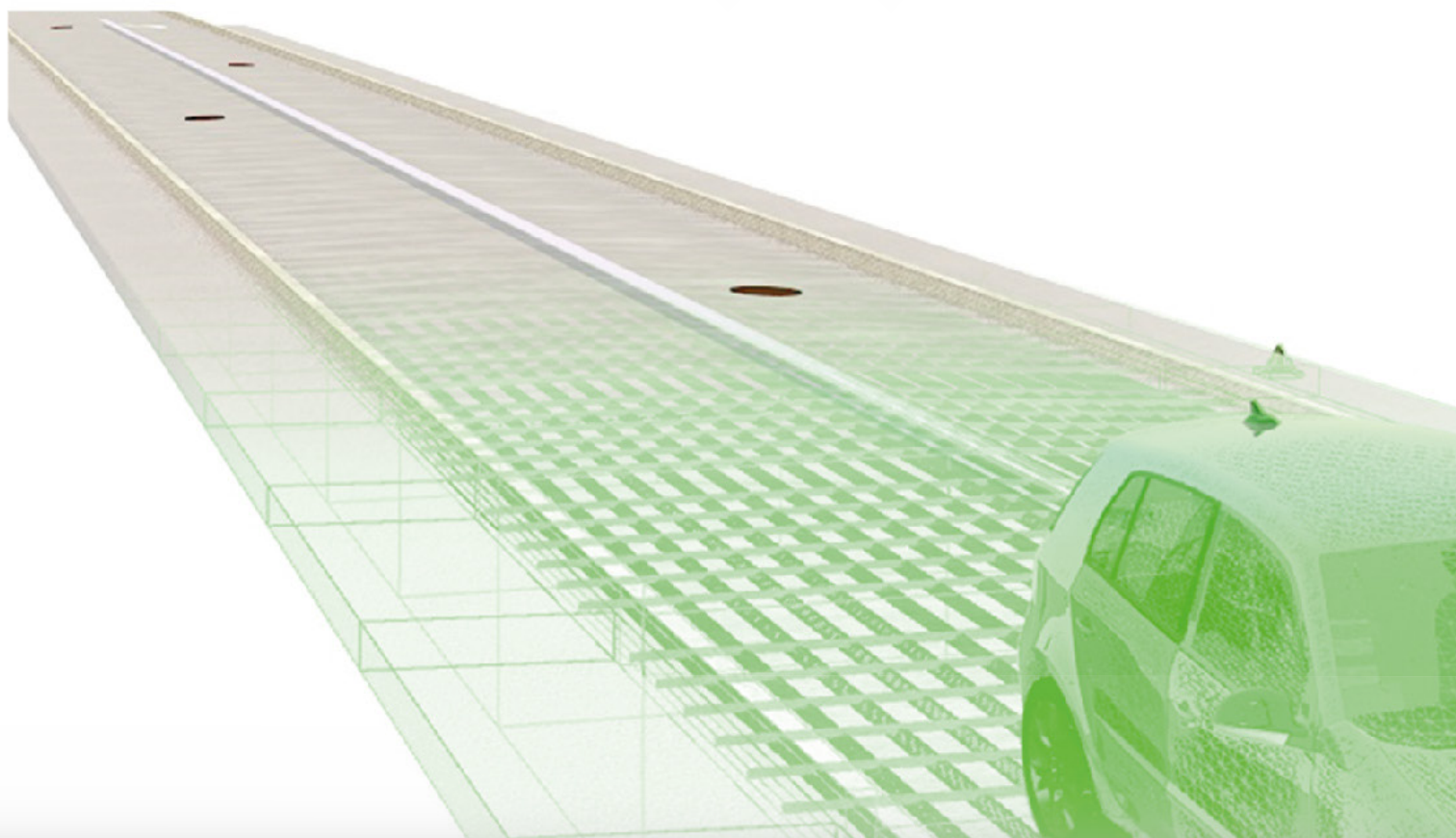


Proyectos
TIPO ✓
Soluciones ágiles para un nuevo país

12

Versión 2.0

Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito



Departamento Nacional de Planeación
Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas



DNP Departamento
Nacional
de Planeación



**TODOS POR UN
NUEVO PAÍS**
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN



MINTRANSPORTE

Director General

Simón Gaviria Muñoz

Subdirector Territorial y de Inversión Pública

Manuel Fernando Castro Quiroz

Subdirector Sectorial

Luis Fernando Mejía Alzate

Director de Inversiones y Finanzas Públicas

José Mauricio Cuestas Gómez

Coordinador General del SGR

Camilo Ernesto Lloreda Becerra

Subdirectora de Proyectos e Información de la Inversión Pública

Ana Yaneth González Ramírez

Líder Estructuración y APP

Fabio Andrés Villalba Ricaurte

Coordinadora Grupo de Estructuración

Lina María Ramírez Arango

Equipo de Estructuración

Carlos Julio Torres Laitón
Claudia Bibiana Pedraza Navarrete
Diego Sebastián Vargas Ramírez
Germán Andrés Gutiérrez Pinzón
Jhonatan Mauricio Pérez Pinto
Jonathan Mauricio Fera Casas
Jose Alejandro Olaya Sánchez
Juan Pablo Ladino Bolívar
Judith Antolinez Amaya
Lina Paola Jiménez Ríos
Lucas Montaña Acevedo
Verónica Villegas Sánchez

Grupo de Comunicaciones y Relaciones Públicas

Wiston González del Río. Coordinador
Liliana Johanna Olarte Ávila. Regalías
Carmen Elisa Villamizar Camargo. Publicaciones

Versión 2.0

Febrero 2017

Ministro de Transporte

Jorge Eduardo Rojas

Viceministro de Transporte

Alejandro Maya Martínez

Viceministro de infraestructura

Dimitri Zaninovich

Dirección de Infraestructura

Javier Monsalve Castro. Director
Rodolfo Castiblanco Bedoya. Asesor
Arley Hernando Beltrán Arévalo. Asesor GAR

BOGOTÁ, D.C., 2017

© DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN

CALLE 26 13-19, PBX: 3815000

BOGOTÁ, COLOMBIA

Resumen

En este documento se presenta el **PROYECTO TIPO**, es decir un modelo que facilita la formulación de un proyecto para la construcción de vías urbanas de bajo tránsito con pavimento rígido que puede ser implementado por las entidades territoriales en el caso de que se cumpla con las características establecidas.

Es importante tener claridad de que el modelo debe ajustarse a las realidades y características propias de cada entidad territorial.

Incluye también un procedimiento para ejecutar este tipo de proyectos y el presupuesto estimado. Así mