretadas como un sistema intermodal en el que ocurren simultáneamente muchas actividades logísticas las cuales requieren áreas construidas adecuadamente para cumplir con cada uno de esas exigencias. La gran extensión de estas áreas plantea un problema importante a la hora de elegir materiales con implicaciones técnicas y económicas. La elección y el diseño de los pavimentos son directamente relacionados con los sistemas portuarios de manejo y procedimientos para la disposición de las unidades de carga.

La investigación presenta los procedimientos de diseño y verificación de tres pavimentos equivalentes para su implementación en un puerto italiano de tamaño mediano, transitado por apiladores que mueven contenedores. Un pavimento asfáltico, un pavimento de hormigón y un pavimento de bloques de hormigón fueron considerados durante la investigación, proyectando una vida útil de 20 años. Se han adoptado métodos empíricos y analíticos para diseñar y verificar la calidad de los pavimentos y su funcionalidad en el contexto definido.

Fediuk et al. (2020), describen la evaluación de materiales que permitan fortalecer los concretos usados en la construcción de vías. Al involucrar este estudio como referente, se propone como indicador de evaluación para la comparación entre la efectividad de placas huellas frente a la pavimentación con concreto rígido, los materiales necesarios, pero además los materiales con los que se puede innovar al momento de realizar agregados al concreto, para mejorar los resultados de evaluación y los tiempos de vida útil y calidad ofrecida por las estructuras evaluadas.

Vega et al, (2020) presentan un estudio comparativo de la evaluación de los ciclos de vida de estructuras de pavimento basadas en asfalto y en concreto. Dicho estudio resulta relevante para la presente investigación, toda vez que pretende de igual forma comparar dos técnicas y materiales diferentes para la realización de una misma tarea, obteniendo información importante que permita la toma de decisiones para los ingenieros, diseñadores y los administradores o la población que se embarque en la construcción de vías terciarias.

Para Mohan et al. (2020), el transporte por carretera juega un papel fundamental en el desarrollo social, económico e industrial de cada país. Las carreteras son utilizadas por diferentes clases de vehículo, implicando pesos y exigencias que resultan en fallas del pavimento por deterioro temprano. La falla del pavimento bituminoso se debe al agrietamiento por fatiga y deformación por surco.

Esta problemática genera un espacio para la ciencia y la ingeniería, en donde el desarrollo de algunas aplicaciones de software como WinDEPAV, que pueden determinar los valores de tensión y deformación en ubicaciones críticas en diferentes capas de pavimento.

Este proyecto tuvo como objetivo la recopilación de datos relacionados con el tráfico, para realizar análisis y obtener valores de CBR del suelo de la subrasante de campo, y el posterior diseño y aplicación de pavimentos rígidos según las directrices de la PCA. Posteriormente se procesó la información mediante software que analizan esfuerzos y deformaciones para comprobar si el diseño realizado cumple con los requisitos establecidos.

Es así que se puede observar cómo es relevante a nivel mundial, las evaluaciones que se realicen en diferentes contextos y ubicaciones geográficas, de las diferentes técnicas o propuestas de ingeniería que permitan dar solución a la movilidad en sus diferentes modalidades. Obteniendo así información valiosa para realizar la evaluación sobre la conveniencia y efectividad del uso de placas huella o pavimentación en concreto rígido, en las vías terciarias de Colombia.

5. METODOLOGÍA

De acuerdo con lo contemplado en el “Manual de diseño de pavimentos de concretos para bajos, medios y altos volúmenes de tránsito” del Instituto Nacional de Vías, las metodologías de diseño más empleada en Colombia corresponden al de la AASHTO 93 y la PCA (Portland Cement Association, por sus siglas en inglés) en los cuales se tienen como variables de entrada tanto el tránsito, capacidad de soporte de la subrasante, clima y finalmente la calidad de los materiales para la selección del espesor de la estructura de pavimentos, lo cual será aplicada para el presente trabajo de grado.

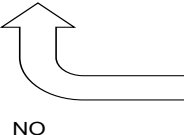
Variables de entrada	CLIMA	TRÁNSITO	SUBRASANTE	MATERIALES
Preliminar sionamiento	Método AASHTO 1993			
	Estructura Preliminar			
Verificación Estructural	Método Racional Analítico			Depav (PCA)
Modelos de comportamiento	Cambiar condiciones de diseño (espesor y/o materiales)	Leyes comportamiento materiales	Materiales hidráulicos (esfuerzo a tracción admisible)	
			Subrasante (deformaciones admisibles)	
Parámetros de control	 NO	Cálculo de consumos (Método PCA)		
		Cálculo esfuerzos y deflexiones (Métodos teóricos y Elementos Finitos)		
		¿Cumplen criterios de aceptación?		
Fin del proceso	Diseño de la estructura			
	Carta de diseño			

Figura 1. Metodología de diseño. Modificada del *Manual de Medios y Altos Volúmenes de Tránsito* (Instituto Nacional de Vías, 2008)

La metodología se desarrollará para tres (3) tramos de vías terciarias con diferentes valores de capacidad de soporte CBR (Californian Bearing Ratio, por sus siglas en inglés) que según categorías establecidas por el INVIAS corresponden a S1 (CBR-3.5%), S2 (CBR-5%) y S3 (CBR-10 %), en placa huella, concreto rígido y losas de geometría optimizada. Dichos tramos tendrán una longitud de 100 m, para estas longitudes se tomarán tres (3) anchos de vía diferentes los cuales no superarán los 5 m teniendo en cuenta que en las vías terciarias es muy complejo encontrar vías amplias.

En la **Tabla 1** se presentan las cerca de 27 posibles combinaciones de estructuras de pavimento rígido, teniendo en cuenta las tres categorías de CBR (3.5, 5.0 y 10 %), la variable de resistencias de los concretos de 3.000 PSI, 3.500 PSI, y 4.000 PSI con los que se construyen las placas huellas, así como las 3 modelaciones para las losas de geometría optimizada para concreto de 5.000 PSI, cuyas resistencias se les realizará una conversión a Modulo de Rotura (MR) teniendo en cuenta que para el diseño de pavimentos se debe emplear los esfuerzos a flexión del material hidráulico.

Tabla 1. Diseños que se llevarán a cabo para pavimentos rígidos

Diseño	CBR [%]	f'c [PSI]	Diseño	CBR [%]	f'c [PSI]	Diseño	CBR [%]	f'c [PSI]	Diseño (losas cortas)	CBR [PSI]	f'c [PSI]
D-1	3,5	3.000	D-10	3,5	3.000	D-19	3,5	3.000	M-1	3.5	5.000
D-2	5,0		D-11	5,0		D-20	5,0		M-2	5,0	
D-3	10		D-12	10		D-21	10		M-3	10,0	
D-4	3,5	3.500	D-13	3,5	3.500	D-22	3,5	3.500			
D-5	5,0		D-14	5,0		D-23	5,0				
D-6	10		D-14	10		D-24	10				
D-7	3,5	4.000	D-16	3,5	4.000	D-25	3,5	4.000			
D-8	5,0		D-17	5,0		D-26	5,0				
D-9	10		D-18	10		D-27	10				

5.1.DISEÑO PLACA HUELLA

Para el análisis económico de placa huella se tomará como guía la emitida por el Instituto Nacional de Vías INVIAS 2015 “Guía de Diseño de pavimentos con Placa-huella”, ya que en nuestro país esa es la única fuente de diseño o referencia. No se realizará ningún análisis de diseño o método de diseño ya que nuestra investigación es meramente una comparación económica y solo tomaremos lo establecido en ésta guía.

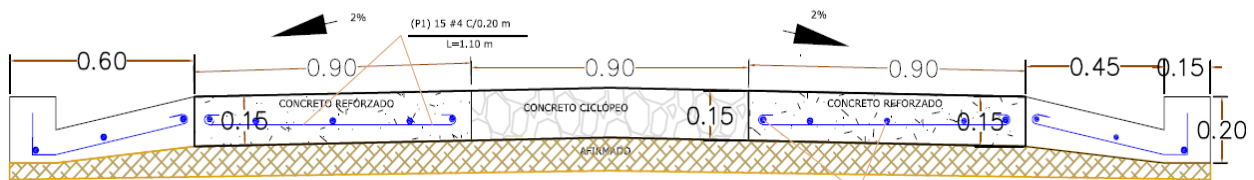


Figura 2. Sección transversal tipo para Placa-huella (Ancho vía variable)

Teniendo en cuenta lo contemplado en la “Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella (Orobio & Orobio, 2016) donde se establece que el espesor único de 15 cm para la subbase granular es suficiente para suelos de subrasante con CBR superior o igual a tres por ciento (3 %), para el presente trabajo de grado se partirá que el espesor del material granular no tratado será el mismo para los tres (3) tipos de CBR con que se diseñarán los pavimentos rígidos.

Con respecto al espesor de la placa-huella cuya dimensión no es sensible a la rigidez de la capa de apoyo o plataforma, se tomará quince (15) centímetros para la losa de concreto sin importar el CBR con que se trabaje ya que por facilidad constructiva y adecuado recubrimiento del acero de refuerzo es la recomendada por la Guía.

La resistencia del concreto para la pavimentación de placa-huella se tendrá en cuenta que, aunque la resistencia mínima a la compresión del concreto a los 28 días recomendada es de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (3.000 PSI), ésta se fabrica en la propia vía en donde según la “Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella” (Orobio & Orobio, 2016) *no existen los medios para ejercer control de calidad similar al ejercido en las plantas de concreto* por lo que en obra fácilmente se pueden elaborar concretos con diferentes resistencias. Estas menores o mayores resistencias de los concretos redundan en diferente valor de la actividad por unidad de medida, la cual no ha sido cuantificada en este tipo de proyecto, por lo que para el presente trabajo emplearemos tres (3) valores de resistencia adicionales que se pueden obtener en obra con un diseño adecuado de mezclas y dependiendo la calidad del agregado que se encuentre en la zona como es el caso de 3.500 PSI (240 kg/cm^2), 4.000 PSI (280 kg/cm^2) y 5.000 PSI (350 kg/cm^2). En la **Tabla 2** se presenta las diferentes configuraciones que se emplearán para el análisis económico del pavimento de la placa-huella:

Tabla 2. Configuraciones para pavimento de placa huella

ANCHO VÍA(m)	ANCHO BERMA-CUNETAS (m)	LONGITUD (m)	RESISTENCIA (Psi)
3,9	1.20 (0.60 c/lado)	100	3.000
3,9	1.20 (0.60 c/ lado)	100	3.500
3,9	1.20 (0.60 c/ lado)	100	4.000
4,5	1.20 (0.60 c/ lado)	100	3.000
4,5	1.20 (0.60 c/ lado)	100	3.500
4,5	1.20 (0.60 c/ lado)	100	4.000
5,0	1.20 (0.60 c/ lado)	100	3.000
5,0	1.20 (0.60 c/ lado)	100	3.500
5,0	1.20 (0.60 c/ lado)	100	4.000

De acuerdo con lo anterior obtendremos nueve (9) configuraciones de placa huella y partiendo de estos diseños se cuantificarán las cantidades de obra y posteriormente obtendremos un presupuesto de obra, tomando como referencia los precios establecidos por la gobernación de Cundinamarca, con el fin de poder realizar una comparación real y objetiva.

5.2.DISEÑO PAVIMENTO RÍGIDO

Para el diseño de pavimento rígido se realizará mediante el Método Racional Analítico, convalidándolo mediante el software WinDEPAV2.6 para el método de la PCA y EverFE 2.26 para las losas de geometría optimizada, calculando los esfuerzos, deformaciones y deflexiones para obtener el diseño de las diferentes estructuras y cartas de diseño que cumplan con los criterios de esfuerzos y deformaciones críticas, para la cuantificación de las cantidades y obtención del presupuesto de obra, tomando como referencia los precios establecidos por la gobernación de Cundinamarca y realizar una comparación real y objetiva con la solución de pavimentos de placa-huella.

5.2.1. Variable de clima

Las condiciones ambientales tienen un efecto significativo en el desempeño de los pavimentos. Factores externos tales como la precipitación y temperatura juegan un rol importante en la definición del grado de impacto que el medio ambiente puede tener en el comportamiento de las estructuras de pavimento. Factores internos tales como la susceptibilidad de los materiales a la humedad, el drenaje de las capas superficiales, la infiltración de la estructura, definen la manera en la cual el pavimento reaccionará a la aplicación de las condiciones ambientales externas (AASHTO, 2002). Para el presente trabajo tomaremos la clasificación presentada por INVIAS correspondiente a las Regiones R1 y R2 que cubre gran parte del departamento de Cundinamarca que es de donde se están tomando los precios de referencia para el análisis económico.

Tabla 3. Precipitación y temperatura según zona de estudio

No.	Región	TMAP (°C)	PMA (mm)
R1	Fría seca y Fría húmeda	< 13	< 2.000
R2	Templado seco y templado semihúmedo	13 - 20	< 2.000

Donde; TPMA = Temperatura media anual ponderada, °C y PMA = Precipitación Media Anual, mm.

5.2.2. Variable de tránsito

5.2.2.1. Categoría de tránsito

Acogiendo que las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras elaboradas por el Instituto Nacional de Vías INVIAS forman parte de los contratos para construcción, rehabilitación, rectificación, mejoramiento y conservación de las carreteras a cargo de la nación, para el desarrollo del presente trabajo de grado se tendrá en cuenta tanto lo contemplado en la tabla 100-1 de las Normas y Especificaciones INVIAS 2013 como del “Manual de diseño de pavimentos de concreto para bajos, medios y altos volúmenes de tránsito” de INVIAS, que establece categorías de tránsito para niveles de tránsito de diseño expresado en número de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño $NEE_{80kN} \leq 0.5 \times 10^6$ que para nuestro caso corresponde a una vía terciaria (Vt) con nivel de tránsito T_o , que dada la composición vehicular se restringió el Número de Vehículos Comerciales (NVC) hasta 10 diarios en el carril de diseño y un Tránsito Promedio Diario (TPD) de 35 vehículos.

Tabla 4. Categorías de tránsito (Instituto Nacional de Vías)

Categoría	Tipo de vía	TPDs	Ejes acumulados de 8,2 T “Manual”	Ejes acumulados de 8,2 T “Art 100 – INVIAS 2013”
To	Vt - E	0 a 200	< 1.000.000	< 500.000

5.2.2.2. Configuración vehicular

De acuerdo con las características de la vía, el estudio de volúmenes vehiculares se basó en la determinación de una distribución vehicular hasta el camión C3 (22 toneladas distribuidas en dos ejes simples de 11 toneladas cada uno separados 1,20 m de centro a centro) ya que es el camión de diseño de la “Guía de diseño de pavimentos con placa-huella”. Se consideraron los siguientes tipos de vehículos los cuales se encuentran reglamentados por el (ICONTEC, 2000), y acogida por la Resolución 4100 del 28 de diciembre de 2004 y modificada parcialmente por la Resolución 1782 del 8 de mayo de 2009.

Tabla 5. Configuración vehicular

Tipo de vehículo	Carga total Ton o kN (Resolución 4100 / 2004)	Eje simple direccional (ESRS)	Eje simple rueda doble (ESRD)	Eje Tándem (TA)
Bus (B)	10 (98.1)	4 (39.2)	6 (58.9)	
Camión C2P	14 (137.3)	5 (48.1)	9 (88.2)	
Camión C2G	17 (166.7)	6 (58.9)	11 (107.8)	
Camión C3-C4	28 (274.7)	6 (58.9)		22 (215.8)

5.2.2.3. Composición del tránsito

La composición del tránsito se toma de la información registrada en el “Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito” del INVIAS.

Tabla 6. Composición del tránsito (Instituto Nacional de Vias INVIAS, 2007)

TPD	Automóvil (A)	Buses (B)	C2P	C2G	C3-C4
	(%)				
180	74,4	9,1	12,2	4,1	0,1

5.2.2.4. Determinación tasa de crecimiento

Teniendo en cuenta que no se dispone de serie histórica, para realizar el pronóstico del tránsito futuro se establece la tasa de crecimiento con la información registrada por el (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007) para vías con bajos volúmenes de tránsito.

Tabla 7. *Tasas promedio crecimiento del tránsito* (Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2007)

Nivel de Tránsito	Tasa de crecimiento
T1	2,0
T2	3,0

Para efectos de la proyección del tránsito se ha estimado como tasa de crecimiento anual el 2 %.

5.2.2.5. Volumen de tránsito

La variable de tránsito se cuantificó estableciendo un espectro de carga con respecto al número de repeticiones para cada carga en el carril y periodo de diseño, derivados de cargas para diferentes tipos de ejes por cada 1.000 vehículos comerciales

Tabla 8. *Parámetros entrada espectro de carga*

Tránsito Promedio Diario (TPD)	35	Vehículos
Periodo de diseño (n)	20	años
Tasa de crecimiento anual (i)	2 %	(Manual Bajos Volúmenes para T1)
Factor direccional (Fd)	1,00	Ancho menor a 5 m
Factor de distribución carril (Fca)	1,00	Anchos inferiores por carril a 2.5 m
Factor de seguridad de carga (Fsc)	1,00	Bajo volumen de tránsito
Factor Mayoración de Repeticiones		1,00
Vehículos comerciales / carril diseño / periodo diseño		79.150
Coficiente Agresividad Media (CAM)		0.14
NEE _{13 Ton}		11.251
Factor equivalencia de carga		6.32
NEE _{8.2 Ton}		500.000

Tabla 9. Distribución de vehículos comerciales

Tipo de vehículo	TPDo Vehículos	Porcentaje de vehículos	Porcentaje de vehículos comerciales	Numero de ejes comerciales por día/carril	Numero de vehículos comerciales/día/carril, por cada 1000 VC	Coficiente de Agresividad	Coficiente Agresividad Media
	(1)	(2)	(3)	(NECDC)		A	CAM
Bus (B)	35	9%	100%	3,15	357	0,13	46,45
Camion C2P		74%		4,22	478	0,13	62,15
Camion C2G		25%		1,42	161	0,13	20,89
Camion C3-C4		1%	16%	0,03	4	3,23	12,66
Camion C5		0%		0	0	6,47	0,00
Camion C6		0%		0	0	4,23	0,00
Sumatoria				9	1.000		142

Tabla 10. Número ejes esperados por 1.000 Vehículos Comerciales

Tipo de vehículo	Numero de vehículos comerciales/día/carril, por cada 1000 VC	Numero de ejes por cada 1000 Vehículos comerciales (VC)		
		Eje simple	Eje tandem	Eje tridem
Bus (B)	357	715		
Camion C2P	478	956		
Camion C2G	161	321		
Camion C3	4	4	4	
Camion C4	0	0	0	
Camion C5	0	0	0	
Camion C6	0	0	0	0,0
Sumatoria	1.000			

Tabla 11. Espectro de carga para el carril y periodo de diseño.

NEE CARRIL DE DISEÑO EN EL PERIODO DE DISEÑO			
Cargas		Ejes por cada 1000 VC	Numero de ejes en el carril de diseño en el periodo de diseño
Toneladas	kN		
Ejes simples			
22	215,8	4	310
11	107,9	321	25.434
9	88,2	956	75.682
6	58,9	4	310
6	58,9	321	25.434
6	58,9	715	56.564
5	48,1	956	75.682
4	39,2	715	56.564
Total		3988	315.980
Ejes tandem			
22	215,8	4	310
22	215,8	0,0	0
20	196,2	0	0
19	186,3	0	0
Total		4	310
Ejes tridem			
24	235,3	0,0	0
Total		0	0
TOTAL		Simple, Tandem, Tridem	316.291

5.2.3. Variable de subrasante

Para el diseño de pavimentos rígidos la subrasante se caracteriza con el módulo de reacción del subsuelo denominado k con el que se mide la capacidad de soporte de la capa de plataforma donde se cimentará la estructura de pavimento. Los valores de k se obtendrán a partir de correlaciones con los valores de CBR definidos para las diferentes estructuras y se calculará el aporte estructural de la capa de material granular no tratada tipo subbase de acuerdo con el incremento que se espera en el módulo de reacción de la subrasante basado en la siguiente ecuación y tabla.

$$k_{(subrasante)} = 2.55 + 52.5 \log CBR, \text{ para } CBR \leq 10\% \quad (1)$$

Tabla 12. Efecto subbase granular sobre los valores k de subrasante

Valor K subrasante		Valor K subbase							
		Capa granular no tratada							
		10 cm		15 cm		22,5 cm		30 cm	
MPa/m	lb / in ³	MPa/m	Pci	MPa/m	Pci	MPa/m	Pci	MPa/m	Pci
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Tabla 13. Capacidad de soporte de la subrasante para CBR de diseño

CBR	(%)	3,5	5,0	10,0
MR	(kg/cm ²)	350	500	1.000
K _{subrasante}	(MPa/m)	31	39	55
	(PCI)	114,3	144,1	202,2
K _{mejorada}	(PCI)	143	177	243
	(MPa/m)	39	48	66
Factor Pérdida Soporte			2,0	
K _{efectivo}	(MPa/m)	6,0	7,0	8,0
	(PCI)	22	26	29

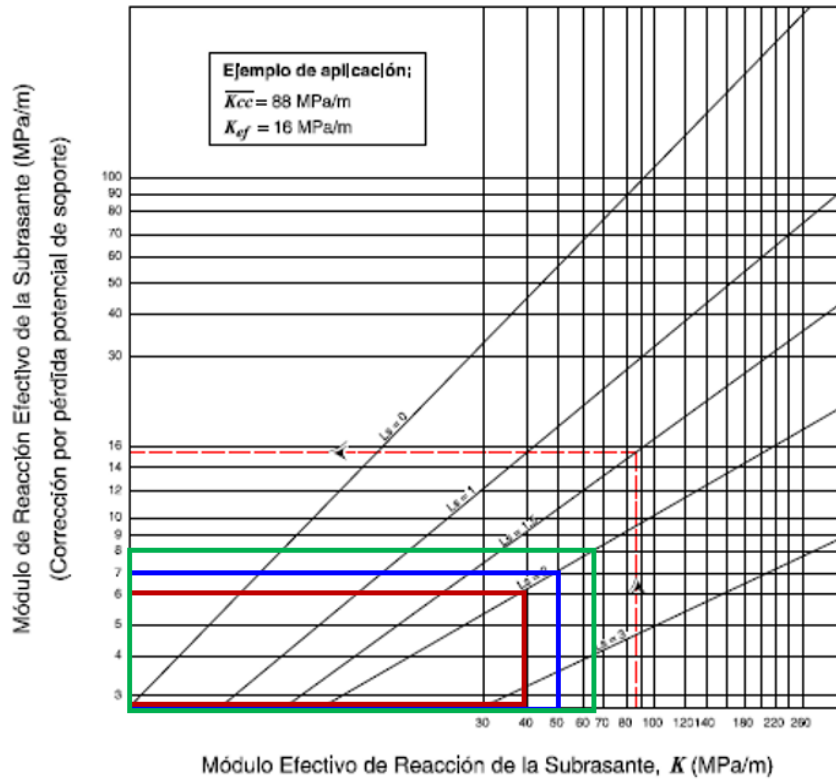


Figura 3. Corrección módulo reacción efectivo subrasante por pérdida potencial de soporte de la subbase.

5.2.4. Variable de materiales

5.2.4.1. Subbase granular

El material granular no tratado es una capa de la estructura del pavimento que tiene como objetivo soportar y transmitir las cargas aplicadas en la superficie de la rodadura, de igual manera, controlar cambios de volumen de la subrasante y mitigar el ascenso capilar. Ésta capa se encuentra reglamentada por el artículo 320-13 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras de INVIAS para un Nivel de Tránsito NT1 Tipo Clase C y un CBR mínimo de 30 %. A continuación, se presentan los valores de Módulo de Elasticidad Equivalente (E_{equiv}) y CBR equivalente (CBR_{equiv}) en la superficie de la capa de mejoramiento por el método de (Ivanov, 1973), el cual ha sido validado en diferentes ámbitos de la ingeniería nacional e internacional.

$$E_{(equivalente)} = \frac{E_{inferior}}{1 - \left[\frac{2}{\pi} * \left(1 - \frac{1}{n^{3.5}} \right) \right]} \quad (2)$$

$$E_{(inferior-superior)} = 130 \times CBR^{0.714} \quad (3)$$

Donde; $E_{inferior}$ = Módulo Elástico capa de subrasante y n = relación modular entre capas.

Tabla 14. Cálculo CBR equivalente en la superficie de capa de mejoramiento (Ivanov)

CBR (%)		E _{INF.}	E _{SUP.}	n	h ₁ (cm)	E _{equiv}	CBR _{equiv}
SUBRASANTE	MAT. GRANULAR	(kg/cm ²)				Kg/cm ²	
3,5	30,00	318	1.050	1,61	15,00	487	6,36
5,0	30,00	410	1.050	1,46	15,00	578	8,08
10,0	30,00	673	1.050	1,19	15,00	798	12,70

5.2.4.2. Concreto

El método de la PCA según (García Aladín, 2002) maneja en sus formulaciones un coeficiente de variación (COV) alrededor del 15 % para los Módulos de Rotura a los 28 días, induciendo a que en obra se realice un buen control de calidad en la fabricación, transporte, colocación y curado del concreto en obra.

En el “Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito” aparecen Módulos de Rotura entre 38 a 45 kg/cm² cuyos valores por encima de los 42 kg/cm² son difíciles de alcanzar en las vías terciarias tanto por la tecnología empleada en las obras como por la calidad de los materiales pétreos de los concretos, por lo tanto teniendo en cuenta lo anterior se asociará los concretos utilizados en el presente análisis a los presentados por (Reyes Lizcano, 2003) para materiales hidráulicos en comportamiento a fatiga con módulos de elasticidad de aproximadamente 24.000 MPa y que según formulaciones de la NSR-10 corresponderían a

Módulos de Rotura como máximo de 42 kg/cm^2 ($E = 4.700\sqrt{f'c}$). Para alcanzar mayores valores se deberá trabajar con materiales pétreos de origen Ígneo o Metamórfico lo cual es difícil conseguir en todos los municipios de Cundinamarca ya que se encuentran en una cuenca sedimentaria en su gran mayoría.

Los pavimentos de concreto hidráulico se encuentran reglamentados por el Artículo 500-13 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras de INVIAS, cuyo material deberá estar conformado por una mezcla homogénea de cemento con sin adiciones, agua, agregados fino y gruesos y aditivos. La resistencia media a la flexo-compresión del concreto (S_c) depende de la calidad de los materiales y la tecnología para la construcción del pavimento, por lo que se tomará para $A = 2.5$ y $B = 0.50$

$$S_c = Af'c^B \quad (4)$$

Tabla 15. Propiedades mecánicas concretos empleados

Concreto en fatiga		BC – 2	BC – 3	BC – 4	BC – 5	
Resistencia a la compresión	f _c	(kg/cm ²)	210	240	280	350
		(Mpa)	21	24	28	35
		(PSI)	3.000	3.500	4.000	5.000
Módulo Elasticidad	[E _c]	(Mpa)	21.538	23.025	24.870	27.593
		(PSI)	3,12E+06	3,34E+06	3,61E+06	4,00E+06
		(kg/cm ²)	219.628	234.793	253.605	281.367
Módulo Rotura	[MR]	(kg/cm ²)	36	38	42	45
		(Mpa)	3,6	3,8	4,1	4,4
		(PSI)	520	550	600	650

5.2.5. Predimensionamiento

Para el predimensionamiento de las estructuras de pavimento en concreto hidráulico se tomará el método de la AASHTO-93, la cual establece el número estructural que satisface las solicitaciones de carga, condiciones mecánicas de los materiales de cada capa de la estructura (subrasante, subbase y materiales hidráulicos), además de tener en cuenta factores de confiabilidad, drenaje, niveles de serviciabilidad, coeficientes de carga, pérdida de soporte capa de apoyo y módulo de reacción de la subrasante, cuyo procedimiento se presentan en los anexos.

Tabla 16. Parámetro de diseño predimensionamiento pavimento rígido (AASHTO-93).

Criterios de diseño		Valor adoptado		
Período de diseño	[años]	20		
Carga Vehicular				
Tipo de camión		C3		
Eje		Simple de 8,2 Toneladas		
Tránsito Promedio Diario		TPD 35		
Número de Ejes Simples Equivalentes		NESE 500.000		
CBR subrasante	[%]	3,5	5,0	10,0
Parámetros AASHTO				
Nivel de confiabilidad (R)	[%]	80	Vías terciarias	
Valores de fractil	Zr	-0,841		
Error normal combinado	So	0,35	Obra nueva	
Serviciabilidad inicial	Po	4,5	Concreto	
Serviciabilidad final	Pf	2,5	Carreteras	
Índice de Serviciosibilidad	ΔPSI	2,0		
Transferencia de carga	j	3,1	Reforzado con juntas	
Calidad Subbase Granular				
Tipología INV 320-13		SBG_C		
Módulo	[kg/cm ²]	1.050		
Espesor	[cm]	15		
K mejorado	[PCI]	143	177	243
	[Mpa/m]	39	48	66
Factor pérdida soporte (promedio)	Ls	2,0	Materiales granulares sin tratar	
Módulo reacción efectivo Subrasante (K _{efectivo})	[Mpa/m]	6	7	8
	[PCI]	22	26	29
Calidad del Concreto				
Módulo de rotura	[PSI]	520	550	600
Módulo de Elasticidad (E)	[kg/cm ²]	3.124.000	3.340.000	3.608.000
Coefficiente de drenaje	Cd	1,0	Buena	

$$\begin{aligned}
 \log_{10}(W_{18}) = & Z_R \times S_o + 7,35 \times \log_{10}(D + 1) \\
 & - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} \\
 & + (4,22 - 0,32 \times p_t) \\
 & \times \log_{10} \left[\frac{S'_c \times C_d \times (D^{0,75} - 1,132)}{215,63 \times J \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(E_c/k)^{0,25}} \right]} \right]
 \end{aligned} \tag{5}$$

En las **Tabla 17** y **Tabla 18** se presentan los espesores iniciales obtenidos por el método de la AASHTO-93 para las 3 diferentes categorías de la subrasante tanto para el método de la PCA como para el de losas de geometría optimizada, expresada en módulos de reacción de la subrasante efectiva que tiene en cuenta la pérdida potencial de soporte ($K_{EFECTIVO}$) y la capa de material granular no tratado tipo C (SBG_C) de espesor 15 cm. Cada modelación se asocia igualmente a un valor de resistencia a la compresión del concreto y a su módulo de elasticidad para el cálculo de esfuerzos y deformaciones para la estructura multicapa y su verificación estructural por medio del método racional analítico.

Tabla 17. *Espesores iniciales pavimento rígido método PCA (AASHTO-93).*

Modelación	CBR	Espesor SBG	k _{EFFECTIVO}	f'c	MR	E _{pcc}	Espesor AASTHO (h _{INICIAL})
	[%]	[m]	[PCI]	[PSI]	[MPa]	[PSI]	[m]
M-1	3,5		22				0,18
M-2	5,0	0,15	26	3.000	3,6	3,12E+06	0,18
M-3	10		29				0,18
M-4	3,5		22				0,18
M-5	5,0	0,15	26	3.500	3,8	3,34E+06	0,18
M-6	10		29				0,18
M-7	3,5		22				0,17
M-8	5,0	0,15	26	4.000	4,1	3,61E+06	0,17
M-9	10		29				0,17

Tabla 18. *Espesores iniciales pavimento rígido losas geometría optimizada (AASHTO-93).*

Modelación	CBR	Espesor SBG	k _{EFFECTIVO}	f'c	MR	E _{pcc}	Espesor AASTHO (h _{INICIAL})
	[%]	[m]	[PCI]	[PSI]	[MPa]	[PSI]	[m]
M-1	3,5		22				0,16
M-2	5,0	0,15	26	5.000	4,4	4,00E+06	0,16
M-3	10,0		29				0,16

Para el predimensionamiento del método de la PCA se obtuvieron espesores entre 17 y 18 cm para módulos de rotura de concreto (MR) entre 3,5 a 4,1 MPa presentándose lo menores espesores para los módulos superiores, no siendo significativa la influencia de los valores de resistencia de la subrasante ya que no se aprecia ningún tipo de variación en los espesores por el aumento de su capacidad de soporte. Para las losas de geometría optimizada encontramos espesores menores alcanzando valores de hasta 16 cm afectado por módulos de rotura mayores de hasta 4,4 MPa para el concreto, que de igual manera no presenta variación en las dimensiones de la capa superficial por el aumento de la capacidad de soporte de la subrasante.

5.2.5.1. Dimensiones losa de concreto

Con el fin de controlar tanto la fisuración del concreto como mantener la capacidad estructural y durabilidad de la losa de concreto, se realiza una subdivisión en los cuales se tienen en cuenta cuatro (4) criterios fundamentales para la modulación de las losas partiendo que el criterio ideal serían losas cuadradas (Ancho = Longitud) y longitud máxima $L_{m\acute{a}x} \leq 6.0$ m:

- Longitud de la losa debe ser $L = 1.25 \times \text{Ancho del carril}$ (Criterio AASTHO)
- Longitud de la losa de concreto debe ser $L \leq 25 h$ ($H = \text{espesor de la losa}$)
- La relación de esbeltez (RE) debe ser $RE = L_{\max}/A \leq 1.25$
- Longitud de la losa $L_{\max} \leq 5I$ ($I = \text{Radio rigidez relativa de la losa}$) con el fin de considerar el esfuerzo de alabeo y el gradiente térmico existente en la fibra superior e inferior de la losa de concreto.

En las **Tabla 19** y **Tabla 20** se presentan los resultados de las dimensiones de las losas de concreto obtenidas tanto por el método de la PCA como para el de geometría optimizada, cuyas medidas consideran tanto el esfuerzo de alabeo como el gradiente térmico existente entre la fibra superior e inferior para cada configuración obtenida. Los espesores inicialmente obtenidos por el método de la AASHTO-93 experimentaron un aumento en sus dimensiones ya que sus propiedades mecánicas están asociadas a las leyes de fatiga de los materiales y criterios de modulación de losas.

El dimensionamiento de los pasadores y las barras de anclaje no se tienen en cuenta en el presente diseño ya que el valor por unidad de medida de la actividad de concreto en el presupuesto tiene en cuenta el acero.

Tabla 19. Dimensiones losa de concreto método PCA

Diseño	CBR	f'c	Epcc	μ_{PCC}	Ancho vía	Ancho Berma-cuneta	Ancho Losa (A)	Esesor AASTHO ($h_{INICIAL}$)	Lmax (≤ 6 m)		Radio Rigidez Relativa (I)	Longitud losa (L_{max})	Relación Esbeltez (≤ 1.25)	Lmax (≤ 5 l)		Esesor ajustado	Radio Rigidez Relativa (I_{adj})	Lmax (≤ 5 l)																	
	[%]	[PSI]	[PSI]		[m]	[m]	[m]	[m]	1.25 · A	25 · h	[m]	[m]	L_{max}/A	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]																	
D-1	3,5	3.000	3,12E+06	0,15	3,90	1,20	2,70	0,18	3,375	4,50	0,72	3,375	1,25	Cumple	3,624	Cumple	0,18	0,72	3,624	Cumple															
D-2	5,0							0,18		4,50	0,69	3,375	1,25	Cumple	3,436	Cumple	0,18	0,69	3,436	Cumple															
D-3	10							0,18		4,50	0,63	3,375	1,25	Cumple	3,174	No cumple	0,20	0,69	3,435	Cumple															
D-4	3,5	3.500	3,34E+06					0,15		3,90	1,20	2,70	0,18	3,375	4,50	0,74	3,375	1,25	Cumple	3,685	Cumple	0,18	0,74	3,685	Cumple										
D-5	5,0												0,18		4,50	0,70	3,375	1,25	Cumple	3,493	Cumple	0,18	0,70	3,493	Cumple										
D-6	10												0,18		4,50	0,65	3,375	1,25	Cumple	3,227	No cumple	0,20	0,70	3,493	Cumple										
D-7	3,5	4.000	3,61E+06										0,15		3,90	1,20	2,70	0,17	3,375	4,25	0,72	3,375	1,25	Cumple	3,599	Cumple	0,17	0,72	3,599	Cumple					
D-8	5,0																	0,17		4,25	0,68	3,375	1,25	Cumple	3,412	Cumple	0,17	0,68	3,412	Cumple					
D-9	10																	0,17		4,25	0,63	3,375	1,25	Cumple	3,152	No cumple	0,19	0,69	3,426	Cumple					
D-10	3,5	3.000	3,12E+06															0,15		4,50	1,20	3,30	0,18	4,125	4,50	0,72	4,125	1,25	Cumple	3,624	No cumple	0,22	0,84	4,212	Cumple
D-11	5,0																						0,18		4,50	0,69	4,125	1,25	Cumple	3,436	No cumple	0,23	0,83	4,129	Cumple
D-12	10																						0,18		4,50	0,63	4,125	1,25	Cumple	3,174	No cumple	0,26	0,84	4,182	Cumple
D-13	3,5	3.500	3,34E+06	0,15	4,50	1,20	3,30		0,18														4,125		4,50	0,74	4,125	1,25	Cumple	3,685	No cumple	0,21	0,83	4,136	Cumple
D-14	5,0								0,18																4,50	0,70	4,125	1,25	Cumple	3,493	No cumple	0,23	0,84	4,198	Cumple
D-14	10								0,18																4,50	0,65	4,125	1,25	Cumple	3,227	No cumple	0,25	0,83	4,129	Cumple
D-16	3,5	4.000	3,61E+06					0,15	4,50	1,20	3,30	0,17		4,125											4,25	0,72	4,125	1,25	Cumple	3,599	No cumple	0,21	0,84	4,217	Cumple
D-17	5,0											0,17													4,25	0,68	4,125	1,25	Cumple	3,412	No cumple	0,22	0,83	4,140	Cumple
D-18	10											0,17													4,25	0,63	4,125	1,25	Cumple	3,152	No cumple	0,25	0,84	4,209	Cumple
D-19	3,5	3.000	3,12E+06									0,15	5,00		1,20	3,80	0,18		4,75						4,50	0,72	4,500	1,18	Cumple	3,624	No cumple	0,25	0,93	4,636	Cumple
D-20	5,0																0,18								4,50	0,69	4,500	1,18	Cumple	3,436	No cumple	0,26	0,91	4,527	Cumple
D-21	10																0,18								4,50	0,63	4,500	1,18	Cumple	3,174	No cumple	0,29	0,91	4,539	Cumple
D-22	3,5	3.500	3,34E+06														0,15	5,00		1,20	3,80	0,18		4,75	4,50	0,74	4,500	1,18	Cumple	3,685	No cumple	0,24	0,91	4,572	Cumple
D-23	5,0																					0,18			4,50	0,70	4,500	1,18	Cumple	3,493	No cumple	0,26	0,92	4,603	Cumple
D-24	10																					0,18			4,50	0,65	4,500	1,18	Cumple	3,227	No cumple	0,29	0,92	4,615	Cumple
D-25	3,5	4.000	3,61E+06	0,15	5,00	1,20	3,80															0,17	4,75		4,25	0,72	4,250	1,12	Cumple	3,599	No cumple	0,22	0,87	4,367	Cumple
D-26	5,0																					0,17			4,25	0,68	4,250	1,12	Cumple	3,412	No cumple	0,23	0,86	4,280	Cumple
D-27	10																					0,17			4,25	0,63	4,250	1,12	Cumple	3,152	No cumple	0,26	0,87	4,335	Cumple

Tabla 20. Dimensiones losa geometría optimizada

Diseño	CBR	Esesor SBG	$k_{MEJORADA}$	$k_{EFECTIVO}$	Clase concreto	f'c	MR	Epcc	μ_{PCC}	Ancho vía	Ancho Berma-cuneta	Ancho Losa (A)	Ancho Geometría Optimizada	Esesor mínimo Ley Fatiga ($h_{obtenido}$)	Lmax (≤ 6 m)		Radio Rigidez Relativa (I)	Longitud losa (L_{max})	Relación Esbeltez (≤ 1.25)	Lmax (≤ 5 l)		
	[%]	[m]	[PCI]			[PSI]	[MPa]	[PSI]		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	1.25 · A	25 · h	[m]	[m]	L_{max}/A	[m]	[m]
D-1	3,5	0,15	143	22	BC - 5	5.000	4,4	4,00E+06	0,15	3,90	1,20	2,70	1,35	0,18	1,6875	4,50	0,77	1,688	1,25	Cumple	3,855	Cumple
D-2	5,0		177	26										4,25		0,70	1,688	1,25	Cumple	3,501	Cumple	
D-3	10		243	29										4,00		0,62	1,688	1,25	Cumple	3,091	Cumple	
D-4	3,5	0,15	143	22	BC - 5	5.000	4,4	4,00E+06	0,15	4,50	1,20	3,30	1,65	0,18	2,0625	4,50	0,77	2,063	1,25	Cumple	3,855	Cumple
D-5	5,0		177	26										4,25		0,70	2,063	1,25	Cumple	3,501	Cumple	
D-6	10		243	29										4,00		0,62	2,063	1,25	Cumple	3,091	Cumple	
D-7	3,5	0,15	143	22	BC - 5	5.000	4,4	4,00E+06	0,15	5,00	1,20	3,80	1,90	0,18	2,375	4,50	0,77	2,375	1,25	Cumple	3,855	Cumple
D-8	5,0		177	26										4,25		0,70	2,375	1,25	Cumple	3,501	Cumple	
D-9	10		243	29										4,00		0,62	2,375	1,25	Cumple	3,091	Cumple	

5.2.6. Verificación Estructural

5.2.6.1. Valores de deformación admisibles (DEPAV)

Partiendo que los métodos racionales analíticos tienen en cuenta el estado de esfuerzos y deformaciones de las capas que conforman la estructura de suelo que influyen en su comportamiento, nos apoyaremos en el software DEPAV desarrollado por la Universidad del Cauca para la obtención de los valores de esfuerzo a tracción en la fibra inferior de la losa de concreto hidráulico y deformación vertical por ahuellamiento en la subrasante, las cuales se comparan con los valores admisibles de acuerdo con las leyes de fatiga de cada material.

- Ley de fatiga materiales hidráulicos

$$\sigma_{t(adm)} = \sigma_6 \left(\frac{NE}{10^6} \right)^b k_c \times k_d \times k_r \times k_s \quad (6)$$

- Ley de fatiga subrasante (T1 – T2)

$$\varepsilon_{z(adm)} = 0.016(NE)^{-0.222} \quad (7)$$

Donde; NE =Número de ejes equivalentes de 13 Ton; σ_6 = Amplitud de la deformación para que el material falle a 10^6 ciclos de carga; b = pendiente de la ley de fatiga; k_c = parámetro de ajuste condición *in situ*; k_d = factor de ajuste para losas con pasadores; k_r = factor de seguridad del diseño y k_s = factor que depende de la rigidez de la capa de plataforma.

Tabla 21. Características materiales hidráulicos a fatiga (Reyes Lizcano, 2003)

Clase de concreto	E	Relación de Poisson	Concreto asociado	Esfuerzo al millón de repeticiones σ_6	Pendiente ley de fatiga	SN	Coefficiente de dispersión del espesor	Coefficiente de ajuste k_c
	[MPa]	μ	[f'c]	[MPa]	-1/b		Sh	
BC-5	35.000	0.25	5.000	2,15	16	1	1	1,5
BC-4	24.000	0.25	4.000	1,95	15	1	1	1,5
BC-3	24.000	0.25	3.500	1,63	15	1	1	1,5
BC-2	24.000	0.25	3.000	1,37	14	1	1	1,5

Tabla 22. Carga en la superficie del pavimento

PARÁMETROS DE DISEÑO		VALOR
Carga Eje Simple	[P] (Ton)	13,26
Radio de Carga (m)	[a] (m)	0,105
Separación entre ejes de llantas (m)	[s] (m)	0,375
Presión de Contacto (MPa)	[q] (MPa)	0,662

Tabla 23. Valores de servicio y admisible por leyes de fatiga de los materiales método PCA

Modelación	Módulo de rotura (MR)	Espesor mínimo Ley Fatiga ($h_{obtenido}$)	Esfuerzo a la tracción concreto			Deformación subrasante		
			σ_t		Condición	ϵ_z		Condición
	Valor servicio	Valor admisible	Valor servicio	Valor admisible				
	(Mpa)	[m]	(Mpa)		(Microdeformaciones)			
M-1	3,6	0,23	1,510	1,605	CUMPLE	0,0002350	0,00202	CUMPLE
M-2		0,22	1,540	1,605	CUMPLE	0,0002280	0,00202	CUMPLE
M-3		0,20	1,630	1,751	CUMPLE	0,0002120	0,00202	CUMPLE
M-4	3,8	0,21	1,740	1,869	CUMPLE	0,0002640	0,00202	CUMPLE
M-5		0,20	1,800	1,869	CUMPLE	0,0002580	0,00202	CUMPLE
M-6		0,18	1,930	2,039	CUMPLE	0,0002420	0,00202	CUMPLE
M-7	4,1	0,18	2,230	2,236	CUMPLE	0,0003300	0,00202	CUMPLE
M-8		0,18	2,140	2,236	CUMPLE	0,0002950	0,00202	CUMPLE
M-9		0,17	2,130	2,440	CUMPLE	0,0002540	0,00202	CUMPLE

Tabla 24. Valores de servicio y admisible por leyes de fatiga de los materiales losas geometría optimizada

Modelación	Módulo de rotura (MR)	Espesor mínimo Ley Fatiga ($h_{obtenido}$)	Esfuerzo a la tracción concreto			Deformación subrasante		
			σ_t		Condición	ϵ_z		Condición
	Valor servicio	Valor admisible	Valor servicio	Valor admisible				
	(Mpa)	[m]	(Mpa)		(Microdeformaciones)			
M-1	4,4	0,18	2,280	2,420	CUMPLE	0,0003080	0,00202	CUMPLE
M-2		0,17	2,380	2,420	CUMPLE	0,0003050	0,00202	CUMPLE
M-3		0,16	2,380	2,640	CUMPLE	0,0002630	0,00202	CUMPLE

5.2.7. Diseño método de la PCA

El método de la PCA en su metodología tiene en cuenta el grado de transferencia de carga de la losa de concreto, así como el efecto que las bermas o bermas-cunetas producen sobre el pavimento cuando éstas están ligadas. Asimismo, tiene en cuenta las condiciones de la capa de plataforma y el aporte de los materiales de mejoramiento sobre la capa superficial, además de emplear los criterios de fatiga con el fin de que los esfuerzos inducidos por las cargas cíclicas del tránsito no excedan los límites de seguridad y poder controlar la fatiga por agrietamiento, al igual que tiene en cuenta los criterios de erosión que limitan las deflexiones tanto en los bordes de las losas como en sus juntas y esquinas, para el control de la erosión en los materiales de fundación y de los materiales de las bermas. En los anexos se presenta los resultados obtenidos del software.

Tabla 25. Dimensiones losa de concreto

Diseño	Espesor ajustado	Espesor mínimo Ley Fatiga ($h_{obtenido}$)	Espesor PCA (h)	Consumo Fatiga	Consumo Erosión
	[m]	[m]	[m]	[%]	[%]
D-1	0,18	0,23	0,26	66,77	0,06
D-2	0,18	0,22	0,25	91,16	0,07
D-3	0,20	0,20	0,25	33,32	0,06
D-4	0,18	0,21	0,25	36,82	0,08
D-5	0,18	0,20	0,24	55,16	0,10
D-6	0,20	0,18	0,23	61,50	0,13
D-7	0,17	0,18	0,23	79,29	0,17
D-8	0,17	0,18	0,23	37,76	0,15
D-9	0,19	0,17	0,22	43,82	0,19
D-10	0,22	0,23	0,26	66,77	0,06
D-11	0,23	0,22	0,25	91,16	0,07
D-12	0,26	0,20	0,26	33,32	0,06
D-13	0,21	0,21	0,25	36,82	0,08
D-14	0,23	0,20	0,24	55,16	0,10
D-14	0,25	0,18	0,25	61,50	0,13
D-16	0,21	0,18	0,23	79,29	0,17
D-17	0,22	0,18	0,23	37,76	0,15
D-18	0,25	0,17	0,25	43,82	0,19
D-19	0,25	0,23	0,26	66,77	0,06
D-20	0,26	0,22	0,26	91,16	0,07
D-21	0,29	0,20	0,29	33,32	0,06
D-22	0,24	0,21	0,25	36,82	0,08
D-23	0,26	0,20	0,26	55,16	0,10
D-24	0,29	0,18	0,29	61,50	0,13
D-25	0,22	0,18	0,23	79,29	0,17
D-26	0,23	0,18	0,23	37,76	0,15
D-27	0,26	0,17	0,26	43,82	0,19

De los anteriores resultados podemos establecer que los espesores diseñados por el método de la PCA se encuentran por encima de los espesores obtenidos por las leyes de fatiga de los materiales y criterios de modulación de losas, por lo que se considera que el diseño cumple con todos los valores admisibles y son estructuras que tendrán un adecuado comportamiento tanto funcional como estructural para el periodo de diseño y el nivel de tránsito de 0.5×10^6 Ejes equivalentes de 8.2 toneladas.

5.2.8. Diseño losas de geometría optimizada

Las losas de geometría optimizada que son conocidas comercialmente como TCP® parte del principio de modulación de losas cortas para que éstas sean cargadas solamente por un juego de ruedas logrando disminuir las tensiones generadas por las sollicitaciones del tránsito y por ende en una disminución importante de su espesor. Al poseer un menor espesor las losas de pavimento, es importante anotar que los valores de esfuerzo de tracción por fatiga en la fibra inferior deberán ser controlados por materiales hidráulicos con mejores propiedades mecánicas que soporten N ciclos de repeticiones antes de llegar a la falla. Para el diseño de las losas optimizadas se empleará un concreto de clase BC-5.

5.2.8.1. Esfuerzos térmicos los de concreto (alabeo), σ_a

$$\sigma_x = \frac{E\alpha_t\Delta t}{2(1-\mu^2)}(C_x + \mu C_y) \quad (8)$$

$$\sigma_y = \frac{E\alpha_t\Delta t}{2(1-\mu^2)}(C_y + \mu C_x) \quad (9)$$

Tabla 26. Esfuerzos térmicos losa de concreto (alabeo)

Parámetros			D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	D-8	D-9
Longitud en X (Largo)	Lx	m	1,6875	1,6875	1,6875	2,0625	2,0625	2,0625	2,375	2,375	2,375
Longitud en Y (Ancho)	Ly	m	1,35	1,35	1,35	1,65	1,65	1,65	1,90	1,90	1,90
Espesor de la losa	h	m	0,18	0,17	0,16	0,18	0,17	0,16	0,18	0,17	0,16
Coefficiente de expansión térmica del concreto	αt	°C ⁻¹	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06
Temperatura Media Mínima	T _{min}	°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temperatura Media Máxima	T _{máx}	°C	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Variación de la temperatura	Δt	°F	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Módulo de reacción de la subrasante	K	pci	143	177	243	143	177	243	143	177	243
Longitud en X (Largo)	Lx	in	66,44	66,44	66,44	81,20	81,20	81,20	93,50	93,50	93,50
Longitud en Y (Ancho)	Ly	in	53,15	53,15	53,15	64,96	64,96	64,96	74,80	74,80	74,80
Espesor de la losa	h	in	7,09	6,69	6,30	7,09	6,69	6,30	7,09	6,69	6,30
Módulo de Rotura	MR	Mpa	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Modulo de elasticidad del concreto	E	PSI	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06
Relación de Poisson	μ		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Radio de rigidez relativo de la losa	l	in	30,35	27,57	24,34	30,35	27,57	24,34	30,35	27,57	24,34
	Lx/l		2,19	2,41	2,73	2,68	2,95	3,34	3,08	3,39	3,84
	Ly/l		1,75	1,93	2,18	2,14	2,36	2,67	2,46	2,71	3,07
	Cx		0,10	0,15	0,18	0,16	0,20	0,25	0,23	0,25	0,43
	Cy		0,05	0,075	0,10	0,0875	0,10	0,175	0,15	0,18	0,21
α Interior (Alabeo)	Mpa		0,27	0,41	0,48	0,44	0,55	0,70	0,63	0,70	1,16
Consumo alabeo interior	%		6	9	11	10	12	16	14	16	26
α Borde (Alabeo)	PSI		0,25	0,37	0,43	0,40	0,50	0,62	0,56	0,62	1,05
Consumo alabeo borde	%		6	8	10	9	11	14	13	14	24

5.2.8.2. Esfuerzos de tensión en la esquina losa de concreto, σ_c

- Westergaard

$$\sigma_c = \frac{3P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{a\sqrt{2}}{l} \right)^{0.6} \right] \quad (10)$$

- Loannides y otros, 1995

$$\sigma_c = \frac{3P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{c}{l} \right)^{0.72} \right] \quad (11)$$

Donde, σ_c = Esfuerzo de tensión en la esquina de la losa, lb/in². h = Espesor de la losa, in. P = Carga aplicada, lb. l = Radio de rigidez relativa, in. a = Radio del área de carga, in. c = Longitud lado de un área de contacto cuadrada (1.772a), in.

Tabla 27. Esfuerzos de tensión en la esquina.

DISEÑO			D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	D-8	D-9
Carga aplicada rueda circular	P	Lb	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500
Radio de la carga	a	in	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25
Módulo de elasticidad	E	PSI	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06
Relación de Poisson	μ		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Espesor de la losa	h	in	7,09	6,69	6,30	7,09	6,69	6,30	7,09	6,69	6,30
Módulo de reacción	K	pci	143	177	243	143	177	243	143	177	243
Radio de rigidez relativa	l	in	30,35	27,57	24,34	30,35	27,57	24,34	30,35	27,57	24,34
Longitud lado de un área de contacto cuadrada	C		7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53	7,53
Esfuerzo de tensión esquina (Westergaard)	σc	Mpa	1,15	1,24	1,33	1,15	1,24	1,33	1,15	1,24	1,33
Esfuerzo de tensión esquina (Loannides y otros)	σc		1,17	1,26	1,34	1,17	1,26	1,34	1,17	1,26	1,34
Deflexión en esquina (Westergaard)	Δc	mm	0,8031	0,7716	0,7009	0,8031	0,7716	0,7009	0,8031	0,7716	0,7009
Deflexión en esquina (Loannides y otros)	Δc		0,8969	0,8636	0,7874	0,8969	0,8636	0,7874	0,8969	0,8636	0,7874

5.2.8.3. Esfuerzos de tensión interior losa de concreto, σ_i

$$\sigma_i = \frac{0.316P}{h^2} \left[4 \log \left(\frac{l}{b} \right) + 1.069 \right] \quad (12)$$

Tabla 28. Esfuerzos de tensión al interior losas.

DISEÑOS			D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	D-8	D-9
Carga aplicada rueda circular	P	Lb	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500
Radio de la carga	a	in	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25
Espesor de la losa	h	in	7,09	6,69	6,30	7,09	6,69	6,30	7,09	6,69	6,30
Módulo de reacción subrasante	K	pci	143	177	243	143	177	243	143	177	243
Módulo de elasticidad concreto	E	psi	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06
Relación de Poisson	μ		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Radio de rigidez relativa	l	in	30,35	27,57	24,34	30,35	27,57	24,34	30,35	27,57	24,34
	b	in	4,11	4,07	4,03	4,11	4,07	4,03	4,11	4,07	4,03
Esfuerzo de tensión interior losa	σi	MPa	0,887	0,961	1,036	0,887	0,961	1,036	0,887	0,961	1,036
Deflexión interior losa	Δi	mm	0,1073	0,1049	0,0978	0,1073	0,1049	0,0978	0,1073	0,1049	0,0978

5.2.8.4. Esfuerzos de tensión borde losa de concreto, σ_e

$$\sigma_{e(\text{círculo})} = \frac{0.803P}{h^2} \left[4 \log \left(\frac{l}{a} \right) + 0.666 \left(\frac{a}{l} \right) - 0.034 \right] \quad (13)$$

$$\sigma_{e(\text{semicírculo})} = \frac{0.803P}{h^2} \left[4 \log \left(\frac{l}{a} \right) + 0.282 \left(\frac{a}{l} \right) + 0.650 \right] \quad (14)$$

Tabla 29. Esfuerzos de tensión al borde de losas.

DISEÑOS			D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	D-8	D-9
Carga aplicada rueda circular	P	Lb	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500
Radio de la carga	a	in	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25
Espesor de la losa	h	in	7,09	6,69	6,30	7,09	6,69	6,30	7,09	6,69	6,30
Módulo de reacción subrasante	K	pci	143	177	243	143	177	243	143	177	243
Módulo de elasticidad concreto	E	PSI	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06	4,00E+06
Relación de Poisson	μ		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Radio de rigidez relativa	l	in	30,35	27,57	24,34	30,35	27,57	24,34	30,35	27,57	24,34
Esfuerzo de tensión borde losa	σe circular	Mpa	1,72	1,84	1,95	1,72	1,84	1,95	1,72	1,84	1,95
	σe semicircular		2,04	2,19	2,34	2,04	2,19	2,34	2,04	2,19	2,34
Deflexión borde losa	Δe circular	mm	0,3310	0,3199	0,2933	0,3310	0,3199	0,2933	0,3310	0,3199	0,2933
	Δe semicircular		0,3557	0,3465	0,3214	0,3557	0,3465	0,3214	0,3557	0,3465	0,3214

Tabla 30. Esfuerzos de tensión según localización en losa

DISEÑO	Módulo de rotura (MR)	Esfuerzos de tensión en losa de concreto													
		Esfuerzo alabeo				Esfuerzo en esquina por carga externa				Esfuerzo interior por carga externa		Esfuerzo borde por carga externa			
		Interior	Consumo	Borde	Consumo	Westergaard	Consumo	Loannides y otros	Consumo	(Mpa)	Consumo	Círculo	Consumo	Semicírculo	Consumo
		(Mpa)	(%)	(Mpa)	(%)	(Mpa)	(%)	(Mpa)	(%)	(Mpa)	(%)	(Mpa)	(%)	(Mpa)	(%)
D-1	4,4	0,27	6	0,25	6	1,15	26	1,17	27	0,89	20	1,72	39	2,04	46
D-2	4,4	0,41	9	0,37	8	1,24	28	1,26	29	0,96	22	1,84	42	2,19	50
D-3	4,4	0,48	11	0,43	10	1,33	30	1,34	30	1,04	24	1,95	44	2,34	53
D-4	4,4	0,44	10	0,40	9	1,15	26	1,17	27	0,89	20	1,72	39	2,04	46
D-5	4,4	0,55	12	0,50	11	1,24	28	1,26	29	0,96	22	1,84	42	2,19	50
D-6	4,4	0,70	16	0,62	14	1,33	30	1,34	30	1,04	24	1,95	44	2,34	53
D-7	4,4	0,63	14	0,56	13	1,15	26	1,17	27	0,89	20	1,72	39	2,04	46
D-8	4,4	0,70	16	0,62	14	1,24	28	1,26	29	0,96	22	1,84	42	2,19	50
D-9	4,4	1,16	26	1,05	24	1,33	30	1,34	30	1,04	24	1,95	44	2,34	53

De los anteriores resultados podemos decir que los esfuerzos actuantes de tensión en la losa de concreto no presentan consumos superiores al 55 % con respecto al esfuerzo a la flexo tracción del concreto, por lo que el pavimento rígido tendrá la capacidad de soportar las solicitaciones establecidas para los presentes diseños.

Se hace la anotación que los esfuerzos de tensión máximos se presentan en los bordes de la losa de concreto dado la magnitud de los esfuerzos actuantes, por lo que se debe controlar que en ningún momento de la vida útil del pavimento rígido los esfuerzos actuantes superen los admisibles o tal efecto dará presencia de fisuras.

5.2.8.5. Deflexiones en la esquina de la losa de concreto, Δ_c

- Westergaard

$$\Delta_c = \frac{P}{kl^2} \left[1.1 - 0.88 \left(\frac{a\sqrt{2}}{l} \right) \right] \quad (15)$$

- Loannides y otros, 1995

$$\Delta_c = \frac{P}{kl^2} \left[1.205 - 0.69 \left(\frac{c}{l} \right) \right] \quad (16)$$

Tabla 31. Deflexiones esquina de losas de concreto.

DISEÑO	Módulo de rotura (MR)	Deflexiones en losa de concreto	
		Deflexión en esquina por carga externa	
	(Mpa)	Westergaard	Loannides y otros
		(mm)	
D-1	4,4	0,803	0,897
D-2		0,772	0,864
D-3		0,701	0,787
D-4		0,803	0,897
D-5		0,772	0,864
D-6		0,701	0,787
D-7		0,803	0,897
D-8		0,772	0,864
D-9		0,701	0,787

5.2.8.6. Deflexiones interior losas de concreto, Δ_i

$$\Delta_i = \frac{P}{8kl^2} \left\{ 1 + \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{a}{2l} \right) - 0.673 \right] \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right\} \quad (17)$$

Tabla 32. Deflexiones interiores de losas de concreto.

Diseño	Módulo de rotura	Deflexión interior losa
	(MR)	
	(Mpa)	(mm)
D-1	4,4	0,11
D-2		0,10
D-3		0,10
D-4		0,11
D-5		0,10
D-6		0,10
D-7		0,11
D-8		0,10
D-9		0,10

5.2.8.7. Deflexiones borde losas de concreto, Δ_e

$$\Delta_{e(circulo)} = \frac{0.431P}{kl^2} \left[1 - 0.82 \left(\frac{a}{l} \right) \right] \quad (18)$$

$$\Delta_{e(semicirculo)} = \frac{0.431P}{kl^2} \left[1 - 0.349 \left(\frac{a}{l} \right) \right] \quad (19)$$

Tabla 33. *Deflexiones interior de losas de concreto.*

Diseño	Módulo de rotura	Deflexión borde losa	
	(MR)	Δe circular	Δe semicircular
	(Mpa)	(mm)	(mm)
D-1	4,4	0,33	0,36
D-2	4,4	0,32	0,35
D-3	4,4	0,29	0,32
D-4	4,4	0,33	0,36
D-5	4,4	0,32	0,35
D-6	4,4	0,29	0,32
D-7	4,4	0,33	0,36
D-8	4,4	0,32	0,35
D-9	4,4	0,29	0,32

Tabla 34. *Deflexiones losas de concreto según posición de carga en la losa.*

DISEÑO	Módulo de rotura	Deflexiones en losa de concreto				
		Deflexión en esquina por carga externa		Deflexión interior por carga	Esfuerzo borde por carga externa	
	(MR)	Westergaard	Loannides y otros		Círculo	Semicírculo
	(Mpa)	(mm)		(mm)		
D-1	4,4	0,803	0,897	0,107	0,331	0,356
D-2		0,772	0,864	0,105	0,320	0,346
D-3		0,701	0,787	0,098	0,293	0,321
D-4		0,803	0,897	0,107	0,331	0,356
D-5		0,772	0,864	0,105	0,320	0,346
D-6		0,701	0,787	0,098	0,293	0,321
D-7		0,803	0,897	0,107	0,331	0,356
D-8		0,772	0,864	0,105	0,320	0,346
D-9		0,701	0,787	0,098	0,293	0,321

De los anteriores resultados se puede establecer que las deflexiones críticas en la losa de concreto se presentan en las esquinas siendo necesario restringir el acceso a camiones tipo C3 ya que camiones de mayor tamaño causan daños excesivos a profundidad, de igual manera, se deben realizar constantemente ensayos de laboratorio de módulo de rotura de viga prismática para la verificación de la deflexión máxima permitida para el concreto empleado en obra, donde se deberá garantizar un Módulo de Rotura (MR) de mínimo 45 kg/cm².

5.2.8.8. Verificación esfuerzos y deflexiones losas cortas (EverFe 2.26)

Con el fin de verificar los resultados obtenidos de los métodos antes desarrollados, a continuación, presentamos la modelación de los esfuerzos críticos en el borde de la losa y en la junta y las deflexiones críticas en las esquinas producidas en las losas de geometría optimizada mediante software libre EverFe 2.26, el cual analiza pavimentos rígidos por medio de los métodos numéricos de elementos finitos.

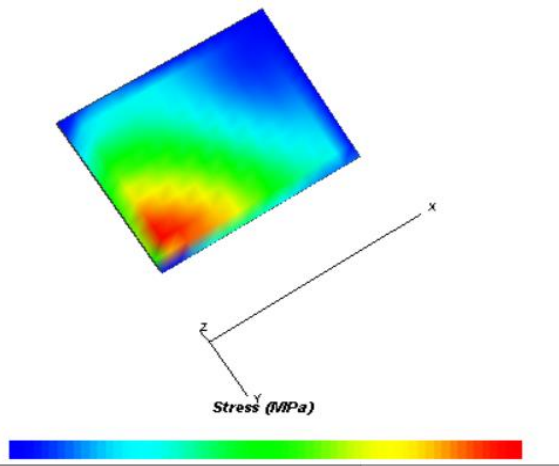


Figura 4. Mapa de colores esfuerzos generados a las losas de concreto (EverFe 2.26).

Tabla 35. Carga por eje simple

Eje simple	80	kN
Carga por rueda	20	kN
Presión	80	PSI
Ac	56,25	in ²
L	10,4	in
Ancho (0.6L)	6,22	in
Longitud (0.8712 L)	9,04	in

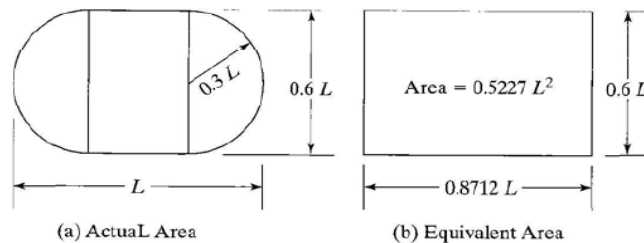


Figura 5. Equivalencia área circular rueda y área cuadrada para EverFe 2.26

Para la modelación se tuvo en cuenta una fundación líquida entre la interface de la losa de concreto – superficie de apoyo la cual depende de la forma proporcional de la deflexión vertical de la losa w y el módulo de reacción de la subrasante k , con el fin de tener en cuenta los diferentes tipos de subrasante trabajados en el presente proyecto, obteniéndose valores menores en comparación con los métodos teóricos y se evidencia que el esfuerzo obtenido es directamente proporcional a la sollicitación de carga aplicada, siendo congruente que el esfuerzos crítico se presenta en el borde la losa y las deflexiones máximas en las esquinas por cargas externas.

5.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados se realiza bajo la consideración de que todas las estructuras se construyen sobre una entre tangencia y por lo tanto la sección transversal es constante. Sin embargo, en terrenos escarpados y montañosos, la topografía obliga a utilizar curvas circulares de radios pequeños y sobreechamientos, los cuales, de acuerdo con el diseño geométrico incrementarán el volumen de materiales. Para placa huella, existen curvas en las cuales casi toda la sección transversal está ocupada por el concreto hidráulico de la huella. Lo anterior, sumado a la poca distancia de entretangencia, obliga muchas veces a que toda la sección tenga un ancho de huella mucho mayor que el que ustedes asumen, generando un mayor volumen de concreto hidráulico y por lo tanto más costos.

Una vez realizado el diseño de los pavimentos rígidos, a continuación, se presenta la comparación de los espesores obtenidos de cada metodología de diseño, tanto la propuesta por la guía de placa huellas que se basa en el método de esfuerzo último, el método de la PCA basado en consumos de fatiga y erosión y el de losas cortas que se sustenta en la optimización de las dimensiones del pavimento con el fin de disminuir los esfuerzos transmitidos por las cargas externas.

Tabla 36. Cuadro comparativo espesores por método de diseño

Diseño	CBR	Espesor SBG	f'c	Espesor Concreto Placa Huella	Espesor Concreto PCA	f'c	Espesor Concreto Losas Cortas
	[%]	[m]	[PSI]	[m]	[m]	[PSI]	[m]
D-1	3,5	0,15	3.000	0,15	0,26	5.000	0,18
D-2	5,0				0,25		0,17
D-3	10				0,25		0,16
D-4	3,5	0,25	0,18				
D-5	5,0	0,24	0,17				
D-6	10	0,23	0,16				
D-7	3,5	0,23	0,18				
D-8	5,0	0,23	0,17				
D-9	10	0,22	0,16				
D-10	3,5	0,15	3.000		0,26		5.000
D-11	5,0			0,25	0,17		
D-12	10			0,26	0,16		
D-13	3,5		0,25	0,18			
D-14	5,0		0,24	0,17			
D-14	10		0,25	0,16			
D-16	3,5		0,23	0,18			
D-17	5,0		0,23	0,17			
D-18	10		0,25	0,16			
D-19	3,5		0,15	3.000	0,26	5.000	
D-20	5,0	0,26			0,17		
D-21	10	0,29			0,16		
D-22	3,5	0,25		0,18			
D-23	5,0	0,26		0,17			
D-24	10	0,29		0,16			
D-25	3,5	0,23		0,18			
D-26	5,0	0,23		0,17			
D-27	10	0,26		0,16			

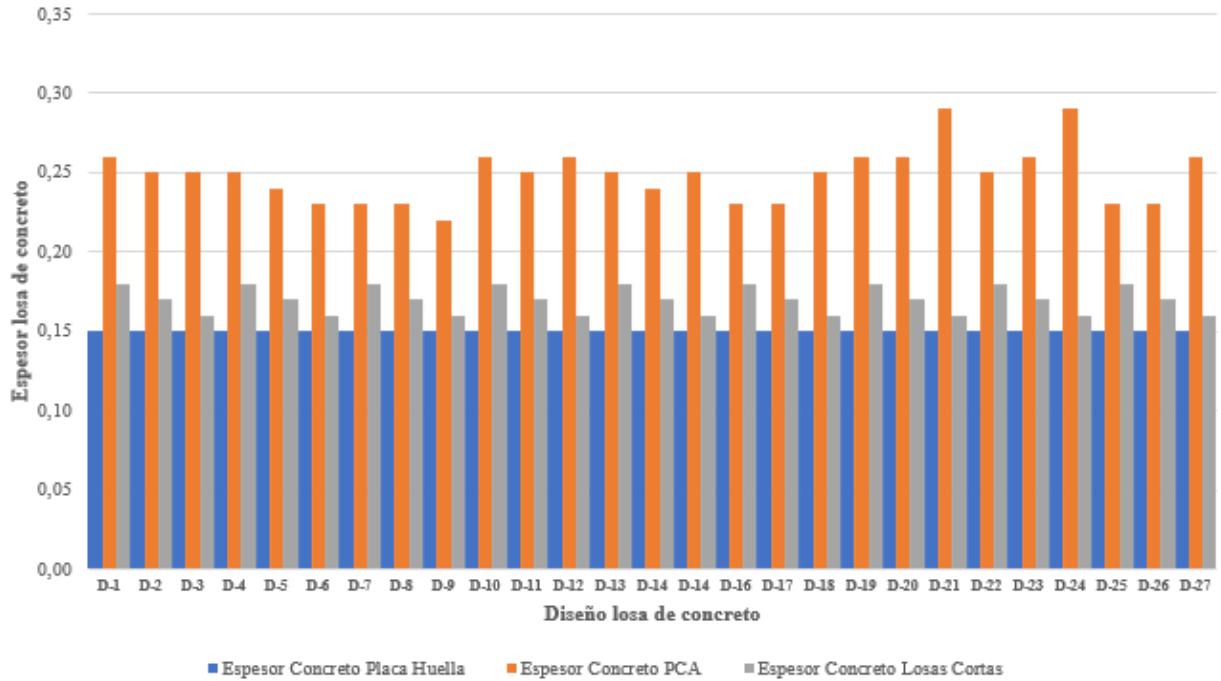


Figura 6. Cuadro comparativo espesores según metodología de diseño.

De los resultados antes obtenidos se aprecia qué el método de esfuerzo último de la placa huella arroja menores espesores en los cuales el método de losas de geometría optimizada presenta valores muy cercanos cuando se trabajan con materiales hidráulicos con mejores propiedades mecánicas. El método de la PCA presenta mayores espesores afectado tanto por los módulos de rigidez bajos de los materiales empleados como de los módulos de reacción de rigidez del suelo que son relacionados por el parámetro de radio relativo de rigidez que controla el esfuerzo de alabeo de la losa y el gradiente térmico que se genera entre la fibra superior de la losa y la interior ($L_{max} \leq 5l$)

En la **Tabla 37** se presenta los costos de construcción para 100 m de cada alternativa propuesta (placa huella, pavimento rígido y losa de geometría optimizada), los cuales tienen en cuenta los costos directos, administración (A), imprevistos (I) y utilidad (U) para un AIU del 30 %.

Tabla 37. Cuadro comparativo de precios por método de diseño.

DISEÑO	ANCHO VIA (m)	PSI lib/pulg2	MR (kg-cm2)	CBR (%)	PLACA HUELLA			METODO PCA			PSI (lib/pulg2)	MR (kg-cm2)	CBR (%)	LOSAS CORTAS		
					ESPESOR LOSA (m)	VALOR 100 MTS (\$)	VALOR METRO LINEAL (\$)	ESPESOR LOSA (m)	VALOR 100 MTS (\$)	VALOR METRO LINEAL (\$)				ESPESOR LOSA (m)	VALOR 100 MTS (\$)	VALOR METRO LINEAL (\$)
D-1	3,9	3.000	36	3,5	0,15	85.132.136	851.321	0,26	102.166.416	1.021.664	5.000	45	3,5	18	88.285.741	882.857
D-2	3,9			5	0,15	85.132.136	851.321	0,25	99.784.793	997.848			5	17	85.521.574	855.216
D-3	3,9			10	0,15	85.132.136	851.321	0,25	99.784.793	997.848			10	16	82.757.406	827.574
D-4	3,9	3.500	38	3,5	0,15	86.965.776	869.658	0,25	100.840.955	1.008.410			3,5	18	88.285.741	882.857
D-5	3,9			5	0,15	86.965.776	869.658	0,24	98.348.546	983.485			5	17	85.521.574	855.216
D-6	3,9			10	0,15	86.965.776	869.658	0,23	95.856.137	958.561			10	16	82.757.406	827.574
D-7	3,9	4.000	41	3,5	0,15	88.773.426	887.734	0,23	98.753.698	987.537			3,5	18	88.285.741	882.857
D-8	3,9			5	0,15	88.773.426	887.734	0,23	98.753.698	987.537			5	17	85.521.574	855.216
D-9	3,9			10	0,15	88.773.426	887.734	0,22	96.135.308	961.353			10	16	82.757.406	827.574
D-10	4,5	3.000	36	3,5	0,15	92.686.621	926.866	0,26	117.747.514	1.177.475	5.000	45	3,5	18	99.342.409	993.424
D-11	4,5			5	0,15	92.686.621	926.866	0,25	114.836.642	1.148.366			5	17	95.963.983	959.640
D-12	4,5			10	0,15	92.686.621	926.866	0,26	117.747.514	1.177.475			10	16	92.585.556	925.856
D-13	4,5	3.500	38	3,5	0,15	94.593.251	945.933	0,25	118.221.774	1.182.218			3,5	18	99.342.409	993.424
D-14	4,5			5	0,15	94.593.251	945.933	0,24	115.175.496	1.151.755			5	17	95.963.983	959.640
D-15	4,5			10	0,15	94.593.251	945.933	0,25	118.221.774	1.182.218			10	16	92.585.556	925.856
D-16	4,5	4.000	41	3,5	0,15	96.472.856	964.729	0,23	115.670.682	1.156.707			3,5	18	99.342.409	993.424
D-17	4,5			5	0,15	96.472.856	964.729	0,23	115.670.682	1.156.707			5	17	95.963.983	959.640
D-18	4,5			10	0,15	96.472.856	964.729	0,25	122.071.191	1.220.712			10	16	92.585.556	925.856
D-19	5,0	3.000	36	3,5	0,15	97.447.433	974.474	0,26	130.729.470	1.307.295	5.000	45	3,5	18	108.556.300	1.085.563
D-20	5,0			5	0,15	97.447.433	974.474	0,26	130.729.470	1.307.295			5	17	104.665.990	1.046.660
D-21	5,0			10	0,15	97.447.433	974.474	0,29	140.785.211	1.407.852			10	16	100.775.681	1.007.757
D-22	5,0	3.500	38	3,5	0,15	99.414.591	994.146	0,25	131.275.587	1.312.756			3,5	18	108.556.300	1.085.563
D-23	5,0			5	0,15	99.414.591	994.146	0,26	134.783.422	1.347.834			5	17	104.665.990	1.046.660
D-24	5,0			10	0,15	99.414.591	994.146	0,29	145.306.926	1.453.069			10	16	100.775.681	1.007.757
D-25	5,0	4.000	41	3,5	0,15	101.353.866	1.013.539	0,23	128.558.415	1.285.584			3,5	18	108.556.300	1.085.563
D-26	5,0			5	0,15	101.353.866	1.013.539	0,23	128.558.415	1.285.584			5	17	104.665.990	1.046.660
D-27	5,0			10	0,15	101.353.866	1.013.539	0,26	139.613.838	1.396.138			10	16	100.775.681	1.007.757

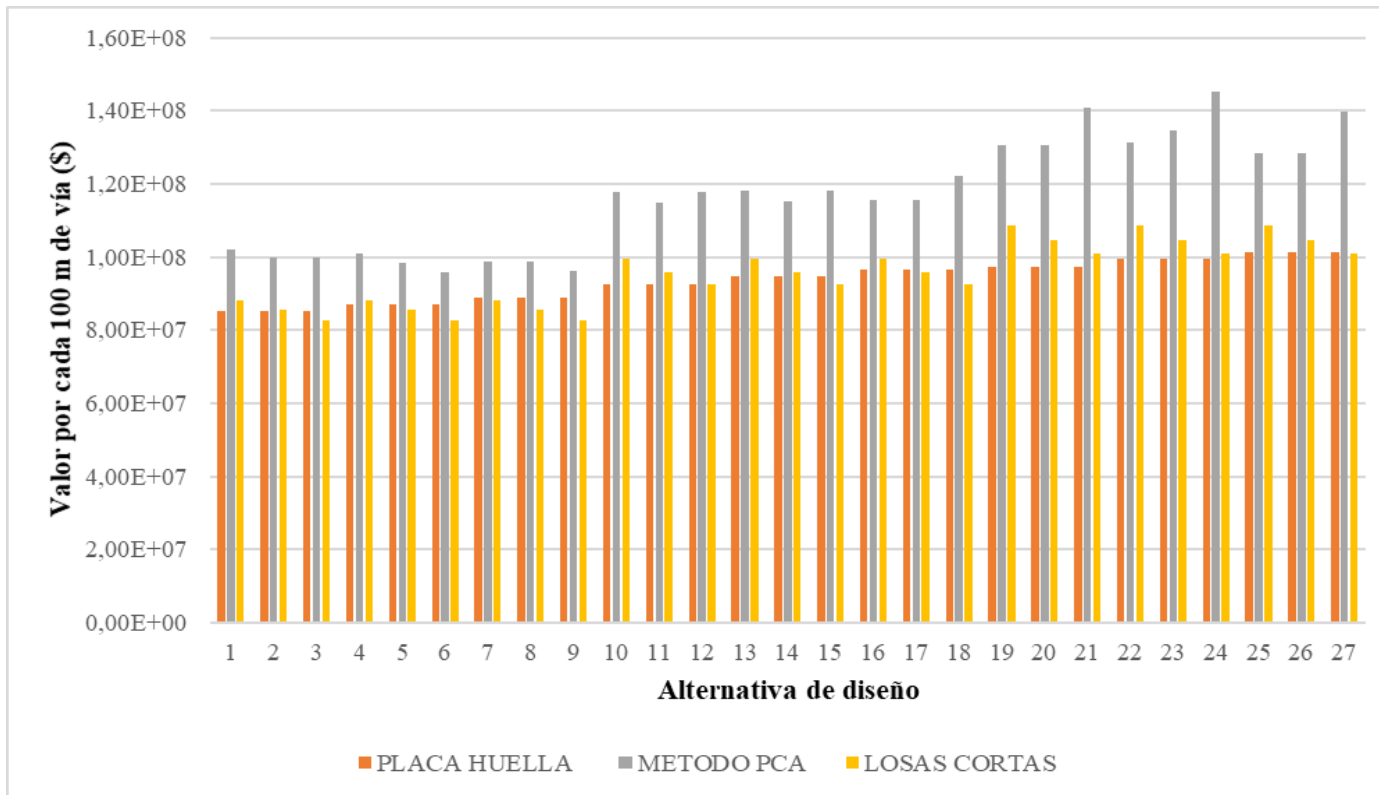


Figura 7. Cuadro comparativo costos según metodología de diseño.

En cuanto el análisis económico estos menores valores en los espesores claramente se ven reflejados en diferencias en los valores por metro lineal ya que están siendo comparados con la misma base de costos que corresponde a precios del Instituto de Infraestructura y Concesiones de Cundinamarca ICCU 2021, siendo el método de PCA el que arroja hasta un 25 % de mayor valor en comparación con la solución de menor valor que para nuestro caso es la placa huella. La comparación entre la solución de placa huellas con respecto al de losas de geometría optimizada arroja valores con una variación promedio de 2 % por lo que se hace necesario incorporar otras variables adicionales para la selección final de la solución de pavimento a implementar.

Tabla 38. Cuadro comparativo por porcentajes de valores por método de diseño.

ANCHO VIA (m)	PSI lib/pulg ²	MR (kg-cm ²)	CBR (%)	PLACA HUELLA		METODO PCA			PSI lib/pulg ²	MR (kg-cm ²)	LOSAS CORTAS				
				VALOR 100 MTS (\$)	VALOR METRO LINEAL (\$)	VALOR ADICIONAL %	VALOR 100 MTS (\$)	VALOR METRO LINEAL (\$)			CBR (%)	VALOR 100 MTS (\$)	VALOR METRO LINEAL (\$)		
3,9	3000	36	3,5	\$ 85.132.136	\$ 851.321	17%	\$ 102.166.416	\$ 1.021.664	5000	45	4%	\$ 88.285.741	\$ 882.857		
3,9			5	\$ 85.132.136	\$ 851.321	17%	\$ 99.784.793	\$ 997.848			0%	\$ 85.521.574	\$ 855.216		
3,9			10	\$ 85.132.136	\$ 851.321	17%	\$ 99.784.793	\$ 997.848			-3%	\$ 82.757.406	\$ 827.574		
3,9	3500	38	3,5	\$ 86.965.776	\$ 869.658	14%	\$ 100.840.955	\$ 1.008.410			1%	\$ 88.285.741	\$ 882.857		
3,9			5	\$ 86.965.776	\$ 869.658	14%	\$ 98.348.546	\$ 983.485			-2%	\$ 85.521.574	\$ 855.216		
3,9			10	\$ 86.965.776	\$ 869.658	14%	\$ 95.856.137	\$ 958.561			-5%	\$ 82.757.406	\$ 827.574		
3,9	4000	41	3,5	\$ 88.773.426	\$ 887.734	10%	\$ 98.753.698	\$ 987.537			-1%	\$ 88.285.741	\$ 882.857		
3,9			5	\$ 88.773.426	\$ 887.734	10%	\$ 98.753.698	\$ 987.537			-4%	\$ 85.521.574	\$ 855.216		
3,9			10	\$ 88.773.426	\$ 887.734	10%	\$ 96.135.308	\$ 961.353			-7%	\$ 82.757.406	\$ 827.574		
4,5	3000	36	3,5	\$ 92.686.621	\$ 926.866	21%	\$ 117.747.514	\$ 1.177.475			5000	45	7%	\$ 99.342.409	\$ 993.424
4,5			5	\$ 92.686.621	\$ 926.866	21%	\$ 114.836.642	\$ 1.148.366					3%	\$ 95.963.983	\$ 959.640
4,5			10	\$ 92.686.621	\$ 926.866	21%	\$ 117.747.514	\$ 1.177.475					0%	\$ 92.585.556	\$ 925.856
4,5	3500	38	3,5	\$ 94.593.251	\$ 945.933	20%	\$ 118.221.774	\$ 1.182.218	5%	\$ 99.342.409			\$ 993.424		
4,5			5	\$ 94.593.251	\$ 945.933	20%	\$ 115.175.496	\$ 1.151.755	1%	\$ 95.963.983			\$ 959.640		
4,5			10	\$ 94.593.251	\$ 945.933	20%	\$ 118.221.774	\$ 1.182.218	-2%	\$ 92.585.556			\$ 925.856		
4,5	4000	41	3,5	\$ 96.472.856	\$ 964.729	17%	\$ 115.670.682	\$ 1.156.707	3%	\$ 99.342.409			\$ 993.424		
4,5			5	\$ 96.472.856	\$ 964.729	17%	\$ 115.670.682	\$ 1.156.707	-1%	\$ 95.963.983			\$ 959.640		
4,5			10	\$ 96.472.856	\$ 964.729	17%	\$ 122.071.191	\$ 1.220.712	-4%	\$ 92.585.556			\$ 925.856		
5	3000	36	3,5	\$ 97.447.433	\$ 974.474	25%	\$ 130.729.470	\$ 1.307.295	5000	45			10%	\$ 108.556.300	\$ 1.085.563
5			5	\$ 97.447.433	\$ 974.474	25%	\$ 130.729.470	\$ 1.307.295					7%	\$ 104.665.990	\$ 1.046.660
5			10	\$ 97.447.433	\$ 974.474	25%	\$ 140.785.211	\$ 1.407.852					3%	\$ 100.775.681	\$ 1.007.757
5	3500	38	3,5	\$ 99.414.591	\$ 994.146	24%	\$ 131.275.587	\$ 1.312.756			8%	\$ 108.556.300	\$ 1.085.563		
5			5	\$ 99.414.591	\$ 994.146	24%	\$ 134.783.422	\$ 1.347.834			5%	\$ 104.665.990	\$ 1.046.660		
5			10	\$ 99.414.591	\$ 994.146	24%	\$ 145.306.926	\$ 1.453.069			1%	\$ 100.775.681	\$ 1.007.757		
5	4000	41	3,5	\$ 101.353.866	\$ 1.013.539	21%	\$ 128.558.415	\$ 1.285.584			7%	\$ 108.556.300	\$ 1.085.563		
5			5	\$ 101.353.866	\$ 1.013.539	21%	\$ 128.558.415	\$ 1.285.584			3%	\$ 104.665.990	\$ 1.046.660		
5			10	\$ 101.353.866	\$ 1.013.539	21%	\$ 139.613.838	\$ 1.396.138			-1%	\$ 100.775.681	\$ 1.007.757		

5.4. CONCLUSIONES

- Los materiales hidráulicos deberán ser verificados con sus respectivas leyes de fatiga aplicando el procedimiento de ensayo definida por la normatividad vigente y las buenas prácticas de ingeniería, las cuales deberán ser las adecuadas para las necesidades de tránsito de vías terciarias y así evitar el deterioro prematuro atribuible a la fatiga de los materiales hidráulicos durante el periodo de diseño.
- Para el presente diseño se tuvo en cuenta el apoyo lateral que generan las bermas o bermas-cunetas por lo que es importante que durante el proceso constructivo esta actividad se realice de manera simultánea con la vía vehicular y de esta manera evitar tanto los fenómenos de erosión como aumento en los esfuerzos de borde de las losas de concreto por falta de confinamiento durante la obra.
- De los resultados obtenidos por los métodos PCA y de losa de geometría optimizada, podemos establecer que cumplen con las leyes de fatiga de los materiales, criterios de modulación de losas, esfuerzos críticos, deflexiones admisibles y consumos, por lo que se considera que los diseños cumplen con todos los valores admisibles y son estructuras que tendrán un adecuado comportamiento tanto funcional como estructural para el periodo de diseño y el nivel de tránsito de 0.5×10^6 Ejes equivalentes de 8.2 toneladas.
- Las losas de geometría optimizada que son conocidas comercialmente como TCP® parte del principio de modulación de losas cortas para que éstas sean cargadas solamente por un juego de ruedas, logrando disminuir las tensiones generadas por las sollicitaciones del tránsito y por ende en una disminución importante de su espesor. Al poseer un menor espesor las losas de pavimento, es importante anotar que los valores de esfuerzo de tracción por fatiga en la fibra inferior deberán ser controlados por materiales hidráulicos con mejores propiedades mecánicas que soporten N ciclos de repeticiones antes de llegar a la falla.

- Basados en los Coeficientes de Agresividad Media (CAM) obtenidos, es importante restringir sobre las vías terciarias camiones con mayores valores de carga que las de un camión C3 (22 toneladas para el eje trasero) ya que camiones con mayor carga causaran daños excesivos a profundidad, donde las leyes del comportamiento de los materiales se encuentran en función de la variable tránsito y cualquier incremento en ésta variable incurriría en un decrecimiento en los valores de esfuerzos y deformaciones admisibles de los materiales y por ende en un deterioro prematuro atribuible a la fatiga por ciclos de carga.
- Se puede evidenciar en términos económicos que la placa huella sale más económica que el diseño por método PCA, pero se debe tener en cuenta que la placa huella es diseñada para soportar vehículo C3, sin embargo, los métodos del PCA y losas de geometría optimizada tienen la capacidad de soportar vehículos comerciales de mayor capacidad generando una adecuada garantía en estabilidad del proyecto a largo plazo, teniendo en cuenta que en las vías terciarias no existe ningún control del paso de este tipo de vehículos y que es inevitable el paso de ellos.
- La placa huella está combinada con concreto ciclópeo en el centro y en el sobre ancho lo cual al realizar un sobrepaso vehicular estos pasaran sobre este material, generando unos esfuerzos que el concreto ciclópeo no tiene la capacidad estructural de soportar y que llevarán el material a la falla, afectando directamente la vida útil de la vía terciaria. Construir la vía en pavimento rígido evitará que estas fallas de tipo estructural en las áreas antes ocupadas por concreto ciclópeo no se presenten, y que solo se vea reflejado en una disminución de repeticiones por el aumento del coeficiente de agresividad media producida por camiones de mayor tamaño pero que no afectará su funcionalidad.
- Las vías terciarias de nuestro territorio son utilizadas para sacar los productos de nuestras veredas ya que allí es donde se concentra la producción ya sea agrícola, minera, etc entonces es inevitable el paso de vehículos C4 y que este tipo de solución no es capaz de soportar, y que solo el paso de uno de estos camiones en el periodo de diseño provocará su inmediato deterioro.

- Experiencias en la conservación de las placas huellas evidencian una vida útil de 2 a 3 años, aunque el periodo de diseño sea de 20 años, mientras que las soluciones de pavimento rígido al estar sus espesores amarrados a leyes de fatiga su capacidad de resistir esfuerzos de tracción mayores hace que sea una solución idónea para el tipo de tránsito de vehículos comerciales superiores al C3 que se puedan presentar en las vías terciarias producto de las actividades de la región.
- Al realizar el análisis entre la placa huella y el diseño de losas cortas con las variables establecidas, los espesores de las losas son similares a los del diseño PCA ya que están controladas por el radio de rigidez relativa, por lo que en términos económicos se comportarían exactamente igual, sin embargo, al aumentar los MR a 43 en el diseño de losas cortas, se disminuye considerablemente el espesor de las losas y por ende económicamente la placa huella y el diseño en losas cortas son muy parejos, con la ventaja de que las losas de geometría optimizada son capaces de resistir tránsito de mayor capacidad sin presentar deterioro, siendo afectado número de ejes equivalentes en el periodo de diseño por el aumento en el CAM.
- Económicamente el diseño de losas cortas con MR superiores a 43 es muy parecido a placa huella cuya variación se encuentra entre un -7% y 10% dependiendo del ancho de la vía, pero por vida útil y estabilidad se debería construir vías terciarias por el método de losas cortas.
- Si la solución de pavimento establecida por la entidad encargada para las vías terciarias corresponde a la placa huella, se recomienda que se debe tener certeza que jamás pasaran vehículos tipo C4 o superiores, de lo contrario se deberá pensar en resistencias superiores a la compresión de los concretos, mejores módulos de elasticidad, materiales gruesos de mejores propiedades mecánicas y modulaciones menores para las huellas donde pasan los vehículos con el fin de tener materiales asociados a mejores comportamientos a la fatiga.

- En caso que por las vías terciarias transiten vehículos tipos C4 se recomienda construir en pavimento rígido diseñadas por el método PCA o losas cortas.

BIBLIOGRAFÍA

Adams, C. A., Apraku, E., & Opoku-Boahen, R. (2015). Efecct of triaxial geogrid reinforcement on CBR streghth of natural gravel soil for road pavements. *5*(2), 45-51. *Journal Civ. Eng. Res.*

Akinleye, M., & Tijani, M. A. (October de 2017). Assessment of Quality of Asphalt Concrete used in Road Construction in South West Nigeria. *14*, 2. *Nigerian Journal of Technological Development.*

Alcaldía de Villavicencio. (2017). *Alcaldía de Villavicencio*. Recuperado el 2 de Mayo de 2017, de <http://www.villavicencio.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

Amaya, J. S. (1 de Diciembre de 2019). *La República*. Recuperado el 8 de Abril de 2021, de Colombia tiene un promedio de 94% de todas sus vías terciarias en mal estado: <https://www.larepublica.co/economia/colombia-tiene-un-promedio-de-94-de-todas-sus-vias-terciarias-en-mal-estado-2939581>

Benito, E., Paz, A., & Pini, R. (2010). *Sociedad Española de la Ciencia del Suelo*. Recuperado el 23 de Mayo de 2017, de <http://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/Suelo/Vol2/n1/documento%202.pdf>

Calvo Piedra, F. J. (Julio de 2006). Selección técnico económica de pavimentos para urbanizaciones con bajo volumen de tránsito. *Escuela de Ingeniería en Construcción*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Contreras Torres, L. F. (2015). *Repositorio Academico de la Universidad de Chile*. Recuperado el 22 de Mayo de 2017, de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132728/Caracterizacion-mineralogica->

del-proceso-metalurgico-y-su-impacto-en-la-produccion-de....pdf?sequence=1

Di Mascio, P., Moretti, L., & Capannolo, A. (2019). Concrete block pavements in urban and local roads: Analysis of stress-strain condition and proposal for a catalogue. (2095-7564/CN:61-1494/U), 557-566. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*.

Ferreira Cuellar, D. A., & Torres Lopez, K. M. (2014). *Repositorio Institucional Universidad Cooperativa*. Recuperado el 10 de 05 de 2017, de <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION.pdf>

García Aladín, M. F. (2002). Catálogo de Diseño de Pavimentos Rígidos de la PCA adaptado a las condiciones de tránsito Colombianas. Popayán, Colombia: Tesis de Maestría.

gmas+Soluciones Geocientificas. (2016). *gmas +*. Recuperado el 05 de 10 de 2017, de http://gmaslab.com/drx_xrd/

GMCE. (1998). *MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE*.

Hurtado Acuña, R. E. (Diciembre de 2016). Análisis comparativo entre pavimento flexible y rígido para uso en ruta cantonal de El Guarco. *Escuela de Ingeniería en Construcción*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Ibrahim Hamad, A. E.-T., Yousif Osman, F. M., Osman Mohamed, M. O., & Osman Ahmed, O. A. (October de 2015). Comparative Studies of Flexible and Rigid Pavement Design Methods. Sudan University of Science and Technology.

ICONTEC. (30 de Agosto de 2000). Tipología para vehículos de transporte de carga terrestre. *Norma NTC 4788*. Bogotá D. C.: Actualizada el 31-10-2012 como NTC 4788-1.

INCAR. (2016). *Intituto Nacional del Carbon*. Recuperado el 12 de 05 de 2017

Instituto Nacional de Vías. (2008). Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito. Colombia.

Instituto Nacional de Vias INVIAS. (Abril de 2007). Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito. Colombia.

Ivanov, N. (1973). Flexible road pavement structural design. Moscú: Transport Publishers.

Jaramillo, E. (2009). *Recuperado el 31 de Agosto de 2020, de Repositorio Institucional: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/16271/1/2019_construccion_pavimento_rigido..pdf*.

Krivenko, P., Kovalchuck, O., & Boiko, O. (2019). Practical experience of construction of concrete pavement using non-conditional aggregates. *708, 1*, 1-9. Materials Science and Engineering.

Leonhardt, F., & Monning, E. (1985). *Estructuras de hormigón armado*. Buenos Aires: El Ateneo.

Melgarejo, J. C., Proenza, J. A., Gali, S., & Llovet, X. (2010). Técnicas de caracterización mineral y su aplicación en exploración y explotación minera. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, VXII(1)*, 1-23. Recuperado el 17 de Mayo de 2017, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94315961002>

Nawagamuwa, U., & Prasad, D. (2017). Improving soils of low CBR with fly ash for road applications. Seoul: Proceedings of the 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.

Núñez, O. (2007). Composite Pavements: A Technical and Economic Analysis During the Pavement Type Selection Process. *Doctoral dissertation*. Virginia Polytechnic Institute and State University.

Ojeda Escamilla, M. d., Reyes Bahena, J. L., & Aragon Piñas, A. (30 de Octubre de 2010). *Metso*. Recuperado el 19 de Mayo de 2017, de [http://www.metso.com/miningandconstruction/mct_service.nsf/WebWID/WTB-120105-22576-05F95/\\$File/001.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/mct_service.nsf/WebWID/WTB-120105-22576-05F95/$File/001.pdf)

Orobio, A., & Orobio, J. C. (2016). Pavimentos con placa-huella de concreto simple: Análisis con elementos finitos 3D. *Dyna*, 9-18.

Pacheco, L. (2017). *Repositorio Universidad José Carlos Moriátegui*. Recuperado el 8 de Abril de 2021, de Propiedades del concreto en estado fresco y sólido: http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/226/Luis_TrabajoDeSuficienciaProfesional_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Puthussery, J. V., Kumar, R., & Garg, A. (2017). Construction and demolition waste disposal is a major challenge in developing nations due to its ever increasing quantities. *In this study, the recycling potential of waste concrete as aggregates in construction activities was studied*, 60, 270-276. *Waste Management*.

Rangel, O. (2005). La biodiversidad en Colombia. *Palimpsestvs*(5).

Reyes Lizcano, F. A. (2003). Diseño Racional de Pavimentos. *1a*. CEJA.

ROJAS, M. I. (2008). *bdigital - repositorio Universidad Nacional*.

Rull Perez, F. (Septiembre de 2010). *Universidad del Pais Vasco*. Recuperado el 26 de Mayo de

2017, de http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla13/Macla13_189.pdf

Segura Pérez, I., & Moragues Terrados, A. (2012). *Archivo Digital UPM*. Recuperado el 12 de 05 de 207

Smith, I., Halford, R., & Halford, R. (2018). *Recuperado el 31 de Agosto de 2020, de Repositorio Institucional: <http://ribuni.uni.edu.ni/2490/1/92777.pdf>*.

Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El Proceso de la Investigación Científica*. Mexico D.F.: Limusa S.A.

Uljarević, M., & Šupić, S. (January de 2016). Comparative analysis of flexible and rigid pavement design. Zbornik radova Građevinskog fakulteta.

ANEXOS

D-1		D-2		D-3	
St. Normal Deviate (Z)	0.841	Initial Serviceability (Po)	4.5	Modulus of Rupture of Concrete (Sc)	520 psi
Overall St. Deviation (So)	0.35	Terminal Serviceability (Pt)	2.5	Modulus of Subgrade Reaction (K)	22 pci
No. of Application (N18)	500000	Modulus of Elasticity of Concrete (Ec)	3124000	Load Transfer Coefficient (J)	3.1
		Drainage Coefficient (Cd)	1.0		
Execute		Slab Thickness		D = 7.001637	
Reset					
Main Menu					
D-4		D-5		D-6	
St. Normal Deviate (Z)	0.841	Initial Serviceability (Po)	4.5	Modulus of Rupture of Concrete (Sc)	550 psi
Overall St. Deviation (So)	0.35	Terminal Serviceability (Pt)	2.5	Modulus of Subgrade Reaction (K)	22 pci
No. of Application (N18)	500000	Modulus of Elasticity of Concrete (Ec)	3340000	Load Transfer Coefficient (J)	3.1
		Drainage Coefficient (Cd)	1.0		
Execute		Slab Thickness		D = 6.799652	
Reset					
Main Menu					
D-7		D-8		D-9	
St. Normal Deviate (Z)	0.841	Initial Serviceability (Po)	4.5	Modulus of Rupture of Concrete (Sc)	600 psi
Overall St. Deviation (So)	0.35	Terminal Serviceability (Pt)	2.5	Modulus of Subgrade Reaction (K)	22 pci
No. of Application (N18)	500000	Modulus of Elasticity of Concrete (Ec)	3608000	Load Transfer Coefficient (J)	3.1
		Drainage Coefficient (Cd)	1.0		
Execute		Slab Thickness		D = 6.487675	
Reset					
Main Menu					
St. Normal Deviate (Z)	0.841	Initial Serviceability (Po)	4.5	Modulus of Rupture of Concrete (Sc)	600 psi
Overall St. Deviation (So)	0.35	Terminal Serviceability (Pt)	2.5	Modulus of Subgrade Reaction (K)	26 pci
No. of Application (N18)	500000	Modulus of Elasticity of Concrete (Ec)	3124000	Load Transfer Coefficient (J)	3.1
		Drainage Coefficient (Cd)	1.0		
Execute		Slab Thickness		D = 6.952641	
Reset					
Main Menu					
St. Normal Deviate (Z)	0.841	Initial Serviceability (Po)	4.5	Modulus of Rupture of Concrete (Sc)	520 psi
Overall St. Deviation (So)	0.35	Terminal Serviceability (Pt)	2.5	Modulus of Subgrade Reaction (K)	29 pci
No. of Application (N18)	500000	Modulus of Elasticity of Concrete (Ec)	3124000	Load Transfer Coefficient (J)	3.1
		Drainage Coefficient (Cd)	1.0		
Execute		Slab Thickness		D = 6.919643	
Reset					
Main Menu					
St. Normal Deviate (Z)	0.841	Initial Serviceability (Po)	4.5	Modulus of Rupture of Concrete (Sc)	550 psi
Overall St. Deviation (So)	0.35	Terminal Serviceability (Pt)	2.5	Modulus of Subgrade Reaction (K)	29 pci
No. of Application (N18)	500000	Modulus of Elasticity of Concrete (Ec)	3340000	Load Transfer Coefficient (J)	3.1
		Drainage Coefficient (Cd)	1.0		
Execute		Slab Thickness		D = 6.751856	
Reset					
Main Menu					
St. Normal Deviate (Z)	0.841	Initial Serviceability (Po)	4.5	Modulus of Rupture of Concrete (Sc)	600 psi
Overall St. Deviation (So)	0.35	Terminal Serviceability (Pt)	2.5	Modulus of Subgrade Reaction (K)	29 pci
No. of Application (N18)	500000	Modulus of Elasticity of Concrete (Ec)	3608000	Load Transfer Coefficient (J)	3.1
		Drainage Coefficient (Cd)	1.0		
Execute		Slab Thickness		D = 6.718658	
Reset					
Main Menu					
St. Normal Deviate (Z)	0.841	Initial Serviceability (Po)	4.5	Modulus of Rupture of Concrete (Sc)	600 psi
Overall St. Deviation (So)	0.35	Terminal Serviceability (Pt)	2.5	Modulus of Subgrade Reaction (K)	29 pci
No. of Application (N18)	500000	Modulus of Elasticity of Concrete (Ec)	3608000	Load Transfer Coefficient (J)	3.1
		Drainage Coefficient (Cd)	1.0		
Execute		Slab Thickness		D = 6.40888	
Reset					
Main Menu					

DATOS Y CÁLCULOS (MÉTODO PCA)

1. Variable de tránsito $N_{(diseño)}$		
Número Vehículos Comerciales	$NVC_{(diseño)}$	79,150
Coefficiente de Agresividad Media	CAM	0,14
Ejes equivalentes de 13 toneladas	$NEE_{13\text{Ton}}$	11,251
Ejes equivalentes de 8,2 toneladas	$NEE_{8,2\text{Ton}}$	5,00E+05
Clasificación tipo tránsito		To

2. Módulo de Elasticidad del Concreto Rígido			
Clase de concreto BC - 2			
Resistencia a la compresión	f'c	(kg/cm ²)	210
		(Mpa)	21
		(PSI)	3,000
Módulo Elasticidad	[E _c]	(Mpa)	21,538
		(PSI)	3,12E+06
		(kg/cm ²)	219,628
Módulo Rotura	[MR]	(kg/cm ²)	36
		(Mpa)	3,5
		(PSI)	520
Ley de fatiga material hidráulico			
Amplitud deformación	[σ _d]	(Mpa)	1,37
Pendiente ley de fatiga	b = -1/14		-0,071
Desviación Estándar	S _N		1
S espesores in situ	S _H	(cm)	1,00
Probabilidad de falla	P f (concreto)	(%)	50
Fractil (concreto)	u (concreto)		0,0

3. Índice de Serviciabilidad (ΔPSI=P _o -P _f)		
Índice de Serviciabilidad Inicial	[P _o]	4,5
Calificación	Concreto	
Tipo de vía	Carreteras	
Serviciabilidad final	[P _f]	2,5
ΔPSI	2,0	

4. Nivel de Confianza		
R	Zr (%)	80
		-0,841
Desviación Estándar, So		0,35
		Construcción nueva

10. Cálculo Espesor Losa de Concreto (AASHTO93)				
Capa	MR (PSI)	D	FORMULA	OBJETIVO log (Ndís)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	3,12E+06	7,00	5,70	5,70
		18,0		
		23,0		
		Espesor por verificación Esfuerzos y Deformaciones		

5. Módulo Resiliente de Subrasante		
CBR	(%)	3,5
	(kg/cm ²)	318
MR	(MPa/m)	31
	(PCI)	114,3
K _{subrasante}	(PCI)	143
K _{mejorada}	(PCI)	2,0
Factor Pérdida Soporte		6,0
K _{efectivo}	(MPa/m)	6,0
	(PCI)	22

6. Coeficiente Capa Granular No Tratada		
E _{subbase}	(kg/cm ²)	1,050
	(Mpa)	103
Relación Modular	(n)	1,61
Espesor (obtenido)	(cm)	15

7. Condiciones de Drenaje		
Calidad	Buena	
Días de Lluvia	(año)	
Porcentaje de Tiempo de Saturación	(%)	
C _d	1,00	

8. Coeficiente de transferencia de carga (J)	
Tipo de junta	Reforzado con juntas
J	3,1

9. Análisis de fatiga		
Clase de concreto BC - 2		
Parámetro ajuste condición in situ (cemento hidráulico)	k _c	1,5
Resistencia a la fatiga capa ligada	k _s	0,8
Parámetro ajuste para losas con pasadores	k _d	0,680
Factor de seguridad diseño	δ	1,038
	k _r	1,000

11. Verificación Software AASHTO-93

St. Normal Deviate (D): 0,841 Initial Serviceability (PSI): 4,5 Modulus of Subgrade Reaction (k): 520 psi

Overall St. Deviation (Sd): 0,35 Terminal Serviceability (PSI): 2,5 Modulus of Subgrade Reaction - LR 1: 22 psi

No. of Application (NAPP): 500000 Modulus of Elasticity of Concrete (Ec): 3124000 Load Transfer Coefficient (LTC): 3,1

Drainage Coefficient (Cd): 1,0

Execute

Slab Thickness

D = 7,00E27

Reset

Main Menu

12. Espesores y Propiedades Capas del Pavimento Inicial				
Capa	Módulo Resiliente		Relac/Poisson	Espesor
	E (MPa)	E (kg/cm ²)	v	h (cm)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	21,538	219,628	0,25	23,0
Subbase Granular (S8G_C)	103	1,050	0,35	15,00
Sello de arena				
Subrasante	31	318	0,40	
Total h (espesor)			(cm)	38,0

13. Verificación Esfuerzos y Deformaciones (Software Depav)

Sistema de carga: Radio de las ruedas (cm): 12,50 Posición del valor máximo para una carga: A. Bajo una rueda simple; B. Bajo una de las ruedas de la carga; C. Al centro de la carga

Distancia entre los centros de las ruedas (cm): 37,50 Gráficos de respuesta

Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²): 6,751 Exportar resultados a Excel (xls)

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y abultamiento.

Número de capas	B	Tracción (Fatiga)				Compresión						
		No. E (kg/cm ²)	v	Z (cm)	Sigma T (kg/cm ²)	Sigma Z (kg/cm ²)	Epsilon T (microstrain)	N admisible	Factor de daño	Epsilon Z (microstrain)	N admisible	Factor de daño
1	2,196E+05	0,25	0,00	1,805E+01	6,751E+00	A	56,3	B	-28,8	C		
				continua	23,00		-1,340E+01	C	1,234E+01	B	-56,3	C
2	1,050E+03	0,35	23,00	-1,859E+02	1,234E+01	B	-56,3	C	1,260	B	135,0	C
				continua	38,00		-7,424E+02	C	9,279E+02	C	-79,8	C
3	5,182E+02	0,40	38,00	2,123E+02	9,279E+02	C	-79,8	C			235,0	C

14. Esfuerzos y Deformaciones Admisibles					
Alternativas	Capa	Parámetro	Valor de Servicio	Condicción	Valor Admisible
Alternativa No. 1	Concreto hidráulico (losa de concreto)	σ _t	1,510 MPa	CUMPLE	1,605 MPa
	Subrasante	ε _z	0,00024	CUMPLE	0,002

DATOS Y CÁLCULOS (MÉTODO PCA)

1. Variable de tránsito $N_{(diseño)}$		log (Ndís)
Número Vehículos Comerciales	$NVC_{(diseño)}$	79.150
Coefficiente de Agresividad Media	CAM	0,14
Ejes equivalentes de 13 toneladas	$NEE_{13\text{Ton}}$	11.251
Ejes equivalentes de 8,2 toneladas	$NEE_{8,2\text{Ton}}$	5,00E+05
Clasificación tipo tránsito		To

2. Módulo de Elasticidad del Concreto Rígido			
Clase de concreto BC - 2			
Resistencia a la compresión	f'c	(kg/cm ²)	210
		(Mpa)	21
		(PSI)	3.000
Módulo Elasticidad	[E _c]	(Mpa)	21.538
		(PSI)	3,12E+06
		(kg/cm ²)	219.628
Módulo Rotura	[MR]	(kg/cm ²)	36
		(Mpa)	3,5
		(PSI)	520
Ley de fatiga material hidráulico			
Amplitud deformación	[σ _d]	(Mpa)	1,37
Pendiente ley de fatiga	b = -1/14		-0,071
Desviación Estándar	S _N		1
S espesores in situ	S _N	(cm)	1,00
Probabilidad de falla	P f (concreto)	(%)	50
Fractil (concreto)	μ (concreto)		0,0

3. Índice de Serviciabilidad (ΔPSI=P _o -P _f)	
Índice de Serviciabilidad Inicial	[P _o]
Calificación	Concreto
Tipo de vía	Carreteras
Serviciabilidad final	[P _f]
ΔPSI	2,0

4. Nivel de Confiabilidad	
R	(%)
Zr	-0,841
Desviación Estándar, So	0,35
	Construcción nueva

10. Cálculo Espesor Losa de Concreto (AASHTO93)				
Capa	MR (PSI)	D	FORMULA	OBJETIVO log (Ndís)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	3,12E+06	6,96	5,70	5,70
		18,0		
		22,0		
		Espesor por verificación Esfuerzos y Deformaciones		

5. Módulo Resiliente de Subrasante		
CBR	(%)	5,0
MR	(kg/cm ²)	410
K _{subrasante}	(MPa/m)	39
	(PCI)	144,1
K _{mejorada}	(PCI)	177
Factor Pérdida Soporte		2,0
K _{efectivo}	(MPa/m)	7,0
	(PCI)	26

6. Coeficiente Capa Granular No Tratada		
E _{subbase}	(kg/cm ²)	1,050
	(Mpa)	103
Relación Modular	(n)	1,61
Espesor (obtenido)	(cm)	15

7. Condiciones de Drenaje		
Calidad		Buena
Días de Lluvia	(año)	
Porcentaje de Tiempo de Saturación	(%)	
C _d		1,00

8. Coeficiente de transferencia de carga (J)	
Tipo de junta	Reforzado con juntas
J	3,1

9. Análisis de fatiga		
Clase de concreto BC - 2		
Parámetro ajuste condición in situ (cemento hidráulico)	k _c	1,5
Resistencia a la fatiga capa ligada	k _s	0,8
Parámetro ajuste para losas con pasadores	k _d	0,680
Factor de seguridad diseño	δ	1,038
	k _r	1,000

11. Verificación Software AASHTO-93

St. Normal Deviate (D) 0,841 Initial Serviciability (P_o) 4,5 Modulus of Rupture of Concrete (R_c) 520 psi

Overall St. Deviation (S_d) 0,35 Terminal Serviciability (P_f) 2,5 Modulus of Subgrade Reaction (K₁, K₂) 36 psi

No. of Application (N₁) 500000 Modulus of Elasticity of Concrete (E_c) 3124000 Load Transfer Coefficient (L_T) 3,1

Drainage Coefficient (C_d) 1,0

Sub Thickness: D = 6,95241

Capa	Módulo Resiliente		Relac/Poisson	Espesor
	E (MPa)	E (kg/cm ²)	v	h (cm)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	21.538	219.628	0,25	22,0
Subbase Granular (S&G_C)	103	1.050	0,35	15,00
Sello de arena				
Subrasante	40	410	0,40	
Total h (espesor)			(cm)	37,0

13. Verificación Esfuerzos y Deformaciones (Software Depav)

Sistema de carga: Radio de las ruedas (cm) 12,50 Posición del valor máximo para una carga: A Bajo una rueda simple B Bajo una de las ruedas de la carga C Al centro de la carga

Distancia entre los centros de las ruedas (cm) 37,50

Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²) 6,755

Exportar resultados a Excel (xls)

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuecamiento.

No.	E (kgf/cm ²)	v	Z (cm)	Sigma T (kgf/cm ²)	Sigma Z (kgf/cm ²)	Epsilon T (microstrain)		Epsilon Z (microstrain)	
						N admisible	Factor de daño	N admisible	Factor de daño
1	2.196E+05	0,25	0,00	1.895E+01	6.751E+00	57,8	C	-29,4	C
	Continúa		22,00	-1.570E+01	1.499E+01	-58,0	C	93,8	B
2	1.076E+03	0,35	22,00	-6.210E+00	1.499E+01	-58,0	C	143,0	B
	Continúa		37,00	-5.956E+00	1.132E+01	-78,4	C	147,0	C
3	4.099E+02	0,40	37,00	-2.580E+00	1.132E+01	-78,4	C	228,0	C

14. Esfuerzos y Deformaciones Admisibles

Alternativas	Capa	Parámetro	Valor de Servicio	Condicción	Valor Admisible
Alternativa No. 1	Concreto hidráulico (losa de concreto)	σ _t	1,540 MPa	CUMPLE	1,605 MPa
	Subrasante	ε _z	0,00023	CUMPLE	0,002

DATOS Y CÁLCULOS (MÉTODO PCA)

1. Variable de tránsito $N_{(diseño)}$		log (Ndís)
Número Vehículos Comerciales	$NVC_{(diseño)}$	79.150
Coefficiente de Agresividad Media	CAM	0,14
Ejes equivalentes de 13 toneladas	$NEE_{13\text{Ton}}$	11.251
Ejes equivalentes de 8,2 toneladas	$NEE_{8,2\text{Ton}}$	5,00E+05
Clasificación tipo tránsito		To

2. Módulo de Elasticidad del Concreto Rígido			
Clase de concreto BC - 2			
Resistencia a la compresión	f'c	(kg/cm ²)	210
		(Mpa)	21
		(PSI)	3.000
Módulo Elasticidad	[E _c]	(Mpa)	21.538
		(PSI)	3,12E+06
		(kg/cm ²)	219.628
Módulo Rotura	[MR]	(kg/cm ²)	36
		(Mpa)	3,5
		(PSI)	520
Ley de fatiga material hidráulico			
Amplitud deformación	[σ _d]	(Mpa)	1,37
Pendiente ley de fatiga	b = -1/1		-0,071
Desviación Estándar	S _N		1
S espesores in situ	S _H	(cm)	1,00
Probabilidad de falla	P f (concreto)	(%)	50
Fractil (concreto)	μ (concreto)		0,0

3. Índice de Serviciabilidad (ΔPSI=P _o -P _f)		
Índice de Serviciabilidad Inicial	[P _o]	4,5
Calificación	Concreto	
Tipo de vía	Carreteras	
Serviciabilidad final	[P _f]	2,5
ΔPSI	2,0	

4. Nivel de Confiabilidad		
R	(%)	80
Zr		-0,841
Desviación Estándar, So		0,35
	Construcción nueva	

10. Cálculo Espesor Losa de Concreto (AASHTO93)				
Capa	MR (PSI)	D	FORMULA	OBJETIVO log (Ndís)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	3,12E+06	6,92	5,70	5,70
		18,0		
		20,0		
Espesor por verificación Esfuerzos y Deformaciones				

5. Módulo Resiliente de Subrasante		
CBR	(%)	10,0
	(kg/cm ²)	673
MR	(MPa/m)	55
	(PCI)	202,2
K _{subrasante}	(PCI)	243
K _{mejorada}	(PCI)	2,0
Factor Pérdida Soporte		2,0
K _{efectivo}	(MPa/m)	8,0
	(PCI)	29

6. Coeficiente Capa Granular No Tratada		
E _{subbase}	(kg/cm ²)	1,050
	(Mpa)	103
Relación Modular	(n)	1,61
Espesor (obtenido)	(cm)	15

7. Condiciones de Drenaje		
Calidad	Buena	
Días de Lluvia	(año)	
Porcentaje de Tiempo de Saturación	(%)	
C _d	1,00	

8. Coeficiente de transferencia de carga (J)	
Tipo de junta	Reforzado con juntas
J	3,1

9. Análisis de fatiga		
Clase de concreto BC - 2		
Parámetro ajuste condición in situ (cemento hidráulico)	k _c	1,5
Resistencia a la fatiga capa ligada	k _s	0,9
Parámetro ajuste para losas con pasadores	k _d	0,680
Factor de seguridad diseño	δ	1,038
	k _r	1,000

11. Verificación Software AASHTO-93

Capa	Módulo Resiliente		Relac/Poisson	Espesor
	E (MPa)	E (kg/cm ²)	v	h (cm)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	21.538	219.628	0,25	20,0
Subbase Granular (S8G_C)	103	1.050	0,35	15,00
Sello de arena			0,40	
Subrasante	66	673	0,40	
Total h (espesor)				35,0

13. Verificación Esfuerzos y Deformaciones (Software Depav)

14. Esfuerzos y Deformaciones Admisibles					
Alternativas	Capa	Parámetro	Valor de Servicio	Conversión	Valor Admisible
Alternativa No. 1	Concreto hidráulico (losa de concreto)	σ _t	1,630 MPa	CUMPLE	1,751 MPa
	Subrasante	ε _t	0,00021		CUMPLE

DATOS Y CÁLCULOS (MÉTODO PCA)

1. Variable de tránsito $N_{(diseño)}$		log (Ndís)
Número Vehículos Comerciales	NVC _(diseño)	79.150
Coefficiente de Agresividad Media	CAM	0,14
Ejes equivalentes de 13 toneladas	NEE _{13 Ton}	11.251
Ejes equivalentes de 8,2 toneladas	NEE _{8,23 Ton}	5,00E+05
Clasificación tipo tránsito		To

2. Módulo de Elasticidad del Concreto Rígido			
Clase de concreto BC - 3			
Resistencia a la compresión	f'c	(kg/cm ²)	240
		(Mpa)	24
		(PSI)	3.500
Módulo Elasticidad	[E _c]	(Mpa)	23.025
		(PSI)	3,34E+06
		(kg/cm ²)	234.793
Módulo Rotura	[MR]	(kg/cm ²)	38
		(Mpa)	3,8
		(PSI)	550
Ley de fatiga material hidráulico			
Amplitud deformación	[σ _d]	(Mpa)	1,63
Pendiente ley de fatiga	b = -1/15		-0,067
Desviación Estándar	S _N		1
S espesores in situ	S _H	(cm)	1,00
Probabilidad de falla	P _f (concreto)	(%)	50
Fractil (concreto)	M (concreto)		0,0

3. Índice de Serviciabilidad (ΔPSI=P _o -P _f)		
Índice de Serviciabilidad Inicial	[P _o]	4,5
Calificación	Concreto	
Tipo de vía	Carreteras	
Serviciabilidad final	[P _f]	2,5
ΔPSI	2,0	

4. Nivel de Confiabilidad		
R	(%)	80
Zr		-0,841
Desviación Estándar, So		0,35
	Construcción nueva	

10. Cálculo Espesor Losa de Concreto (AASHTO93)				
Capa	MR (PSI)	D	FORMULA	OBJETIVO log (Ndís)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	3,34E+06	6,80	5,70	5,70
		18,0		
		21,0		
Espesor por verificación Esfuerzos y Deformaciones				

5. Módulo Resiliente de Subrasante		
CBR	(%)	3,5
	(kg/cm ²)	318
MR	(MPa/m)	31
	(PCI)	114,3
K _{subrasante}	(PCI)	143
K _{mejorada}	(PCI)	2,0
Factor Pérdida Soporte		6,0
K _{efectivo}	(MPa/m)	6,0
	(PCI)	22

6. Coeficiente Capa Granular No Tratada		
E _{subbase}	(kg/cm ²)	1,050
	(MPa)	103
Relación Modular	(n)	1,61
Espesor (obtenido)	(cm)	15

7. Condiciones de Drenaje		
Calidad	Buena	
Días de Lluvia	(año)	
Porcentaje de Tiempo de Saturación	(%)	
C _d	1,00	

8. Coeficiente de transferencia de carga (J)	
Tipo de junta	Reforzado con juntas
J	3,1

9. Análisis de fatiga		
Clase de concreto BC - 3		
Parámetro ajuste condición in situ (cemento hidráulico)	k _c	1,5
Resistencia a la fatiga capa ligada	k _s	0,8
Parámetro ajuste para losas con pasadores	k _d	0,680
Factor de seguridad diseño	δ	1,044
	k _r	1,000

11. Verificación Software AASHTO-93

St. Normal Deviate (D) 0,841 Initial Serviciability (Po) 4,5 Modulus of Rupture of Concrete (f'c) 550 psi

Overall St. Deviation (So) 0,35 Terminal Serviciability (Pf) 2,5 Modulus of Subgrade Reaction (K1) 22 psi

No. of Application (n) 500000 Modulus of Elasticity of Concrete (Ec) 3340000 Load Transfer Coefficient (LTC) 3,1

Drainage Coefficient (Cb) 1,0

Execute

Slab Thickness

D = 6,799652

Done!

Main Menu

Capa	Módulo Resiliente		Relac/Poisson	Espesor
	E (MPa)	E (kg/cm ²)	v	h (cm)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	23.025	234.793	0,25	21,0
Subbase Granular (S8G_C)	103	1.050	0,35	15,00
Sello de arena				
Subrasante	31	318	0,40	
Total h (espesor)				(cm) 36,0

13. Verificación Esfuerzos y Deformaciones (Software Depav)

Sistema de carga: Radio de las ruedas (cm) 12,50 Posición del valor máximo para una carga: A. Bajo una rueda simple B. Bajo una de las ruedas de la carga C. Al centro de la carga

Distancia entre los centros de las ruedas (cm) 37,50

Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²) 6,755

Exportar resultados a Excel (xls)

Respuestas estructurales en las interfaces e evaluación del comportamiento por fatiga y ahuecamiento.

No.	E (kg/cm ²)	v	Z (cm)	Tracción (Fatiga)		Compresión	
				Epilson T (microstrain) N admisible	Factor de dafío	Epilson Z (microstrain) N admisible	Factor de dafío
1	2,348E+05	0,25	0,00	2,039E+01	6,751E+00	60,8	-31,5
				1,397E-01	-61,2	35,8	
2	1,050E+03	0,35	21,00	-1,774E+01	1,397E-01	-61,2	140,0
				-8,341E-02	1,040E-01	-89,9	152,0
3	3,182E+02	0,40	36,00	2,396E-02	1,040E-01	-89,9	264,0

Alternativas	Capa	Parámetro	Valor de Servicio	Condicón	Valor Admisible
Alternativa No. 1	Concreto hidráulico (losa de concreto)	α _t	1,740 MPa	CUMPLE	1,869 MPa
	Subrasante	ε _z	0,00026	CUMPLE	0,002

DATOS Y CÁLCULOS (MÉTODO PCA)

1. Variable de tránsito $N_{(diseño)}$		log (Ndís)
Número Vehículos Comerciales	$NVC_{(diseño)}$	79.150
Coefficiente de Agresividad Media	CAM	0,14
Ejes equivalentes de 13 toneladas	$NEE_{13\text{Ton}}$	11.251
Ejes equivalentes de 8,2 toneladas	$NEE_{8,2\text{Ton}}$	5,00E+05
Clasificación tipo tránsito		To

2. Módulo de Elasticidad del Concreto Rígido			
Clase de concreto BC - 3			
Resistencia a la compresión	f'c	(kg/cm ²)	240
		(Mpa)	24
		(PSI)	3.500
Módulo Elasticidad	[E _c]	(Mpa)	23.025
		(PSI)	3,34E+06
		(kg/cm ²)	234.793
Módulo Rotura	[MR]	(kg/cm ²)	38
		(Mpa)	3,8
		(PSI)	550
Ley de fatiga material hidráulico			
Amplitud deformación	[σ _d]	(Mpa)	1,63
Pendiente ley de fatiga	b = -1/15		-0,067
Desviación Estándar	S _N		1
S espesores in situ	S _N	(cm)	1,00
Probabilidad de falla	P _f (concreto)	(%)	50
Fractil (concreto)	M (concreto)		0,0

3. Índice de Serviciabilidad (ΔPSI=P _o -P _f)		
Índice de Serviciabilidad Inicial	[P _o]	4,5
Calificación	Concreto	
Tipo de vía	Carreteras	
Serviciabilidad final	[P _f]	2,5
ΔPSI		2,0

4. Nivel de Confiabilidad		
R	(%)	80
Z _r		-0,841
Desviación Estándar, So		0,35
		Construcción nueva

10. Cálculo Espesor Losa de Concreto (AASHTO93)				
Capa	MR (PSI)	D	FORMULA	OBJETIVO log (Ndís)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	3,34E+06	6,76	5,70	5,70
		18,0		
		20,0		
Espesor por verificación Esfuerzos y Deformaciones				

5. Módulo Resiliente de Subrasante		
CBR	(%)	5,0
	(kg/cm ²)	410
MR	(MPa/m)	39
	(PCI)	144,1
K _{subrasante}	(PCI)	177
K _{mejorada}	(PCI)	2,0
Factor Pérdida Soporte		2,0
K _{efectivo}	(MPa/m)	7,0
	(PCI)	26

6. Coeficiente Capa Granular No Tratada		
E _{subbase}	(kg/cm ²)	1,050
	(Mpa)	103
Relación Modular	(n)	1,61
Espesor (obtenido)	(cm)	15

7. Condiciones de Drenaje		
Calidad		Buena
Días de Lluvia	(año)	
Porcentaje de Tiempo de Saturación	(%)	
C _d		1,00

8. Coeficiente de transferencia de carga (J)	
Tipo de junta	Reforzado con juntas
J	3,1

9. Análisis de fatiga		
Clase de concreto BC - 3		
Parámetro ajuste condición in situ (cemento hidráulico)	k _c	1,5
Resistencia a la fatiga capa ligada	k _s	0,8
Parámetro ajuste para losas con pasadores	k _d	0,680
Factor de seguridad diseño	δ	1,044
	k _r	1,000

11. Verificación Software AASHTO-93

Initial Serviceability (PSI): 4.5
Modulus of Subgrade Reaction (K1): 35 psi
Terminal Serviceability (PSI): 2.5
Load Transfer Coefficient (LTC): 3.1
Modulus of Elasticity of Concrete (EC): 330000
Drainage Coefficient (CD): 1.0

Stab Thickness: D = 6.761656

Capa	Módulo Resiliente		Relac/Poisson	Espesor
	E (MPa)	E (kg/cm ²)	v	h (cm)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	23.025	234.793	0,25	20,0
Subbase Granular (S8G_C)	103	1.050	0,35	15,00
Sello de arena				
Subrasante	40	410	0,40	
Total h (espesor)				(cm) 35,0

13. Verificación Esfuerzos y Deformaciones (Software Depav)

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y hundimiento.

Número de capas	v	z (mm)	Sigma T (kgf/cm ²)	Sigma Z (kgf/cm ²)	Epilson T (microstrain)	N admisible	Factor de daño	Epilson Z (microstrain)	N admisible	Factor de daño
1	0.25	0.00	2.090E+01	6.751E+00	62.8	C		-32.3	C	
2	0.35	20.00	-1.895E+01	-1.713E+01	-63.3	C		37.0	B	
3	0.40	35.00	-4.728E+02	-1.305E+02	-88.3	C		186.0	C	
4	0.40	35.00	1.927E+02	1.305E+02	88.3	C		258.0	C	

Alternativas	Capa	Parámetro	Valor de Servicio	Condicción	Valor Admisible
Alternativa No. 1	Concreto hidráulico (losa de concreto)	α _t	1,800 MPa	CUMPLE	1,869 MPa
	Subrasante	ε _z	0,00026	CUMPLE	0,002

DATOS Y CÁLCULOS (MÉTODO PCA)

1. Variable de tránsito $N_{(diseño)}$		log (Ndís)
Número Vehículos Comerciales	NVC _(diseño)	79.150
Coefficiente de Agresividad Media	CAM	0,14
Ejes equivalentes de 13 toneladas	NEE _{13 Ton}	11.251
Ejes equivalentes de 8,2 toneladas	NEE _{8,2 Ton}	5,00E+05
Clasificación tipo tránsito		To

2. Módulo de Elasticidad del Concreto Rígido			
Clase de concreto BC - 3			
Resistencia a la compresión	f'c	(kg/cm ²)	240
		(Mpa)	24
		(PSI)	3.500
Módulo Elasticidad	[E _c]	(Mpa)	23.025
		(PSI)	3,34E+06
		(kg/cm ²)	234.793
Módulo Rotura	[MR]	(kg/cm ²)	38
		(Mpa)	3,8
		(PSI)	550
Ley de fatiga material hidráulico			
Amplitud deformación	[σ _d]	(Mpa)	1,63
Pendiente ley de fatiga	b = -1/15		-0,067
Desviación Estándar	S _N		1
S espesores in situ	S _N	(cm)	1,00
Probabilidad de falla	P _f (concreto)	(%)	50
Fractil (concreto)	M (concreto)		0,0

3. Índice de Serviciabilidad (ΔPSI=P _o -P _f)		
Índice de Serviciabilidad Inicial	[P _o]	4,5
Calificación	Concreto	
Tipo de vía	Carreteras	
Serviciabilidad final	[P _f]	2,5
ΔPSI	2,0	

4. Nivel de Confiabilidad		
R	(%)	80
Z _r		-0,841
Desviación Estándar, So		0,35
	Construcción nueva	

10. Cálculo Espesor Losa de Concreto (AASHTO93)				
Capa	MR (PSI)	D	FORMULA	OBJETIVO log (Ndís)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	3,34E+06	6,72	5,70	5,70
		18,0		
		18,0		
Espesor por verificación Esfuerzos y Deformaciones				

5. Módulo Resiliente de Subrasante		
CBR	(%)	10,0
	(kg/cm ²)	673
MR	(MPa/m)	55
	(PCI)	202,2
K _{subrasante}	(PCI)	243
K _{mejorada}	(PCI)	2,0
Factor Pérdida Soporte		8,0
K _{efectivo}	(MPa/m)	29
	(PCI)	

6. Coeficiente Capa Granular No Tratada		
E _{subbase}	(kg/cm ²)	1,050
	(Mpa)	103
Relación Modular	(n)	1,61
Espesor (obtenido)	(cm)	15

7. Condiciones de Drenaje		
Calidad	Buena	
Días de Lluvia	(año)	
Porcentaje de Tiempo de Saturación	(%)	
C _d	1,00	

8. Coeficiente de transferencia de carga (J)	
Tipo de junta	Reforzado con juntas
J	3,1

9. Análisis de fatiga		
Clase de concreto BC - 3		
Parámetro ajuste condición in situ (cemento hidráulico)	k _c	1,5
Resistencia a la fatiga capa ligada	k _s	0,9
Parámetro ajuste para losas con pasadores	k _d	0,680
Factor de seguridad diseño	δ	1,044
	k _r	1,000

11. Verificación Software AASHTO-93

St. Normal Deviate (D) 0,041 Initial Serviceability (P_o) 4,5 Modulus of Rupture of Concrete (F_c) 950 psi

Doverall St. Deviation (So) 0,35 Terminal Serviceability (P_f) 2,5 Modulus of Subgrade Reaction (K₁) 29 pci

No. of Application (N110) 500000 Modulus of Elasticity of Concrete (E_c) 3340000 Load Transfer Coefficient (J) 3,1

Drainage Coefficient (C_d) 1,0

Slab Thickness D = 6,718650

Capa	Módulo Resiliente		Relac/Poisson v	Espesor h (cm)
	E (MPa)	E (kg/cm ²)		
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	23.025	234.793	0,25	18,0
Subbase Granular (S8G_C)	103	1.050	0,35	15,00
Sello de arena			0,40	
Subrasante	66	673		
Total h (espesor)				(cm) 33,0

13. Verificación Esfuerzos y Deformaciones (Software Depav)

Sistema de carga Radio de las ruedas (cm) 13,50 Posición del valor máximo para una carga A Bajo una rueda simple B Bajo una de las ruedas de la carga C Al centro de la carga

Distancia entre los centros de las ruedas (cm) 37,50

Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²) 6,753

Exportar resultados a Excel (xls)

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuecamiento.

No.	E (kg/cm ²)	v	Z (cm)	Sigma T (kg/cm ²)	Sigma Z (kg/cm ²)	Egillon T (microstrain)	N admisible	Factor de daño	Egillon Z (microstrain)	N admisible	Factor de daño
1	2,348E+05	0,25	0,00	2,203E+01	6,751E+00	67,4	C		33,9	C	
				-1,968E+01	2,539E-01	-68,1	C		39,6	B	
2	1,050E+03	0,35	18,00	3,733E-02	2,019E-01	-83,7	C		202,0	C	
				-2,009E-02	2,019E-01	-83,7	C		242,0	C	
3	6,730E-02	0,40	33,00	4,588E-02	2,019E-01	-83,7	C				

Alternativas	Capa	Parámetro	Valor de Servicio	Conversión	Valor Admisible
Alternativa No. 1	Concreto hidráulico (losa de concreto)	α ₁	1,930 MPa		2,039 MPa
	Subrasante	ε _z	0,00024		0,002

DATOS Y CÁLCULOS (MÉTODO PCA)

1. Variable de tránsito $N_{(diseño)}$		log (Ndis)
Número Vehículos Comerciales	NVC _(diseño)	79.150
Coefficiente de Agresividad Media	CAM	0,14
Ejes equivalentes de 13 toneladas	NEE _{13 Ton}	11.251
Ejes equivalentes de 8,2 toneladas	NEE _{8,23 Ton}	5,00E+05
Clasificación tipo tránsito		To

2. Módulo de Elasticidad del Concreto Rígido			
Clase de concreto BC - 4			
Resistencia a la compresión	f'c	(kg/cm ²)	280
		(Mpa)	28
		(PSI)	4.000
Módulo Elasticidad	[E _c]	(Mpa)	24.870
		(PSI)	3,61E+06
		(kg/cm ²)	253.605
Módulo Rotura	[MR]	(kg/cm ²)	42
		(Mpa)	4,1
		(PSI)	600
Ley de fatiga material hidráulico			
Amplitud deformación	[σ _d]	(Mpa)	1,95
Pendiente ley de fatiga	b = -1/15		-0,067
Desviación Estándar	S _N		1
S espesores in situ	S _H	(cm)	1,00
Probabilidad de falla	P _f (concreto)	(%)	50
Fractil (concreto)	μ (concreto)		0,0

3. Índice de Serviciabilidad (ΔPSI=P _o -P _f)	
Índice de Serviciabilidad Inicial	[P _o] 4,5
Calificación	Concreto
Tipo de vía	Carreteras
Serviciabilidad final	[P _f] 2,5
ΔPSI	2,0

4. Nivel de Confiabilidad	
R	(%) 80
Z _r	-0,841
Desviación Estándar, So	0,35
	Construcción nueva

10. Cálculo Espesor Losa de Concreto (AASHTO93)				
Capa	MR (PSI)	D	FORMULA	OBJETIVO log (Ndis)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	3,61E+06	6,49	5,70	5,70
		17,0		
		18,0		
		Espesor por verificación Esfuerzos y Deformaciones		

5. Módulo Resiliente de Subrasante		
CBR	(%)	3,5
MR	(kg/cm ²)	318
K _{subrasante}	(MPa/m)	31
	(PCI)	114,3
K _{mejorada}	(PCI)	143
Factor Pérdida Soporte		2,0
K _{efectivo}	(MPa/m)	6,0
	(PCI)	22

6. Coeficiente Capa Granular No Tratada		
E _{subbase}	(kg/cm ²)	1,050
	(Mpa)	103
Relación Modular	(n)	1,61
Espesor (obtenido)	(cm)	15

7. Condiciones de Drenaje		
Calidad		Buena
Días de Lluvia	(año)	
Porcentaje de Tiempo de Saturación	(%)	
C _d		1,00

8. Coeficiente de transferencia de carga (J)	
Tipo de junta	Reforzado con juntas
J	3,1

9. Análisis de fatiga		
Clase de concreto BC - 4		
Parámetro ajuste condición in situ (cemento hidráulico)	k _c	1,5
Resistencia a la fatiga capa ligada	k _s	0,8
Parámetro ajuste para losas con pasadores	k _d	0,680
Factor de seguridad diseño	δ	1,044
	k _r	1,000

11. Verificación Software AASHTO-93

St. Normal Deviate (S) 0.641 Initial Serviceability (P_o) 4.5 Módulo de Rotura of Concrete (E_c) 600 psi

Overall St. Deviation (So) 0.35 Terminal Serviceability (P_f) 2.5 Módulo de Subgrade Reaction (K₁) 22 pci

No. of Application (n₁₁₈) 500000 Módulo de Elasticidad of Concrete (E_c) 3608000 Load Transfer Coefficient (L₁) 3.1

Drainage Coefficient (C_d) 1.0

Stab Thickness

D = 6.49/75

Buttons: Ejecutar, Borrar, Menú

Capa	Módulo Resiliente		Relac/Poisson	Espesor
	E (MPa)	E (kg/cm ²)	v	h (cm)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	24,870	253,605	0,25	18,0
Subbase Granular (S _{BG_C})	103	1,050	0,35	15,00
Sello de arena				
Subrasante	31	318	0,40	
Total h (espesor)			(cm)	33,0

13. Verificación Esfuerzos y Deformaciones (Software Depav)

Sistema de carga: Radio de las ruedas (cm) 12,50; Distancia entre los centros de las ruedas (cm) 37,50; Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²) 6,753

Posición del valor máximo para una carga: A. Bajo una rueda simple; B. Bajo una de las ruedas de la carga; C. Al centro de la carga

Gráficos de respuesta: Exportar resultados a Excel (xv)

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuecamiento.

No.	E (kgf/cm ²)	v	Z (cm)	Tracción (fatiga)		Compresión	
				Sigma T (kgf/cm ²)	Sigma Z (kgf/cm ²)	ε _{tr} (microstrain)	ε _{comp} (microstrain)
1	2.538E+05	0.25	0.00	2.498E+01	6.751E+00	71.6 C	-37.4 C
						-72.3 C	42.3 B
2	1.050E+03	0.35	18.00	-1.377E-01	1.764E-01	-72.3 C	172.0 B
						-113.0 C	189.0 C
3	3.182E+02	0.40	33.00	-2.947E-01	1.305E-01	-113.0 C	330.0 C

Alternativas	Capa	Parámetro	Valor de Servicio	Construcción	Valor Admisible
					Valor Admisible
Alternativa No. 1	Concreto hidráulico (losa de concreto)	α _t	2,230 MPa	CUMPLE	2,236 MPa
	Subrasante	ε _z	0,00033	CUMPLE	0,002

DATOS Y CÁLCULOS (MÉTODO PCA)

1. Variable de tránsito $N_{(diseño)}$		log (Ndís)
Número Vehículos Comerciales	$NVC_{(diseño)}$	79.150
Coefficiente de Agresividad Media	CAM	0,14
Ejes equivalentes de 13 toneladas	$NEE_{13\text{Ton}}$	11.251
Ejes equivalentes de 8,2 toneladas	$NEE_{8,2\text{Ton}}$	5,00E+05
Clasificación tipo tránsito		To

2. Módulo de Elasticidad del Concreto Rígido			
Clase de concreto BC - 4			
Resistencia a la compresión	f'c	(kg/cm ²)	280
		(Mpa)	28
		(PSI)	4.000
Módulo Elasticidad	[E _c]	(Mpa)	24.870
		(PSI)	3,61E+06
		(kg/cm ²)	253.605
Módulo Rotura	[MR]	(kg/cm ²)	42
		(Mpa)	4,1
		(PSI)	600
Ley de fatiga material hidráulico			
Amplitud deformación	[σ _d]	(Mpa)	1,95
Pendiente ley de fatiga	b = -1/15		-0,067
Desviación Estándar	S _N		1
S espesores in situ	S _N	(cm)	1,00
Probabilidad de falla	P f (concreto)	(%)	50
Fractil (concreto)	u (concreto)		0,0

3. Índice de Serviciabilidad (ΔPSI=P _o -P _f)		
Índice de Serviciabilidad Inicial	[P _o]	4,5
Calificación	Concreto	
Tipo de vía	Carreteras	
Serviciabilidad final	[P _f]	2,5
ΔPSI	2,0	

4. Nivel de Confiabilidad		
R	(%)	80
Zr		-0,841
Desviación Estándar, So		0,35
	Construcción nueva	

10. Cálculo Espesor Losa de Concreto (AASHTO93)				
Capa	MR (PSI)	D	FORMULA	OBJETIVO log (Ndís)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	3,61E+06	6,45	5,70	5,70
		17,0		
		18,0		
Espesor por verificación Esfuerzos y Deformaciones				

5. Módulo Resiliente de Subrasante		
CBR	(%)	5,0
MR	(kg/cm ²)	410
K _{subrasante}	(MPa/m)	39
	(PCI)	144,1
K _{mejorada}	(PCI)	177
Factor Pérdida Soporte		2,0
K _{efectivo}	(MPa/m)	7,0
	(PCI)	26

6. Coeficiente Capa Granular No Tratada		
E _{subbase}	(kg/cm ²)	1,050
	(Mpa)	103
Relación Modular	(n)	1,61
Espesor (obtenido)	(cm)	15

7. Condiciones de Drenaje		
Calidad	Buena	
Días de Lluvia	(año)	
Porcentaje de Tiempo de Saturación	(%)	
C _d	1,00	

8. Coeficiente de transferencia de carga (J)	
Tipo de junta	Reforzado con juntas
J	3,1

9. Análisis de fatiga		
Clase de concreto BC - 4		
Parámetro ajuste condición in situ (cemento hidráulico)	k _c	1,5
Resistencia a la fatiga capa ligada	k _s	0,8
Parámetro ajuste para losas con pasadores	k _d	0,680
Factor de seguridad diseño	δ	1,044
	k _r	1,000

11. Verificación Software AASHTO-93

St. Nominal Deviate (SD)	0,041	Initial Serviciability (PSI)	4,5	Modulus of Rupture of Concrete (S _c)	600	psi
Overall St. Deviation (SO)	0,35	Terminal Serviciability (PSI)	2,5	Modulus of Subgrade Reaction - FR, F'	26	psi
No. of Application (nvt18)	500000	Modulus of Elasticity of Concrete (E _c)	3608000	Load Transfer Coefficient (L _T)	3,1	
		Drainage Coefficient (C _d)	1,0			

Execute Sub Thickness: D = 6.449678

Capa	Módulo Resiliente		Relac/Poisson v	Espesor h (cm)
	E (MPa)	E (kg/cm ²)		
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	24.870	253.605	0,25	18,0
Subbase Granular (SBG_C)	103	1.050	0,35	15,00
Sello de arena				
Subrasante	40	410	0,40	
Total h (espesor)				(cm) 33,0

13. Verificación Esfuerzos y Deformaciones (Software Depav)

Sistema de carga	12.50	Posición del valor máximo para una carga	gráficos de respuesta
Radio de las ruedas (cm)	37.50	A. Bajo una rueda simple	Exportar resultados a Excel (.xls)
Distancia entre los centros de las ruedas (cm)	6.753	B. Bajo una de las ruedas de la carga	
Presión de contacto de las ruedas (kg/cm ²)		C. Al centro de la carga	

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuecamiento.

No.	E (kg/cm ²)	v	Z (cm)	Sigma T (kgf/cm ²)	Sigma Z (kgf/cm ²)	Épsilon T (microstrain)	N admisible	Factor de daño	Épsilon Z (microstrain)	N admisible	Factor de daño
1	2.536E+05	0.25	0.00	2.407E+01	B	6.751E+00	A	68.7	-35.6	C	
				-2.182E+01	B	1.968E-01	B	-69.4	C		
2	1.050E+03	0.35	18.00	-2.211E+03	A	1.968E-01	B	-69.4	C		
				-7.668E-02	C	1.499E-01	C	-102.0	C		
3	4.099E+02	0.40	33.00	3.355E-02	C	1.499E-01	C	-102.0	C		

Alternativas	Capa	Parámetro	Valor de Servicio	Construcción	Valor Admisible
Alternativa No. 1	Concreto hidráulico (losa de concreto)	α _t	2,140 MPa	CUMPLE	2,236 MPa
	Subrasante	ε _z	0,00030	CUMPLE	0,002

DATOS Y CÁLCULOS (MÉTODO PCA)

1. Variable de tránsito $N_{(diseño)}$		log (Ndís)
Número Vehículos Comerciales	$NVC_{(diseño)}$	79.150
Coefficiente de Agresividad Media	CAM	0,14
Ejes equivalentes de 13 toneladas	$NEE_{(3\text{ Ton})}$	11.251
Ejes equivalentes de 8.2 toneladas	$NEE_{(8,23\text{ Ton})}$	5,00E+05
Clasificación tipo tránsito		To

2. Módulo de Elasticidad del Concreto Rígido			
Clase de concreto BC - 4			
Resistencia a la compresión	f'c	(kg/cm ²)	280
		(Mpa)	28
		(PSI)	4.000
Módulo Elasticidad	[E _c]	(Mpa)	24.870
		(PSI)	3,61E+06
		(kg/cm ²)	253.605
Módulo Rotura	[MR]	(kg/cm ²)	42
		(Mpa)	4,1
		(PSI)	600
Ley de fatiga material hidráulico			
Amplitud deformación	[σ _d]	(Mpa)	1,95
Pendiente ley de fatiga	b = -1/15		-0,067
Desviación Estándar	S _N		1
S espesores in situ	S _N	(cm)	1,00
Probabilidad de falla	P f (concreto)	(%)	50
Fractil (concreto)	u (concreto)		0,0

3. Índice de Serviciabilidad (ΔPSI=P _o -P _f)		
Índice de Serviciabilidad Inicial	[P _o]	4,5
Calificación	Concreto	
Tipo de vía	Carreteras	
Serviciabilidad final	[P _f]	2,5
ΔPSI		2,0

4. Nivel de Confianza		
R	(%)	80
Zr		-0,841
Desviación Estándar, So		0,35
		Construcción nueva

10. Cálculo Espesor Losa de Concreto (AASHTO93)				
Capa	MR (PSI)	D	FORMULA	OBJETIVO log (Ndís)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	3,61E+06	6,41	5,70	5,70
		17,0		
		17,0		
Espesor por verificación Esfuerzos y Deformaciones				

5. Módulo Resiliente de Subrasante		
CBR	(%)	10,0
	(kg/cm ²)	673
MR	(MPa/m)	55
	(PCI)	202,2
K _{subrasante}		
K _{mejorada}	(PCI)	243
Factor Pérdida Soporte		2,0
K _{efectivo}	(MPa/m)	8,0
	(PCI)	29

6. Coeficiente Capa Granular No Tratada		
E _{subbase}	(kg/cm ²)	1,050
	(Mpa)	103
Relación Modular	(n)	1,61
Espesor (obtenido)	(cm)	15

7. Condiciones de Drenaje		
Calidad		Buena
Días de Lluvia	(año)	
Porcentaje de Tiempo de Saturación	(%)	
C _d		1,00

8. Coeficiente de transferencia de carga (J)	
Tipo de junta	Reforzado con juntas
J	3,1

9. Análisis de fatiga		
Clase de concreto BC - 4		
Parámetro ajuste condición in situ (cemento hidráulico)	k _c	1,5
Resistencia a la fatiga capa ligada	k _s	0,9
Parámetro ajuste para losas con pasadores	k _d	0,680
Factor de seguridad diseño	δ	1,044
	k _r	1,000

11. Verificación Software AASHTO-93

St. Normal Deviate (SD) 0.841 Initial Serviceability (P_o) 4.5 Modulus of Subgrade Reaction (K) 29 psi
 Overall St. Deviation (Std) 0.35 Terminal Serviceability (P_f) 2.5 Modulus of Subgrade Reaction (K) 29 psi
 No. of Application (N₁₈) 500000 Modulus of Elasticity of Concrete (E_c) 300000 Load Transfer Coefficient (L_T) 3.1
 Modulus of Elasticity of Concrete (E_c) 300000 Drainage Coefficient (C_d) 1.0

Sub Thickness: D = 6.4988

Capa	Módulo Resiliente		Relac/Poisson v	Espesor h (cm)
	E (MPa)	E (kg/cm ²)		
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	24.870	253.605	0,25	17,0
Subbase Granular (S _{B_G_C})	103	1.050	0,35	15,00
Sello de arena			0,40	
Subrasante	66	673	0,40	
Total h (espesor)			(cm)	32,0

13. Verificación Esfuerzos y Deformaciones (Software Depav)

Sistema de carga: Radio de las ruedas (cm) 12.50 Posición del valor máximo para una carga: A. Bajo una rueda simple. B. Bajo una de las ruedas de la carga. C. Al centro de la carga. Gráficos de respuesta. Exportar resultados a Excel (csv)

Distancia entre los centros de las ruedas (cm) 37.50
 Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²) 6.753

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuecamiento.

Número de capas	σ	Tracción (Fatiga)		Compresión				
No.	E (kg/cm ²)	v	Sigma T (kg/cm ²)	Sigma Z (kg/cm ²)	Epilson T (microstrain) N admisible	Factor de daño	Epilson Z (microstrain) N admisible	Factor de daño
1	0.00E+00	0.25	3.861E+01	6.751E+02	5.3 C	2.9 C	3.2 B	
2	1.050E+03	0.35	1.010E+02	3.369E+02	5.3 C	25.1 B	25.8 C	
3	6.730E+02	0.40	1.234E+02	3.059E+02	7.5 C	30.6 C		

14. Esfuerzos y Deformaciones Admisibles

Alternativas	Capa	Parámetro	Valor de Servicio	Conversión	Valor Admisible
Alternativa No. 1	Concreto hidráulico (losa de concreto)	α _t	2,130 MPa	CUMPLE	2,440 MPa
	Subrasante	ε _z	0,00025	CUMPLE	0,002

DATOS ENTRADA PROGRAMA BS-PCA		
<p>D-1</p> <p>Resistencia K del Apoyo: 143 <input type="text"/> PCI (lb/pulg3) <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Espesor de la Losa: 260 <input type="text"/> mm <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Módulo de Rotura Losa: 3.5 <input type="text"/> Mpa <input type="checkbox"/> Con Bemas <input type="checkbox"/> Con Pasadores</p> <p>TRANSITO</p> <p><input type="text"/> Tn <input type="text"/> Factor de Seguridad Carga: 1</p> <p><input type="text"/> Factor de Mayoración de Repeticiones: 1</p> <p><input type="button" value="Ejes Sencillos"/> <input type="button" value="Ejes Tandem"/> <input type="button" value="Ejes Tridem"/> <input type="button" value="Calcular"/></p> <p><input type="button" value="Imprimir"/></p> <p>Total Consumo Esfuerzo (%): 66.7672</p> <p>Total Consumo Erosión (%): 0.0566 <input type="button" value="Salir"/></p>	<p>D-2</p> <p>Resistencia K del Apoyo: 177 <input type="text"/> PCI (lb/pulg3) <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Espesor de la Losa: 250 <input type="text"/> mm <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Módulo de Rotura Losa: 3.5 <input type="text"/> Mpa <input type="checkbox"/> Con Bemas <input type="checkbox"/> Con Pasadores</p> <p>TRANSITO</p> <p><input type="text"/> Tn <input type="text"/> Factor de Seguridad Carga: 1</p> <p><input type="text"/> Factor de Mayoración de Repeticiones: 1</p> <p><input type="button" value="Ejes Sencillos"/> <input type="button" value="Ejes Tandem"/> <input type="button" value="Ejes Tridem"/> <input type="button" value="Calcular"/></p> <p><input type="button" value="Imprimir"/></p> <p>Total Consumo Esfuerzo (%): 97.1588</p> <p>Total Consumo Erosión (%): 0.0718 <input type="button" value="Salir"/></p>	<p>D-3</p> <p>Resistencia K del Apoyo: 243 <input type="text"/> PCI (lb/pulg3) <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Espesor de la Losa: 250 <input type="text"/> mm <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Módulo de Rotura Losa: 3.5 <input type="text"/> Mpa <input type="checkbox"/> Con Bemas <input type="checkbox"/> Con Pasadores</p> <p>TRANSITO</p> <p><input type="text"/> Tn <input type="text"/> Factor de Seguridad Carga: 1</p> <p><input type="text"/> Factor de Mayoración de Repeticiones: 1</p> <p><input type="button" value="Ejes Sencillos"/> <input type="button" value="Ejes Tandem"/> <input type="button" value="Ejes Tridem"/> <input type="button" value="Calcular"/></p> <p><input type="button" value="Imprimir"/></p> <p>Total Consumo Esfuerzo (%): 33.3226</p> <p>Total Consumo Erosión (%): 0.0597 <input type="button" value="Salir"/></p>
<p>D-4</p> <p>Resistencia K del Apoyo: 143 <input type="text"/> PCI (lb/pulg3) <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Espesor de la Losa: 250 <input type="text"/> mm <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Módulo de Rotura Losa: 3.8 <input type="text"/> Mpa <input type="checkbox"/> Con Bemas <input type="checkbox"/> Con Pasadores</p> <p>TRANSITO</p> <p><input type="text"/> Tn <input type="text"/> Factor de Seguridad Carga: 1</p> <p><input type="text"/> Factor de Mayoración de Repeticiones: 1</p> <p><input type="button" value="Ejes Sencillos"/> <input type="button" value="Ejes Tandem"/> <input type="button" value="Ejes Tridem"/> <input type="button" value="Calcular"/></p> <p><input type="button" value="Imprimir"/></p> <p>Total Consumo Esfuerzo (%): 36.8164</p> <p>Total Consumo Erosión (%): 0.0814 <input type="button" value="Salir"/></p>	<p>D-5</p> <p>Resistencia K del Apoyo: 177 <input type="text"/> PCI (lb/pulg3) <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Espesor de la Losa: 240 <input type="text"/> mm <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Módulo de Rotura Losa: 3.8 <input type="text"/> Mpa <input type="checkbox"/> Con Bemas <input type="checkbox"/> Con Pasadores</p> <p>TRANSITO</p> <p><input type="text"/> Tn <input type="text"/> Factor de Seguridad Carga: 1</p> <p><input type="text"/> Factor de Mayoración de Repeticiones: 1</p> <p><input type="button" value="Ejes Sencillos"/> <input type="button" value="Ejes Tandem"/> <input type="button" value="Ejes Tridem"/> <input type="button" value="Calcular"/></p> <p><input type="button" value="Imprimir"/></p> <p>Total Consumo Esfuerzo (%): 55.1645</p> <p>Total Consumo Erosión (%): 0.1039 <input type="button" value="Salir"/></p>	<p>D-6</p> <p>Resistencia K del Apoyo: 243 <input type="text"/> PCI (lb/pulg3) <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Espesor de la Losa: 230 <input type="text"/> mm <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Módulo de Rotura Losa: 3.8 <input type="text"/> Mpa <input type="checkbox"/> Con Bemas <input type="checkbox"/> Con Pasadores</p> <p>TRANSITO</p> <p><input type="text"/> Tn <input type="text"/> Factor de Seguridad Carga: 1</p> <p><input type="text"/> Factor de Mayoración de Repeticiones: 1</p> <p><input type="button" value="Ejes Sencillos"/> <input type="button" value="Ejes Tandem"/> <input type="button" value="Ejes Tridem"/> <input type="button" value="Calcular"/></p> <p><input type="button" value="Imprimir"/></p> <p>Total Consumo Esfuerzo (%): 61.4953</p> <p>Total Consumo Erosión (%): 0.1276 <input type="button" value="Salir"/></p>
<p>D-7</p> <p>Resistencia K del Apoyo: 143 <input type="text"/> PCI (lb/pulg3) <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Espesor de la Losa: 230 <input type="text"/> mm <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Módulo de Rotura Losa: 4.1 <input type="text"/> Mpa <input type="checkbox"/> Con Bemas <input type="checkbox"/> Con Pasadores</p> <p>TRANSITO</p> <p><input type="text"/> Tn <input type="text"/> Factor de Seguridad Carga: 1</p> <p><input type="text"/> Factor de Mayoración de Repeticiones: 1</p> <p><input type="button" value="Ejes Sencillos"/> <input type="button" value="Ejes Tandem"/> <input type="button" value="Ejes Tridem"/> <input type="button" value="Calcular"/></p> <p><input type="button" value="Imprimir"/></p> <p>Total Consumo Esfuerzo (%): 79.2877</p> <p>Total Consumo Erosión (%): 0.1697 <input type="button" value="Salir"/></p>	<p>D-8</p> <p>Resistencia K del Apoyo: 177 <input type="text"/> PCI (lb/pulg3) <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Espesor de la Losa: 230 <input type="text"/> mm <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Módulo de Rotura Losa: 4.1 <input type="text"/> Mpa <input type="checkbox"/> Con Bemas <input type="checkbox"/> Con Pasadores</p> <p>TRANSITO</p> <p><input type="text"/> Tn <input type="text"/> Factor de Seguridad Carga: 1</p> <p><input type="text"/> Factor de Mayoración de Repeticiones: 1</p> <p><input type="button" value="Ejes Sencillos"/> <input type="button" value="Ejes Tandem"/> <input type="button" value="Ejes Tridem"/> <input type="button" value="Calcular"/></p> <p><input type="button" value="Imprimir"/></p> <p>Total Consumo Esfuerzo (%): 37.7551</p> <p>Total Consumo Erosión (%): 0.1509 <input type="button" value="Salir"/></p>	<p>D-9</p> <p>Resistencia K del Apoyo: 243 <input type="text"/> PCI (lb/pulg3) <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Espesor de la Losa: 220 <input type="text"/> mm <input type="button" value="Guardar"/></p> <p>Módulo de Rotura Losa: 4.1 <input type="text"/> Mpa <input type="checkbox"/> Con Bemas <input type="checkbox"/> Con Pasadores</p> <p>TRANSITO</p> <p><input type="text"/> Tn <input type="text"/> Factor de Seguridad Carga: 1</p> <p><input type="text"/> Factor de Mayoración de Repeticiones: 1</p> <p><input type="button" value="Ejes Sencillos"/> <input type="button" value="Ejes Tandem"/> <input type="button" value="Ejes Tridem"/> <input type="button" value="Calcular"/></p> <p><input type="button" value="Imprimir"/></p> <p>Total Consumo Esfuerzo (%): 43.8206</p> <p>Total Consumo Erosión (%): 0.1872 <input type="button" value="Salir"/></p>

DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Software : BS-PCA

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 143 PCI (lb/pulg3)
Espesor Losa : 260 mm
Modulo de Rotura : 3.5 Mpa
Bermas : SI
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

Carga	Carga FS	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
Tn	kN					

EJES SIMPLES

Esfuerzo Equivalente: 1.0 Factor Esfuerzo: 0.2965 Factor Erosion: 2.0936

22.00	215.60	310	464	66.77	547,818	0.06
11.00	107.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
9.00	88.20	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	310	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00
5.00	49.00	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	39.20	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00

EJES TANDEM

Esfuerzo Equivalente: 0.9 Factor Esfuerzo: 0.2658 Factor Erosion: 2.2867

22.00	215.60	310	Inf	0.00	Inf	0.00
-------	--------	-----	-----	------	-----	------

EJES TRIDEM

Esfuerzo Equivalente: 0.7 Factor Esfuerzo: 0.2015 Factor Erosion: 2.4197

Total : ----- 66.77 ----- 0.06



DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
 UNIVERSIDAD DEL CAUCA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 Software : BS-PCA

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 177 PCI (1b/pulg3)
 Espesor Losa : 250 mm
 Modulo de Rotura : 3.5 Mpa
 Bermas : SI
 Pasadores : SI
 Factor de Seguridad Cargas : 1
 Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS kN	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
----------	-------------	------------------------	-----------------------------	------------------	-----------------------------	-------------------

EJES SIMPLES

Esfuerzo Equivalente: 1.1 Factor Esfuerzo: 0.3006 Factor Erosion: 2.1280

22.00	215.60	310	319	97.16	431,472	0.07
11.00	107.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
9.00	88.20	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	310	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00
5.00	49.00	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	39.20	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00

EJES TANDEM

Esfuerzo Equivalente: 0.9 Factor Esfuerzo: 0.2668 Factor Erosion: 2.2820

22.00	215.60	310	Inf	0.00	Inf	0.00
-------	--------	-----	-----	------	-----	------

EJES TRIDEM

Esfuerzo Equivalente: 0.7 Factor Esfuerzo: 0.2029 Factor Erosion: 2.3999

Total :	97.16	0.07
---------	-------	------



DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
 UNIVERSIDAD DEL CAUCA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 Software : BS-PCA

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 243 PCI (lb/pulg3)
 Espesor Losa : 250 mm
 Modulo de Rotura : 3.5 Mpa
 Bermas : SI
 Pasadores : SI
 Factor de Seguridad Cargas : 1
 Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

Carga	Carga FS	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
Tn	kN					

EJES SIMPLES

Esfuerzo Equivalente: 1.0 Factor Esfuerzo: 0.2852 Factor Erosion: 2.1041

22.00	215.60	310	930	33.32	519,267	0.06
11.00	107.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
9.00	88.20	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	310	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00
5.00	49.00	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	39.20	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00

EJES TANDEM

Esfuerzo Equivalente: 0.9 Factor Esfuerzo: 0.2472 Factor Erosion: 2.2282

22.00	215.60	310	Inf	0.00	Inf	0.00
-------	--------	-----	-----	------	-----	------

EJES TRIDEM

Esfuerzo Equivalente: 0.7 Factor Esfuerzo: 0.1909 Factor Erosion: 2.3222

Total :	33.32	0.06
---------	-------	------



DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
 UNIVERSIDAD DEL CAUCA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 Software : BS-PCA

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 143 PCI (lb/pulg3)
 Espesor Losa : 250 mm
 Modulo de Rotura : 3.8 Mpa
 Bermas : SI
 Pasadores : SI
 Factor de Seguridad Cargas : 1
 Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

Carga	Carga FS	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
Tn	kN					

EJES SIMPLES

Esfuerzo Equivalente: 1.1 Factor Esfuerzo: 0.2864 Factor Erosion: 2.1430

22.00	215.60	310	842	36.82	380,870	0.08
11.00	107.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
9.00	88.20	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	310	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00
5.00	49.00	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	39.20	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00

EJES TANDEM

Esfuerzo Equivalente: 1.0 Factor Esfuerzo: 0.2580 Factor Erosion: 2.3173

22.00	215.60	310	Inf	0.00	1,310,387,969	0.00
-------	--------	-----	-----	------	---------------	------

EJES TRIDEM

Esfuerzo Equivalente: 0.7 Factor Esfuerzo: 0.1939 Factor Erosion: 2.4491

Total :	36.82	0.08
---------	-------	------



DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
 UNIVERSIDAD DEL CAUCA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 Software : BS-PCA

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 177 PCI (lb/pulg3)
 Espesor Losa : 240 mm
 Modulo de Rotura : 3.8 Mpa
 Bermas : SI
 Pasadores : SI
 Factor de Seguridad Cargas : 1
 Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS kN	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
----------	-------------	------------------------	-----------------------------	------------------	-----------------------------	-------------------

EJES SIMPLES

Esfuerzo Equivalente: 1.1 Factor Esfuerzo: 0.2942 Factor Erosion: 2.1720

22.00	215.60	310	562	55.16	298,308	0.10
11.00	107.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
9.00	88.20	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	310	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00
5.00	49.00	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	39.20	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00

EJES TANDEM

Esfuerzo Equivalente: 1.0 Factor Esfuerzo: 0.2573 Factor Erosion: 2.3220

22.00	215.60	310	Inf	0.00	1,206,002,205	0.00
-------	--------	-----	-----	------	---------------	------

EJES TRIDEM

Esfuerzo Equivalente: 0.7 Factor Esfuerzo: 0.1963 Factor Erosion: 2.4239

Total :	55.16	0.10
---------	-------	------



DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
 UNIVERSIDAD DEL CAUCA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 Software : BS-PCA

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 243 PCI (lb/pulg³)
 Espesor Losa : 230 mm
 Modulo de Rotura : 3.8 Mpa
 Bermas : SI
 Pasadores : SI
 Factor de Seguridad Cargas : 1
 Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS kN	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
----------	-------------	------------------------	-----------------------------	------------------	-----------------------------	-------------------

EJES SIMPLES

Esfuerzo Equivalente: 1.1 Factor Esfuerzo: 0.2935 Factor Erosion: 2.2041

22.00	215.60	310	504	61.50	242,998	0.13
11.00	107.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
9.00	88.20	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	310	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00
5.00	49.00	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	39.20	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00

EJES TANDEM

Esfuerzo Equivalente: 1.0 Factor Esfuerzo: 0.2532 Factor Erosion: 2.3052

22.00	215.60	310	Inf	0.00	Inf	0.00
-------	--------	-----	-----	------	-----	------

EJES TRIDEM

Esfuerzo Equivalente: 0.7 Factor Esfuerzo: 0.1969 Factor Erosion: 2.3822

Total :	61.50					0.13
---------	-------	--	--	--	--	------



DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
 UNIVERSIDAD DEL CAUCA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 Software : BS-PCA

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 143 PCI (lb/pulg3)
 Espesor Losa : 230 mm
 Modulo de Rotura : 4.1 Mpa
 Bermas : SI
 Pasadores : SI
 Factor de Seguridad Cargas : 1
 Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS kN	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
----------	-------------	------------------------	-----------------------------	------------------	-----------------------------	-------------------

EJES SIMPLES

Esfuerzo Equivalente: 1.2 Factor Esfuerzo: 0.2975 Factor Erosion: 2.2336

22.00	215.60	310	391	79.29	184,187	0.17
11.00	107.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
9.00	88.20	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	310	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00
5.00	49.00	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	39.20	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00

EJES TANDEM

Esfuerzo Equivalente: 1.1 Factor Esfuerzo: 0.2638 Factor Erosion: 2.3967

22.00	215.60	310	Inf	0.00	22,317,082	0.00
-------	--------	-----	-----	------	------------	------

EJES TRIDEM

Esfuerzo Equivalente: 0.8 Factor Esfuerzo: 0.1993 Factor Erosion: 2.4997

Total :	79.29	0.17
---------	-------	------



DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
 UNIVERSIDAD DEL CAUCA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 Software : BS-PCA

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 177 PCI (lb/pulg3)
 Espesor Losa : 230 mm
 Modulo de Rotura : 4.1 Mpa
 Bermas : SI
 Pasadores : SI
 Factor de Seguridad Cargas : 1
 Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS kN	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
-------------	-------------------	---------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------	-------------------------

EJES SIMPLES

Esfuerzo Equivalente: 1.2 Factor Esfuerzo: 0.2873 Factor Erosion: 2.2220

22.00	215.60	310	821	37.76	206,036	0.15
11.00	107.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
9.00	88.20	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	310	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00
5.00	49.00	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	39.20	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00

EJES TANDEM

Esfuerzo Equivalente: 1.0 Factor Esfuerzo: 0.2522 Factor Erosion: 2.3620

22.00	215.60	310	Inf	0.00	64,474,566	0.00
-------	--------	-----	-----	------	------------	------

EJES TRIDEM

Esfuerzo Equivalente: 0.8 Factor Esfuerzo: 0.1927 Factor Erosion: 2.4539

Total :	37.76	0.15
---------	-------	------



DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
 UNIVERSIDAD DEL CAUCA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 Software : BS-PCA

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 243 PCI (lb/pulg³)
 Espesor Losa : 220 mm
 Modulo de Rotura : 4.1 Mpa
 Bermas : SI
 Pasadores : SI
 Factor de Seguridad Cargas : 1
 Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS kN	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
----------	-------------	------------------------	-----------------------------	------------------	-----------------------------	-------------------

EJES SIMPLES

Esfuerzo Equivalente: 1.2 Factor Esfuerzo: 0.2891 Factor Erosion: 2.2541

22.00	215.60	310	707	43.82	165,805	0.19
11.00	107.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
9.00	88.20	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	310	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	25,434	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00
5.00	49.00	75,682	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	39.20	56,564	Inf	0.00	Inf	0.00

EJES TANDEM

Esfuerzo Equivalente: 1.0 Factor Esfuerzo: 0.2469 Factor Erosion: 2.3452

22.00	215.60	310	Inf	0.00	120,233,812	0.00
-------	--------	-----	-----	------	-------------	------

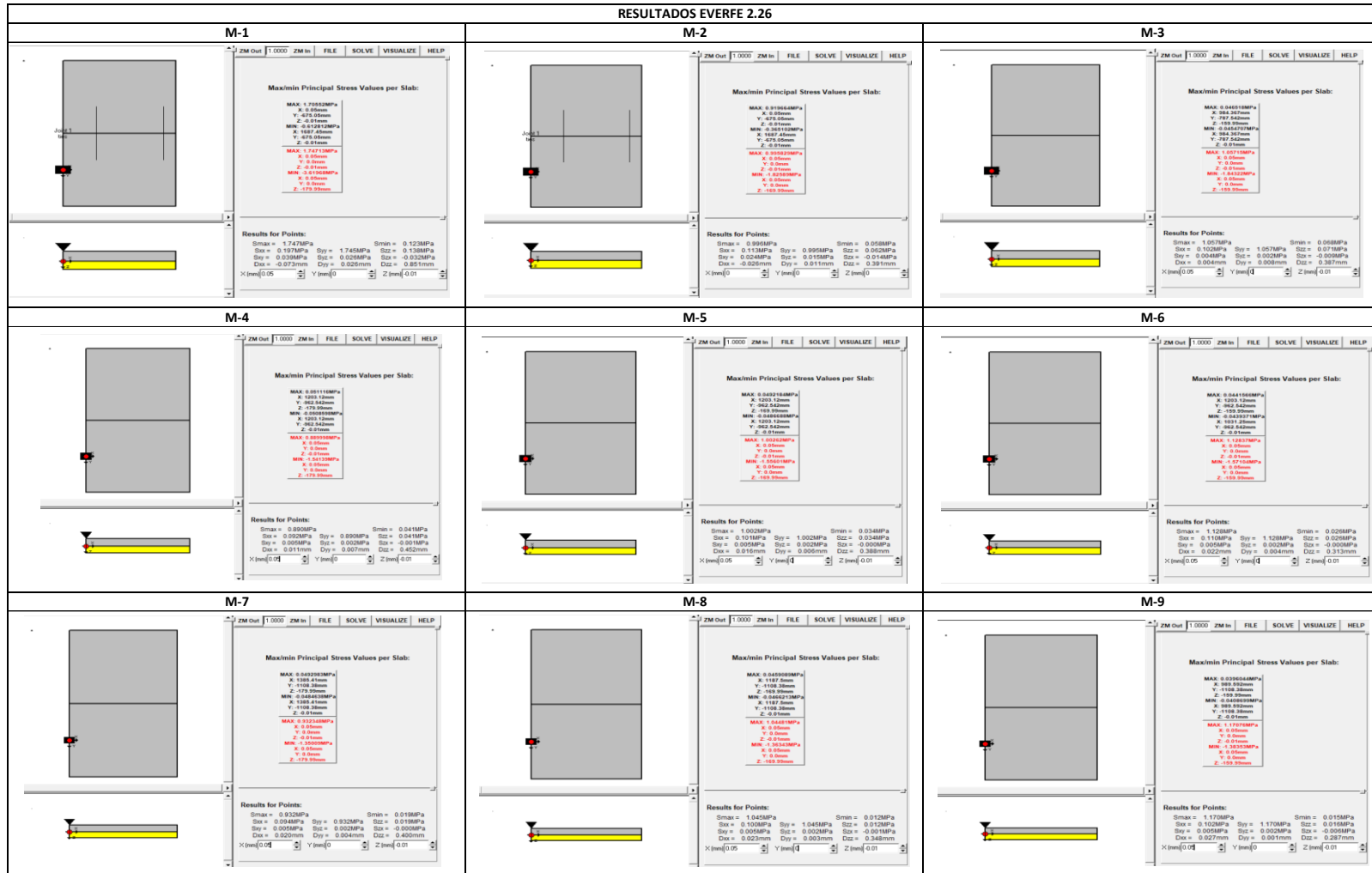
EJES TRIDEM

Esfuerzo Equivalente: 0.8 Factor Esfuerzo: 0.1922 Factor Erosion: 2.4122

Total :	43.82	0.19
---------	-------	------



RESULTADOS EVERFE 2.26



DATOS Y CÁLCULOS (LOSAS GEOMETRÍA OPTIMIZADA)

1. Variable de tránsito N _(diseño)		
Número Vehículos Comerciales	NVC _(diseño)	79,150
Coefficiente de Agresividad Media	CAM	0,14
Ejes equivalentes de 13 toneladas	NEE _{13 Ton}	11,251
Ejes equivalentes de 8,2 toneladas	NEE _{8,23 Ton}	5,00E+05
Clasificación tipo tránsito		To

2. Módulo de Elasticidad del Concreto Rígido			
Clase de concreto BC - 5			
Resistencia a la compresión	f _c	(kg/cm ²)	350
		(Mpa)	35
		(PSI)	5,000
Módulo Elasticidad	[E _c]	(Mpa)	27,593
		(PSI)	4,00E+06
		(kg/cm ²)	281,367
Módulo Rotura	[MR]	(kg/cm ²)	45
		(Mpa)	4,4
		(PSI)	650
Ley de fatiga material hidráulico			
Amplitud deformación	[σ _d]	(Mpa)	2,15
Pendiente ley de fatiga	b = -1/16		-0,063
Desviación Estándar	S _N		1
S espesores in situ	S _H	(cm)	1,00
Probabilidad de falla	P _{f (concreto)}	(%)	50
Fractil (concreto)	U (concreto)		0,0

3. Índice de Serviciabilidad (ΔPSI=P _o -P _f)		
Índice de Serviciabilidad Inicial	[P _o]	4,5
Calificación	Concreto	
Tipo de vía	Carreteras	
Serviciabilidad final	[P _f]	2,5
ΔPSI	2,0	

4. Nivel de Confianza		
R	(%)	80
Z _r		-0,841
Desviación Estándar, So		0,35
		Construcción nueva

10. Cálculo Espesor Losa de Concreto (AASHTO93)				
Capa	MR (PSI)	D	FORMULA	OBJETIVO log (Ndís)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	4,00E+06	6,22	5,70	5,70
		16,0		
		18,0		

5. Módulo Resiliente de Subrasante		
CBR	(%)	3,5
	(kg/cm ²)	318
MR	(MPa/m)	31
	(PCI)	114,3
K _{Subrasante}	(PCI)	143
K _{mejorada}	(PCI)	143
Factor Pérdida Soporte		2,0
K _{efectivo}	(MPa/m)	6,0
	(PCI)	22

6. Coeficiente Capa Granular No Tratada		
E _{Subbase}	(kg/cm ²)	1,050
	(MPa)	103
Relación Modular	(n)	1,61
Espesor (obtenido)	(cm)	15

7. Condiciones de Drenaje		
Calidad		Buena
Días de Lluvia	(año)	
Porcentaje de Tiempo de Saturación	(%)	
C _d		1,00

8. Coeficiente de transferencia de carga (J)	
Tipo de junta	Reforzado con juntas
J	3,1

9. Análisis de fatiga		
Clase de concreto BC - 5		
Parámetro ajuste condición in situ (cemento hidráulico)	k _c	1,5
Resistencia a la fatiga capa ligada	k _s	0,8
Parámetro ajuste para losas con pasadores	k _d	0,680
Factor de seguridad diseño	δ	1,050
	k _r	1,000

11. Verificación Software AASHTO-93

Sistema de carga		Posición del valor máximo para una carga		Gráficos de respuesta	
Radio de las ruedas (cm)		12,50		A. Bajo una rueda simple	
Distancia entre los centros de las ruedas (cm)		37,50		B. Bajo una de las ruedas de la carga	
Presión de contacto de las ruedas (kg/cm ²)		6,755		C. Al centro de la carga	
Exportar resultados a Excel (.xls)					

12. Espesores y Propiedades Capas del Pavimento Inicial

Capa	Módulo Resiliente		Relac/Poisson	Espesor
	E (MPa)	E (kg/cm ²)	v	h (cm)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	27,593	281,367	0,25	18,0
Subbase Granular (SBG-C)	103	1,050	0,35	15,00
Sello de arena				
Subrasante	31	318	0,40	
Total h (espesor)				(cm) 33,0

13. Verificación Esfuerzos y Deformaciones (Software Depav)

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahueamiento.										
No. E (kg/cm ²)	v	Z (cm)	Sigma 7 (kg/cm ²)	Sigma 2 (kg/cm ²)	Ejalon T (microstrain)	N admisible	Factor de daño	Ejalon 2 (microstrain)	N admisible	Factor de daño
1	2.814E+05	0,25	0,00	2.549E+01	B	6.751E+00	A	65,7	C	-34,5
	Continuo		18,00	-2.325E+01	B	1.652E+01	A	-66,4	C	38,9
1	1.050E+03	0,35	18,00	-1.132E+02	C	1.652E+01	B	-66,4	C	160,0
	Continuo		33,00	-9.616E+02	C	1.224E+01	C	-109,0	C	177,0
3	5.182E+02	0,40	33,00	2.876E+02	C	1.224E+01	C	-109,0	C	308,0

14. Esfuerzos y Deformaciones Admisibles

Alternativas	Capa	Parámetro	Valor de Servicio	Conversión	Valor Admisible
Alternativa No. 1	Concreto hidráulico (losa de concreto)	σ _c	2,280 MPa	CUMPLE	2,420 MPa
	Subrasante	ε _s	0,00031	CUMPLE	0,0020

DATOS Y CÁLCULOS (LOSAS GEOMETRÍA OPTIMIZADA)

1. Variable de tránsito $N_{(diseño)}$		log (Ndis)
Número Vehículos Comerciales	NVC _(diseño)	79.150
Coefficiente de Agresividad Media	CAM	0,14
Ejes equivalentes de 13 toneladas	NEE _{13 Ton}	11.251
Ejes equivalentes de 8.2 toneladas	NEE _{8,23 Ton}	5,00E+05
Clasificación tipo tránsito		To

2. Módulo de Elasticidad del Concreto Rígido			
Clase de concreto		BC - 5	
Resistencia a la compresión	f'c	(kg/cm ²)	350
		(Mpa)	35
		(PSI)	5,000
Módulo Elasticidad	[E _c]	(Mpa)	27.593
		(PSI)	4,00E+06
		(kg/cm ²)	281.367
Módulo Rotura	[MR]	(kg/cm ²)	45
		(Mpa)	4,4
		(PSI)	650
Ley de fatiga material hidráulico			
Amplitud deformación	[σ _d]	(Mpa)	2,15
Pendiente ley de fatiga	b = -1/16		-0,063
Desviación Estándar	S _N		1
S espesores in situ	S _N	(cm)	1,00
Probabilidad de falla	P _f (concreto)	(%)	50
Fractil (concreto)	μ (concreto)		0,0

3. Índice de Serviciabilidad (ΔPSI=P _o -P _f)		
Índice de Serviciabilidad Inicial	[P _o]	4,5
Calificación	Concreto	
Tipo de vía	Carreteras	
Serviciabilidad final	[P _f]	2,5
ΔPSI	2,0	

4. Nivel de Confiabilidad		
R	(%)	80
Z _r		-0,841
Desviación Estándar, So		0,35
	Construcción nueva	

10. Cálculo Espesor Losa de Concreto (AASHTO93)				
Capa	MR (PSI)	D	FORMULA	OBJETIVO log (Ndis)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	4,00E+06	6,07	5,66	5,70
		16,0		
		17,0		
Espesor por verificación Esfuerzos y Deformaciones				

5. Módulo Resiliente de Subrasante		
CBR	(%)	5,0
MR	(kg/cm ²)	410
K _{subrasante}	(MPa/m)	39
	(PCI)	144,1
K _{mejorada}	(PCI)	177
Factor Pérdida Soporte		2,0
K _{efectivo}	(MPa/m)	7,0
	(PCI)	26

6. Coeficiente Capa Granular No Tratada		
E _{subbase}	(kg/cm ²)	1,050
	(Mpa)	103
Relación Modular	(n)	1,61
Espesor (obtenido)	(cm)	15

7. Condiciones de Drenaje		
Calidad	Buena	
Días de Lluvia	(año)	
Porcentaje de Tiempo de Saturación	(%)	
C _d	1,00	

8. Coeficiente de transferencia de carga (J)	
Tipo de junta	Reforzado con juntas
J	3,1

9. Análisis de fatiga		
Clase de concreto BC - 5		
Parámetro ajuste condición in situ (cemento hidráulico)	k _c	1,5
Resistencia a la fatiga capa ligada	k _s	0,8
Parámetro ajuste para losas con pasadores	k _d	0,680
Factor de seguridad diseño	δ	1,050
	k _r	1,000

11. Verificación Software AASHTO-93	

12. Espesores y Propiedades Capas del Pavimento Inicial				
Capa	Módulo Resiliente		Relac/Poisson	Espesor
	E (MPa)	E (kg/cm ²)	v	h (cm)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	27.593	281.367	0,25	17,0
Subbase Granular (S&G_C)	103	1.050	0,35	15,00
Sello de arena				
Subrasante	40	410	0,40	
Total h (espesor)				(cm) 32,0

13. Verificación Esfuerzos y Deformaciones (Software Depav)										
Sistema de carga					Posición del valor máximo para una carga					
Radio de las ruedas (cm) 12,50					A. Bajo una rueda simple					
Distancia entre los centros de las ruedas (cm) 37,50					B. Bajo una de las ruedas de la carga					
Presión de contacto de las ruedas (kg/cm ²) 6,753					C. Al centro de la carga					
Exportar resultados a Excel (xls)										
Respuestas estructurales en las interfaces e evaluación del comportamiento por fatiga y ahuecamiento.										
Número de capas: 3										
Tracción (Fatiga)					Compresión					
No.	E (kg/cm ²)	v	Z (cm)	Sigma T (kg/cm ²)	Sigma Z (kg/cm ²)	Épsilon T (microstrain)	N admisible	Factor de daño	Épsilon Z (microstrain)	N admisible
1	2.814E+05	0,25	0,00	3.633E+03	8.751E+02	88,6	C	-35,7	C	
	Ómnibus			3.427E+03	2.209E+02	-69,4	C	42,5	B	
2	1.050E+03	0,35	17,00	8.974E+03	2.098E+01	-69,4	C	186,0	B	
	Ómnibus			7.811E+02	1.550E+01	-105,0	C	195,0	C	
3	4.098E+02	0,40	32,00	3.538E+02	1.550E+01	-105,0	C	305,0	C	

14. Esfuerzos y Deformaciones Admisibles					
Alternativas	Capa	Parámetro	Valor de Servicio	Condicción	Valor Admisible
Alternativa No. 1	Concreto hidráulico (losa de concreto)	α _t	2,380 MPa	CUMPLE	2,420 MPa
	Subrasante	ε _z	0,00031	CUMPLE	0,0020

DATOS Y CÁLCULOS (LOSAS GEOMETRÍA OPTIMIZADA)

1. Variable de tránsito $N_{(diseño)}$		log (Ndís)
Número Vehículos Comerciales	NVC _(diseño)	79.150
Coefficiente de Agresividad Media	CAM	0,14
Ejes equivalentes de 13 toneladas	NEE _{13 Ton}	11.251
Ejes equivalentes de 8.2 toneladas	NEE _{8,23 Ton}	5,00E+05
Clasificación tipo tránsito		To

2. Módulo de Elasticidad del Concreto Rígido			
Clase de concreto BC - 5			
Resistencia a la compresión	f'c	(kg/cm ²)	350
		(Mpa)	35
		(PSI)	5,000
Módulo Elasticidad	[E _c]	(Mpa)	27.593
		(PSI)	4,00E+06
		(kg/cm ²)	281.367
Módulo Rotura	[MR]	(kg/cm ²)	45
		(Mpa)	4,4
		(PSI)	650
Ley de fatiga material hidráulico			
Amplitud deformación	[σ _d]	(Mpa)	2,15
Pendiente ley de fatiga	b = -1/16		-0,063
Desviación Estándar	S _N		1
S espesores in situ	S _N	(cm)	1,00
Probabilidad de falla	P _f (concreto)	(%)	50
Fractil (concreto)	μ (concreto)		0,0

3. Índice de Serviciabilidad (ΔPSI=P _o -P _f)		
Índice de Serviciabilidad Inicial	[P _o]	4,5
Calificación	Concreto	
Tipo de vía	Carreteras	
Serviciabilidad final	[P _f]	2,5
ΔPSI	2,0	

4. Nivel de Confiabilidad		
R	(%)	80
Z _r		-0,841
Desviación Estándar, So		0,35
	Construcción nueva	

10. Cálculo Espesor Losa de Concreto (AASHTO93)				
Capa	MR (PSI)	D	FORMULA	OBJETIVO log (Ndís)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	4,00E+06	6,14	5,70	5,70
		16,0		
		16,0		
Espesor por verificación Esfuerzos y Deformaciones				

5. Módulo Resiliente de Subrasante		
CBR	(%)	10,0
	(kg/cm ²)	673
MR	(MPa/m)	55
	(PCI)	202,2
K _{subrasante}	(PCI)	243
K _{mejorada}	(PCI)	2,0
Factor Pérdida Soporte		8,0
K _{efectivo}	(MPa/m)	29
	(PCI)	

6. Coeficiente Capa Granular No Tratada		
E _{subbase}	(kg/cm ²)	1,050
	(MPa)	103
Relación Modular	(n)	1,61
Espesor (obtenido)	(cm)	15

7. Condiciones de Drenaje		
Calidad	Buena	
Días de Lluvia	(año)	
Porcentaje de Tiempo de Saturación	(%)	
C _d	1,00	

8. Coeficiente de transferencia de carga (J)	
Tipo de junta	Reforzado con juntas
J	3,1

9. Análisis de fatiga		
Clase de concreto BC - 5		
Parámetro ajuste condición in situ (cemento hidráulico)	k _c	1,5
Resistencia a la fatiga capa ligada	k _s	0,9
Parámetro ajuste para losas con pasadores	k _d	0,680
Factor de seguridad diseño	δ	1,050
	k _r	1,000

11. Verificación Software AASHTO-93	

12. Espesores y Propiedades Capas del Pavimento Inicial				
Capa	Módulo Resiliente		Relac/Poisson	Espesor
	E (MPa)	E (kg/cm ²)	v	h (cm)
Concreto Hidráulico (Artículo INVIAS 550-13)	27.593	281.367	0,25	16,0
Subbase Granular (SBG_C)	103	1.050	0,35	15,00
Sello de arena				
Subrasante	66	673	0,40	
Total h (espesor)				(cm) 31,0

13. Verificación Esfuerzos y Deformaciones (Software Depav)											
Sistema de carga		Radio de las ruedas (cm)	12,50	Posición del valor máximo para una carga		Gráfico de respuesta					
Distancia entre los centros de las ruedas (cm)		37,50	A. Bajo una rueda simple		Exportar resultados a Excel (.csv)						
Presión de contacto de las ruedas (kg/cm ²)		6,753	B. Bajo una de las ruedas de la carga								
			C. Al centro de la carga								
Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuecamiento.											
Número de capas:		3	Tracción (fatiga)			Compresión					
No.	E (kg/cm ²)	v	Z (cm)	Sigma T (kg/cm ²)	Sigma Z (kg/cm ²)	Epsilon T (microstrain)	N admisible	Factor de daño	Epsilon Z (microstrain)	N admisible	Factor de daño
1	2.814E+05	0,25	0,00	2.631E+01	6.751E+00	68,9	C		-34,9	C	
	Construcción		16,00	-2.427E+01	2.784E-01	-69,7	C		40,5	B	
2	1.050E+03	0,35	16,00	4.854E-02	2.784E-01	-69,7	C		229,0	B	
	Construcción		31,00	-1.978E-02	2.213E-01	-90,4	C		220,0	C	
3	6.730E+02	0,40	31,00	5.160E-02	2.213E-01	-90,4	C		263,0	C	

14. Esfuerzos y Deformaciones Admisibles					
Alternativas	Capa	Parámetro	Valor de Servicio	Construcción	Valor Admisible
Alternativa No. 1	Concreto hidráulico (losa de concreto)	σ _t	2,380 MPa	CUMPLE	2,640 MPa
	Subrasante	ε _z	0,00026	CUMPLE	0,0020

ANCHO VIA (m)	PSI lib/pulg 2	MR (kg-cm2)	CBR (%)	PLACA HUELLA			METODO PCA			PSI lib/pulg 2	MR (kg-cm2)	CBR (%)	LOSAS CORTAS				
				ESPESOR LOSA (m)	VALOR 100 MTS (\$)	VALOR METRO LINEAL (\$)	ESPESOR LOSA (m)	VALOR 100 MTS (\$)	VALOR METRO LINEAL (\$)				ESPESOR LOSA (m)	VALOR 100 MTS (\$)	VALOR METRO LINEAL (\$)		
3,9	3000	36	3,5	0,15	\$ 85.132.136	\$ 851.321	0,26	\$ 102.166.416	\$ 1.021.664	5000	45	3,5	18	\$ 88.285.741	\$ 882.857		
3,9			5	0,15	\$ 85.132.136	\$ 851.321	0,25	\$ 99.784.793	\$ 997.848			5	17	\$ 85.521.574	\$ 855.216		
3,9			10	0,15	\$ 85.132.136	\$ 851.321	0,25	\$ 99.784.793	\$ 997.848			10	16	\$ 82.757.406	\$ 827.574		
3,9	3500	38	3,5	0,15	\$ 86.965.776	\$ 869.658	0,25	\$ 100.840.955	\$ 1.008.410			3,5	18	\$ 88.285.741	\$ 882.857		
3,9			5	0,15	\$ 86.965.776	\$ 869.658	0,24	\$ 98.348.546	\$ 983.485			5	17	\$ 85.521.574	\$ 855.216		
3,9			10	0,15	\$ 86.965.776	\$ 869.658	0,23	\$ 95.856.137	\$ 958.561			10	16	\$ 82.757.406	\$ 827.574		
3,9	4000	41	3,5	0,15	\$ 88.773.426	\$ 887.734	0,23	\$ 98.753.698	\$ 987.537			3,5	18	\$ 88.285.741	\$ 882.857		
3,9			5	0,15	\$ 88.773.426	\$ 887.734	0,23	\$ 98.753.698	\$ 987.537			5	17	\$ 85.521.574	\$ 855.216		
3,9			10	0,15	\$ 88.773.426	\$ 887.734	0,22	\$ 96.135.308	\$ 961.353			10	16	\$ 82.757.406	\$ 827.574		
4,5	3000	36	3,5	0,15	\$ 92.686.621	\$ 926.866	0,26	\$ 117.747.514	\$ 1.177.475			5000	45	3,5	18	\$ 99.342.409	\$ 993.424
4,5			5	0,15	\$ 92.686.621	\$ 926.866	0,25	\$ 114.836.642	\$ 1.148.366					5	17	\$ 95.963.983	\$ 959.640
4,5			10	0,15	\$ 92.686.621	\$ 926.866	0,26	\$ 117.747.514	\$ 1.177.475					10	16	\$ 92.585.556	\$ 925.856
4,5	3500	38	3,5	0,15	\$ 94.593.251	\$ 945.933	0,25	\$ 118.221.774	\$ 1.182.218	3,5	18			\$ 99.342.409	\$ 993.424		
4,5			5	0,15	\$ 94.593.251	\$ 945.933	0,24	\$ 115.175.496	\$ 1.151.755	5	17			\$ 95.963.983	\$ 959.640		
4,5			10	0,15	\$ 94.593.251	\$ 945.933	0,25	\$ 118.221.774	\$ 1.182.218	10	16			\$ 92.585.556	\$ 925.856		
4,5	4000	41	3,5	0,15	\$ 96.472.856	\$ 964.729	0,23	\$ 115.670.682	\$ 1.156.707	3,5	18			\$ 99.342.409	\$ 993.424		
4,5			5	0,15	\$ 96.472.856	\$ 964.729	0,23	\$ 115.670.682	\$ 1.156.707	5	17			\$ 95.963.983	\$ 959.640		
4,5			10	0,15	\$ 96.472.856	\$ 964.729	0,25	\$ 122.071.191	\$ 1.220.712	10	16			\$ 92.585.556	\$ 925.856		
5	3000	36	3,5	0,15	\$ 97.447.433	\$ 974.474	0,26	\$ 130.729.470	\$ 1.307.295	5000	45			3,5	18	\$ 108.556.300	\$ 1.085.563
5			5	0,15	\$ 97.447.433	\$ 974.474	0,26	\$ 130.729.470	\$ 1.307.295					5	17	\$ 104.665.990	\$ 1.046.660
5			10	0,15	\$ 97.447.433	\$ 974.474	0,29	\$ 140.785.211	\$ 1.407.852					10	16	\$ 100.775.681	\$ 1.007.757
5	3500	38	3,5	0,15	\$ 99.414.591	\$ 994.146	0,25	\$ 131.275.587	\$ 1.312.756			3,5	18	\$ 108.556.300	\$ 1.085.563		
5			5	0,15	\$ 99.414.591	\$ 994.146	0,26	\$ 134.783.422	\$ 1.347.834			5	17	\$ 104.665.990	\$ 1.046.660		
5			10	0,15	\$ 99.414.591	\$ 994.146	0,29	\$ 145.306.926	\$ 1.453.069			10	16	\$ 100.775.681	\$ 1.007.757		
5	4000	41	3,5	0,15	\$ 101.353.866	\$ 1.013.539	0,23	\$ 128.558.415	\$ 1.285.584			3,5	18	\$ 108.556.300	\$ 1.085.563		
5			5	0,15	\$ 101.353.866	\$ 1.013.539	0,23	\$ 128.558.415	\$ 1.285.584			5	17	\$ 104.665.990	\$ 1.046.660		
5			10	0,15	\$ 101.353.866	\$ 1.013.539	0,26	\$ 139.613.838	\$ 1.396.138			10	16	\$ 100.775.681	\$ 1.007.757		

ANCHO VIA (m)	PSI lib/pulg ²	MR (kg-cm ²)	CBR (%)	PLACA HUELLA		METODO PCA			PSI lib/pulg ²	MR (kg-cm ²)	LOSAS CORTAS		
				VALOR 100 MTS (\$)	VALOR METRO LINEAL (\$)	VALOR ADICIONAL %	VALOR 100 MTS (\$)	VALOR METRO LINEAL (\$)			CBR (%)	VALOR 100 MTS (\$)	VALOR METRO LINEAL (\$)
3,9	3000	36	3,5	\$ 85.132.136	\$ 851.321	17%	\$ 102.166.416	\$ 1.021.664	5000	45	4%	\$ 88.285.741	\$ 882.857
3,9			5	\$ 85.132.136	\$ 851.321	17%	\$ 99.784.793	\$ 997.848			0%	\$ 85.521.574	\$ 855.216
3,9			10	\$ 85.132.136	\$ 851.321	17%	\$ 99.784.793	\$ 997.848			-3%	\$ 82.757.406	\$ 827.574
3,9	3500	38	3,5	\$ 86.965.776	\$ 869.658	14%	\$ 100.840.955	\$ 1.008.410			1%	\$ 88.285.741	\$ 882.857
3,9			5	\$ 86.965.776	\$ 869.658	14%	\$ 98.348.546	\$ 983.485			-2%	\$ 85.521.574	\$ 855.216
3,9			10	\$ 86.965.776	\$ 869.658	14%	\$ 95.856.137	\$ 958.561			-5%	\$ 82.757.406	\$ 827.574
3,9	4000	41	3,5	\$ 88.773.426	\$ 887.734	10%	\$ 98.753.698	\$ 987.537			-1%	\$ 88.285.741	\$ 882.857
3,9			5	\$ 88.773.426	\$ 887.734	10%	\$ 98.753.698	\$ 987.537			-4%	\$ 85.521.574	\$ 855.216
3,9			10	\$ 88.773.426	\$ 887.734	10%	\$ 96.135.308	\$ 961.353			-7%	\$ 82.757.406	\$ 827.574
4,5	3000	36	3,5	\$ 92.686.621	\$ 926.866	21%	\$ 117.747.514	\$ 1.177.475	5000	45	7%	\$ 99.342.409	\$ 993.424
4,5			5	\$ 92.686.621	\$ 926.866	21%	\$ 114.836.642	\$ 1.148.366			3%	\$ 95.963.983	\$ 959.640
4,5			10	\$ 92.686.621	\$ 926.866	21%	\$ 117.747.514	\$ 1.177.475			0%	\$ 92.585.556	\$ 925.856
4,5	3500	38	3,5	\$ 94.593.251	\$ 945.933	20%	\$ 118.221.774	\$ 1.182.218			5%	\$ 99.342.409	\$ 993.424
4,5			5	\$ 94.593.251	\$ 945.933	20%	\$ 115.175.496	\$ 1.151.755			1%	\$ 95.963.983	\$ 959.640
4,5			10	\$ 94.593.251	\$ 945.933	20%	\$ 118.221.774	\$ 1.182.218			-2%	\$ 92.585.556	\$ 925.856
4,5	4000	41	3,5	\$ 96.472.856	\$ 964.729	17%	\$ 115.670.682	\$ 1.156.707			3%	\$ 99.342.409	\$ 993.424
4,5			5	\$ 96.472.856	\$ 964.729	17%	\$ 115.670.682	\$ 1.156.707			-1%	\$ 95.963.983	\$ 959.640
4,5			10	\$ 96.472.856	\$ 964.729	17%	\$ 122.071.191	\$ 1.220.712			-4%	\$ 92.585.556	\$ 925.856
5	3000	36	3,5	\$ 97.447.433	\$ 974.474	25%	\$ 130.729.470	\$ 1.307.295	5000	45	10%	\$ 108.556.300	\$ 1.085.563
5			5	\$ 97.447.433	\$ 974.474	25%	\$ 130.729.470	\$ 1.307.295			7%	\$ 104.665.990	\$ 1.046.660
5			10	\$ 97.447.433	\$ 974.474	25%	\$ 140.785.211	\$ 1.407.852			3%	\$ 100.775.681	\$ 1.007.757
5	3500	38	3,5	\$ 99.414.591	\$ 994.146	24%	\$ 131.275.587	\$ 1.312.756			8%	\$ 108.556.300	\$ 1.085.563
5			5	\$ 99.414.591	\$ 994.146	24%	\$ 134.783.422	\$ 1.347.834			5%	\$ 104.665.990	\$ 1.046.660
5			10	\$ 99.414.591	\$ 994.146	24%	\$ 145.306.926	\$ 1.453.069			1%	\$ 100.775.681	\$ 1.007.757
5	4000	41	3,5	\$ 101.353.866	\$ 1.013.539	21%	\$ 128.558.415	\$ 1.285.584			7%	\$ 108.556.300	\$ 1.085.563
5			5	\$ 101.353.866	\$ 1.013.539	21%	\$ 128.558.415	\$ 1.285.584			3%	\$ 104.665.990	\$ 1.046.660
5			10	\$ 101.353.866	\$ 1.013.539	21%	\$ 139.613.838	\$ 1.396.138			-1%	\$ 100.775.681	\$ 1.007.757

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 3,9m y CONCRETO DE 3000 PSI o 36 MR

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	8,70	\$ 43.705,00	\$ 380.233,50
630.4	CONCRETOS CLASE D, f'c =3000 psi (bases)	M3	30,90	\$ 629.353,00	\$ 19.447.007,70
630.7	CONCRETO CICLÓPEO CLASE G, 2000 PSI 40% RAJÓN PARA BASES	M3	12,70	\$ 405.830,00	\$ 5.154.041,00
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	2.833,20	\$ 4.948,00	\$ 14.018.673,60
	COSTOS DIRECTOS				\$ 65.486.258,47
	ADMINISTRACION		23%		\$ 15.061.839,45
	IMPREVISTOS		3%		\$ 1.964.587,75
	UTILIDAD		4%		\$ 2.619.450,34
	VALOR TOTAL				\$ 85.132.136

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 3,9m y CONCRETO DE 3500 PSI o 38 MR

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	8,70	\$ 43.705,00	\$ 380.233,50
630.4	CONCRETOS CLASE D, f'c =3000 psi (bases)	M3	30,90	\$ 675.000,00	\$ 20.857.500,00
630.7	CONCRETO CICLÓPEO CLASE G, 2000 PSI 40% RAJÓN PARA BASES	M3	12,70	\$ 405.830,00	\$ 5.154.041,00
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	2.833,20	\$ 4.948,00	\$ 14.018.673,60
	COSTOS DIRECTOS				\$ 66.896.750,77
	ADMINISTRACION		23%		\$ 15.386.252,68
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.006.902,52
	UTILIDAD		4%		\$ 2.675.870,03
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 86.965.776

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO

Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO

Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 3,9m y CONCRETO DE 4000 PSI o 41 MR

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	8,70	\$ 43.705,00	\$ 380.233,50
630.4	CONCRETOS CLASE D, f'c =3000 psi (bases)	M3	30,90	\$ 720.000,00	\$ 22.248.000,00
630.7	CONCRETO CICLÓPEO CLASE G, 2000 PSI 40% RAJÓN PARA BASES	M3	12,70	\$ 405.830,00	\$ 5.154.041,00
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	2.833,20	\$ 4.948,00	\$ 14.018.673,60
	COSTOS DIRECTOS				\$ 68.287.250,77
	ADMINISTRACION		23%		\$ 15.706.067,68
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.048.617,52
	UTILIDAD		4%		\$ 2.731.490,03
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 88.773.426,00

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 3,9m y CONCRETO DE 3000 PSI o 36 MR Y CBR 3,5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-36, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	70,20	\$ 678.525,00	\$ 47.632.455,00
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 78.589.550,42
	ADMINISTRACION		23%		\$ 18.075.596,60
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.357.686,51
	UTILIDAD		4%		\$ 3.143.582,02
	VALOR TOTAL				\$ 102.166.416

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 3,9m y CONCRETO DE 3000 PSI o 36 MR Y CBR 5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-36, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	67,50	\$ 678.525,00	\$ 45.800.437,50
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 76.757.532,92
	ADMINISTRACION		23%		\$ 17.654.232,57
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.302.725,99
	UTILIDAD		4%		\$ 3.070.301,32
	VALOR TOTAL				\$ 99.784.793

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 3,9m y CONCRETO DE 3000 PSI o 36 MR Y CBR 10%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
630.4	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-36, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	67,50	\$ 678.525,00	\$ 45.800.437,50
671.1	CUNETETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 76.757.532,92
	ADMINISTRACION		23%		\$ 17.654.232,57
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.302.725,99
	UTILIDAD		4%		\$ 3.070.301,32
	VALOR TOTAL				\$ 99.784.793

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 3,9m y CONCRETO DE 3500 PSI o 38 MR Y CBR 3,5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500,1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-38, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	67,50	\$ 710.088,00	\$ 47.930.940,00
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDAS EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 77.569.965,02
	ADMINISTRACION		23%		\$ 17.841.091,95
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.327.098,95
	UTILIDAD		4%		\$ 3.102.798,60
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 100.840.955

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 3,9m y CONCRETO DE 3500 PSI o 38 MR Y CBR 5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
630.4	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-38, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	64,80	\$ 710.088,00	\$ 46.013.702,40
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 75.652.727,42
	ADMINISTRACION		23%		\$ 17.400.127,31
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.269.581,82
	UTILIDAD		4%		\$ 3.026.109,10
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 98.348.546

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 3,9m y CONCRETO DE 3500 PSI o 38 MR Y CBR 10%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
630.4	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-38, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	62,10	\$ 710.088,00	\$ 44.096.464,80
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 73.735.489,82
	ADMINISTRACION		23%		\$ 16.959.162,66
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.212.064,69
	UTILIDAD		4%		\$ 2.949.419,59
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 95.856.137

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 3,9m y CONCRETO DE 4000 PSI o 41 MR Y CBR 3,5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-41, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	62,10	\$ 745.980,00	\$ 46.325.358,00
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 75.964.383,02
	ADMINISTRACION		23%		\$ 17.471.808,09
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.278.931,49
	UTILIDAD		4%		\$ 3.038.575,32
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 98.753.698

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO

Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO

Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 3,9m y CONCRETO DE 4000 PSI o 41 MR Y CBR 5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-41, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	62,10	\$ 745.980,00	\$ 46.325.358,00
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 75.964.383,02
	ADMINISTRACION		23%		\$ 17.471.808,09
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.278.931,49
	UTILIDAD		4%		\$ 3.038.575,32
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 98.753.698

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 3,9m y CONCRETO DE 4000 PSI o 41 MR Y CBR 10%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-41, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	59,40	\$ 745.980,00	\$ 44.311.212,00
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 73.950.237,02
	ADMINISTRACION		23%		\$ 17.008.554,51
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.218.507,11
	UTILIDAD		4%		\$ 2.958.009,48
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 96.135.308

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 3,9m y CONCRETO DE 5000 PSI o 45 MR Y CBR 3,5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-45, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	48,60	\$ 787.512,00	\$ 38.273.083,20
671.1	CUNETETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 67.912.108,22
	ADMINISTRACION		23%		\$ 15.619.784,89
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.037.363,25
	UTILIDAD		4%		\$ 2.716.484,33
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 88.285.741

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO

Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO

Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 3,9m y CONCRETO DE 5000 PSI o 45 MR Y CBR 5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-45, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	45,90	\$ 787.512,00	\$ 36.146.800,80
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 65.785.825,82
	ADMINISTRACION		23%		\$ 15.130.739,94
	IMPREVISTOS		3%		\$ 1.973.574,77
	UTILIDAD		4%		\$ 2.631.433,03
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 85.521.574

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 3,9m y CONCRETO DE 5000 PSI o 45 MR Y CBR 10%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-45, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	43,20	\$ 787.512,00	\$ 34.020.518,40
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 63.659.543,42
	ADMINISTRACION		23%		\$ 14.641.694,99
	IMPREVISTOS		3%		\$ 1.909.786,30
	UTILIDAD		4%		\$ 2.546.381,74
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 82.757.406

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 4,5 M y CONCRETO DE 3000 PSI o 36 MR

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	446,18	\$ 903,00	\$ 402.900,54
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	66,93	\$ 150.812,00	\$ 10.093.847,16
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	9,32	\$ 43.705,00	\$ 407.330,60
630.4	CONCRETOS CLASE D, f'c =3000 psi (bases)	M3	32,13	\$ 629.353,00	\$ 20.221.111,89
630.7	CONCRETO CICLÓPEO CLASE G, 2000 PSI 40% RAJÓN PARA BASES	M3	21,16	\$ 405.830,00	\$ 8.587.362,80
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	2.868,80	\$ 4.948,00	\$ 14.194.822,40
	COSTOS DIRECTOS				\$ 71.297.400,99
	ADMINISTRACION		23%		\$ 16.398.402,23
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.138.922,03
	UTILIDAD		4%		\$ 2.851.896,04
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 92.686.621

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO

Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO

Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 4,5 M y CONCRETO DE 4000 PSI o 41 MR

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL		
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	446,18	\$ 903,00	\$ 402.900,54		
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	66,93	\$ 150.812,00	\$ 10.093.847,16		
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	9,32	\$ 43.705,00	\$ 407.330,60		
630.4	CONCRETOS CLASE D, f'c =3000 psi (bases)	M3	32,13	\$ 720.000,00	\$ 23.133.600,00		
630.7	CONCRETO CICLÓPEO CLASE G, 2000 PSI 40% RAJÓN PARA BASES	M3	21,16	\$ 405.830,00	\$ 8.587.362,80		
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60		
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	2.868,80	\$ 4.948,00	\$ 14.194.822,40		
	COSTOS DIRECTOS				\$ 74.209.889,10		
	ADMINISTRACION		23%		\$ 17.068.274,49		
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.226.296,67		
	UTILIDAD		4%		\$ 2.968.395,56		
	COSTOS DIRECTOS						
	VALOR TOTAL				\$ 96.472.856		
<hr/> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado </td> </tr> </table>						REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado
REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado						

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 4,5 M y CONCRETO DE 3000 PSI o 36 MR Y CBR 3,5%							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL		
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	446,18	\$ 903,00	\$ 402.900,54		
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	66,93	\$ 150.812,00	\$ 10.093.847,16		
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75		
500,1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-36, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	85,80	\$ 678.525,00	\$ 58.217.445,00		
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60		
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00		
	COSTOS DIRECTOS				\$ 90.575.011,05		
	ADMINISTRACION		23%		\$ 20.832.252,54		
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.717.250,33		
	UTILIDAD		4%		\$ 3.623.000,44		
	COSTOS DIRECTOS						
	VALOR TOTAL				\$ 117.747.514		
<hr/> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado </td> </tr> </table>						REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado
REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado						

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 4,5 M y CONCRETO DE 3000 PSI o 36 MR Y CBR 5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL		
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	446,18	\$ 903,00	\$ 402.900,54		
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	66,93	\$ 150.812,00	\$ 10.093.847,16		
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75		
500,1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-36, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	82,50	\$ 678.525,00	\$ 55.978.312,50		
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60		
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00		
	COSTOS DIRECTOS				\$ 88.335.878,55		
	ADMINISTRACION		23%		\$ 20.317.252,07		
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.650.076,36		
	UTILIDAD		4%		\$ 3.533.435,14		
	COSTOS DIRECTOS						
	VALOR TOTAL				\$ 114.836.642,12		
<hr/> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; vertical-align: top;"> REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado </td> <td style="width: 50%; text-align: center; vertical-align: top;"> REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado </td> </tr> </table>						REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado
REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado						

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 4,5 M y CONCRETO DE 3000 PSI o 32 MR Y CBR 5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	446,18	\$ 903,00	\$ 402.900,54
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	66,93	\$ 150.812,00	\$ 10.093.847,16
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500,1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-36, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	85,80	\$ 678.525,00	\$ 58.217.445,00
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 90.575.011,05
	ADMINISTRACION		23%		\$ 20.832.252,54
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.717.250,33
	UTILIDAD		4%		\$ 3.623.000,44
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 117.747.514

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 4,5 M y CONCRETO DE 3500 PSI o 38 MR Y CBR 5%					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	446,18	\$ 903,00	\$ 402.900,54
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	66,93	\$ 150.812,00	\$ 10.093.847,16
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500,1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-38, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	79,20	\$ 710.088,00	\$ 56.238.969,60
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 88.596.535,65
	ADMINISTRACION		23%		\$ 20.377.203,20
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.657.896,07
	UTILIDAD		4%		\$ 3.543.861,43
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 115.175.496,35
<p style="text-align: center;"> <hr/> REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado </p> <p style="text-align: center;"> <hr/> REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado </p>					

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 4,5 M y CONCRETO DE 3500 PSI o 38 MR Y CBR 10%							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL		
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	446,18	\$ 903,00	\$ 402.900,54		
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	66,93	\$ 150.812,00	\$ 10.093.847,16		
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75		
500,1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-38, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	82,50	\$ 710.088,00	\$ 58.582.260,00		
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60		
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00		
	COSTOS DIRECTOS				\$ 90.939.826,05		
	ADMINISTRACION		23%		\$ 20.916.159,99		
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.728.194,78		
	UTILIDAD		4%		\$ 3.637.593,04		
	COSTOS DIRECTOS						
	VALOR TOTAL				\$ 118.221.774		
<hr/> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado </td> </tr> </table>						REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado
REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado						

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 4,5 M y CONCRETO DE 4000 PSI o 41 MR Y CBR 3,5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	446,18	\$ 903,00	\$ 402.900,54
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	66,93	\$ 150.812,00	\$ 10.093.847,16
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-41, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	75,90	\$ 745.980,00	\$ 56.619.882,00
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 88.977.448,05
	ADMINISTRACION		23%		\$ 20.464.813,05
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.669.323,44
	UTILIDAD		4%		\$ 3.559.097,92
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 115.670.682

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 4,5 M y CONCRETO DE 4000 PSI o 41 MR Y CBR 5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	446,18	\$ 903,00	\$ 402.900,54
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	66,93	\$ 150.812,00	\$ 10.093.847,16
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-41, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	75,90	\$ 745.980,00	\$ 56.619.882,00
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 88.977.448,05
	ADMINISTRACION		23%		\$ 20.464.813,05
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.669.323,44
	UTILIDAD		4%		\$ 3.559.097,92
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 115.670.682

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 4,5 M y CONCRETO DE 4000 PSI o 41 MR Y CBR 10%							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL		
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	446,18	\$ 903,00	\$ 402.900,54		
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	66,93	\$ 150.812,00	\$ 10.093.847,16		
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75		
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-41, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	82,50	\$ 745.980,00	\$ 61.543.350,00		
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60		
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00		
					\$ 93.900.916,05		
	COSTOS DIRECTOS						
	ADMINISTRACION		23%		\$ 21.597.210,69		
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.817.027,48		
	UTILIDAD		4%		\$ 3.756.036,64		
	COSTOS DIRECTOS						
	VALOR TOTAL				\$ 122.071.191		
<hr/> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> <p>REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado</p> </td> <td style="width: 50%; border: none;"> <p>REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado</p> </td> </tr> </table>						<p>REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado</p>	<p>REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado</p>
<p>REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado</p>	<p>REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado</p>						

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 4,5m y CONCRETO DE 5000 PSI o 45 MR Y CBR 3,5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-45, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	59,40	\$ 787.512,00	\$ 46.778.212,80
671.1	CUNETETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 76.417.237,82
	ADMINISTRACION		23%		\$ 17.575.964,70
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.292.517,13
	UTILIDAD		4%		\$ 3.056.689,51
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 99.342.409

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO

Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO

Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 4,5m y CONCRETO DE 5000 PSI o 45 MR Y CBR 5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-45, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	56,10	\$ 787.512,00	\$ 44.179.423,20
671.1	CUNETAS DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 73.818.448,22
	ADMINISTRACION		23%		\$ 16.978.243,09
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.214.553,45
	UTILIDAD		4%		\$ 2.952.737,93
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 95.963.983

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 4,5m y CONCRETO DE 5000 PSI o 45 MR Y CBR 10%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-45, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	52,80	\$ 787.512,00	\$ 41.580.633,60
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 71.219.658,62
	ADMINISTRACION		23%		\$ 16.380.521,48
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.136.589,76
	UTILIDAD		4%		\$ 2.848.786,34
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 92.585.556

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 5m y CONCRETO DE 5000 PSI o 45 MR Y CBR 3,5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-45, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	68,40	\$ 787.512,00	\$ 53.865.820,80
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 83.504.845,82
	ADMINISTRACION		23%		\$ 19.206.114,54
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.505.145,37
	UTILIDAD		4%		\$ 3.340.193,83
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 108.556.300

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO

Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO

Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 5m y CONCRETO DE 5000 PSI o 45 MR Y CBR 5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-45, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	64,60	\$ 787.512,00	\$ 50.873.275,20
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 80.512.300,22
	ADMINISTRACION		23%		\$ 18.517.829,05
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.415.369,01
	UTILIDAD		4%		\$ 3.220.492,01
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 104.665.990

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 5m y CONCRETO DE 5000 PSI o 45 MR Y CBR 10%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	386,69	\$ 903,00	\$ 349.181,07
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	58,00	\$ 150.812,00	\$ 8.747.096,00
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRESANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-45, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	60,80	\$ 787.512,00	\$ 47.880.729,60
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI (Cuneta)	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 77.519.754,62
	ADMINISTRACION		23%		\$ 17.829.543,56
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.325.592,64
	UTILIDAD		4%		\$ 3.100.790,18
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 100.775.681

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO
Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO
Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 5 M y CONCRETO DE 3000 PSI o 36 MR

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL		
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	495,75	\$ 903,00	\$ 447.662,25		
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	74,36	\$ 150.812,00	\$ 11.214.380,32		
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	9,83	\$ 43.705,00	\$ 429.620,15		
630.4	CONCRETOS CLASE D, f'c =3000 psi (bases)	M3	33,15	\$ 629.353,00	\$ 20.863.051,95		
630.7	CONCRETO CICLÓPEO CLASE G, 2000 PSI 40% RAJÓN PARA BASES	M3	28,22	\$ 405.830,00	\$ 11.452.522,60		
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20		
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	2.926,51	\$ 4.948,00	\$ 14.480.371,48		
	COSTOS DIRECTOS				\$ 74.959.563,95		
	ADMINISTRACION		23%		\$ 17.240.699,71		
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.248.786,92		
	UTILIDAD		4%		\$ 2.998.382,56		
	COSTOS DIRECTOS						
	VAOR TOTAL				\$ 97.447.433		
<hr/> <table> <tr> <td align="center"> REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado </td> <td align="center"> REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado </td> </tr> </table>						REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado
REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado						

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 5 M y CONCRETO DE 3500 PSI o 38 MR

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL		
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	495,75	\$ 903,00	\$ 447.662,25		
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	74,36	\$ 150.812,00	\$ 11.214.380,32		
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	9,83	\$ 43.705,00	\$ 429.620,15		
630.4	CONCRETOS CLASE D, f'c =3000 psi (bases)	M3	33,15	\$ 675.000,00	\$ 22.376.250,00		
630.7	CONCRETO CICLÓPEO CLASE G, 2000 PSI 40% RAJÓN PARA BASES	M3	28,22	\$ 405.830,00	\$ 11.452.522,60		
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20		
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	2.926,51	\$ 4.948,00	\$ 14.480.371,48		
	COSTOS DIRECTOS				\$ 76.472.762,00		
	ADMINISTRACION		23%		\$ 17.588.735,26		
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.294.182,86		
	UTILIDAD		4%		\$ 3.058.910,48		
	COSTOS DIRECTOS						
	VALOR TOTAL				\$ 99.414.591		
<hr/> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado </td> </tr> </table>						REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado
REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado						

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 5 M y CONCRETO DE 4000 PSI o 41 MR

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL		
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	495,75	\$ 903,00	\$ 447.662,25		
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	74,36	\$ 150.812,00	\$ 11.214.380,32		
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	9,83	\$ 43.705,00	\$ 429.620,15		
630.4	CONCRETOS CLASE D, f'c =3000 psi (bases)	M3	33,15	\$ 720.000,00	\$ 23.868.000,00		
630.7	CONCRETO CICLÓPEO CLASE G, 2000 PSI 40% RAJÓN PARA BASES	M3	28,22	\$ 405.830,00	\$ 11.452.522,60		
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	30,24	\$ 531.480,00	\$ 16.071.955,20		
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	2.926,51	\$ 4.948,00	\$ 14.480.371,48		
	COSTOS DIRECTOS				\$ 77.964.512,00		
	ADMINISTRACION		23%		\$ 17.931.837,76		
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.338.935,36		
	UTILIDAD		4%		\$ 3.118.580,48		
	COSTOS DIRECTOS						
	VALOR TOTAL				\$ 101.353.866		
<hr/> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado </td> </tr> </table>						REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado
REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado						

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 5 M ; CONCRETO DE 3000 PSI o 36 MR Y CBR 3,5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL		
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	495,75	\$ 903,00	\$ 447.662,25		
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	74,36	\$ 150.812,00	\$ 11.214.380,32		
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75		
500,1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-36, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	98,80	\$ 678.525,00	\$ 67.038.270,00		
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60		
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00		
	COSTOS DIRECTOS				\$ 100.561.130,92		
	ADMINISTRACION		23%		\$ 23.129.060,11		
	IMPREVISTOS		3%		\$ 3.016.833,93		
	UTILIDAD		4%		\$ 4.022.445,24		
	COSTOS DIRECTOS						
	VAOR TOTAL				\$ 130.729.470		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; text-align: center;"> <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado </td> <td style="width: 50%; border: none; text-align: center;"> <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado </td> </tr> </table>						<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado
<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	<hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado						

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 5 M; CONCRETO DE 3000 PSI o 36 MR Y CBR 5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	495,75	\$ 903,00	\$ 447.662,25
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	74,36	\$ 150.812,00	\$ 11.214.380,32
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500,1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-36, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	98,80	\$ 678.525,00	\$ 67.038.270,00
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 100.561.130,92
	ADMINISTRACION		23%		\$ 23.129.060,11
	IMPREVISTOS		3%		\$ 3.016.833,93
	UTILIDAD		4%		\$ 4.022.445,24
	COSTOS DIRECTOS				
	VAOR TOTAL				\$ 130.729.470

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO

Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO

Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 5 M; CONCRETO DE 3000 PSI o 36 MR					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	495,75	\$ 903,00	\$ 447.662,25
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	74,36	\$ 150.812,00	\$ 11.214.380,32
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500,1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-36, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	110,20	\$ 678.525,00	\$ 74.773.455,00
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 108.296.315,92
	ADMINISTRACION		23%		\$ 24.908.152,66
	IMPREVISTOS		3%		\$ 3.248.889,48
	UTILIDAD		4%		\$ 4.331.852,64
	COSTOS DIRECTOS				
	VAOR TOTAL				\$ 140.785.211
<p style="text-align: center;"> <u>REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO</u> Integrante proyecto de grado </p> <p style="text-align: center;"> <u>REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO</u> Integrante proyecto de grado </p>					

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 5 M; CONCRETO DE 3500 PSI o 38 MR Y CBR 3,5%

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	495,75	\$ 903,00	\$ 447.662,25
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	74,36	\$ 150.812,00	\$ 11.214.380,32
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75
500,1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-38, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	95,00	\$ 710.088,00	\$ 67.458.360,00
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 100.981.220,92
	ADMINISTRACION		23%		\$ 23.225.680,81
	IMPREVISTOS		3%		\$ 3.029.436,63
	UTILIDAD		4%		\$ 4.039.248,84
	COSTOS DIRECTOS				
	VAOR TOTAL				\$ 131.275.587

REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO

Integrante proyecto de grado

REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO

Integrante proyecto de grado

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 5 MR; CONCRETO DE 3500 PSI o 38 MR Y CBR 5%							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL		
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	495,75	\$ 903,00	\$ 447.662,25		
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	74,36	\$ 150.812,00	\$ 11.214.380,32		
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75		
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-38, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	98,80	\$ 710.088,00	\$ 70.156.694,40		
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60		
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00		
	COSTOS DIRECTOS				\$ 103.679.555,32		
	ADMINISTRACION		23%		\$ 23.846.297,72		
	IMPREVISTOS		3%		\$ 3.110.386,66		
	UTILIDAD		4%		\$ 4.147.182,21		
	COSTOS DIRECTOS						
	VAOR TOTAL				\$ 134.783.422		
<hr/> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; vertical-align: top;"> REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado </td> <td style="width: 50%; text-align: center; vertical-align: top;"> REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado </td> </tr> </table>						REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado
REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado						

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 5 M; CONCRETO DE 3500 PSI o 38 MR Y CBR 10%							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL		
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	495,75	\$ 903,00	\$ 447.662,25		
320.1	SUBBASE GRANULAR	M3	74,36	\$ 150.812,00	\$ 11.214.380,32		
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	5,95	\$ 43.705,00	\$ 260.044,75		
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-38, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	110,20	\$ 710.088,00	\$ 78.251.697,60		
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60		
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00		
	COSTOS DIRECTOS				\$ 111.774.558,52		
	ADMINISTRACION		23%		\$ 25.708.148,46		
	IMPREVISTOS		3%		\$ 3.353.236,76		
	UTILIDAD		4%		\$ 4.470.982,34		
	COSTOS DIRECTOS						
	VAOR TOTAL				\$ 145.306.926		
<hr/> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; border: none;"> REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado </td> <td style="width: 50%; text-align: center; border: none;"> REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado </td> </tr> </table>						REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado
REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO Integrante proyecto de grado	REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO Integrante proyecto de grado						

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 5 M y CONCRETO DE 4000 PSI o 41 MR Y CBR 5%					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	495,75	\$ 903,00	\$ 447.662,25
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	74,36	\$ 150.812,00	\$ 11.214.380,32
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRANTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	9,83	\$ 43.705,00	\$ 429.620,15
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-41, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	87,40	\$ 745.980,00	\$ 65.198.652,00
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 98.891.088,32
	ADMINISTRACION		23%		\$ 22.744.950,31
	IMPREVISTOS		3%		\$ 2.966.732,65
	UTILIDAD		4%		\$ 3.955.643,53
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 128.558.415
<p style="text-align: center;"> <u>REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO</u> Integrante proyecto de grado </p> <p style="text-align: center;"> <u>REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO</u> Integrante proyecto de grado </p>					

DISEÑO VIA CON ANCHO DE 5 M y CONCRETO DE 4000 PSI o 41 MR Y CBR 10%					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	M2	495,75	\$ 903,00	\$ 447.662,25
320,1	SUBBASE GRANULAR	M3	74,36	\$ 150.812,00	\$ 11.214.380,32
600.4 P	EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN SECO A MANO (INCLUYE RETIRO DE SOBRAINTES A UNA DISTANCIA MENOR DE 5 KM)	M3	9,83	\$ 43.705,00	\$ 429.620,15
500.1	CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO MR-41, INCLUYE SELLADO DE JUNTAS Y ACERO DE TRANSFERENCIA Y UNIÓN	M3	98,80	\$ 745.980,00	\$ 73.702.824,00
671.1	CUNETA DE CONCRETO CLASE E, 2500 PSI FUNDIDA EN EL LUGAR	M3	32,72	\$ 531.480,00	\$ 17.390.025,60
640.1	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI	KG	851,00	\$ 4.948,00	\$ 4.210.748,00
	COSTOS DIRECTOS				\$ 107.395.260,32
	ADMINISTRACION		23%		\$ 24.700.909,87
	IMPREVISTOS		3%		\$ 3.221.857,81
	UTILIDAD		4%		\$ 4.295.810,41
	COSTOS DIRECTOS				
	VALOR TOTAL				\$ 139.613.838
<p style="text-align: center;"> <u>REALIZO : JULIO LEANDRO GARZON ALFONSO</u> Integrante proyecto de grado </p> <p style="text-align: center;"> <u>REALIZO: OSCAR JAVIER PARDO MORENO</u> Integrante proyecto de grado </p>					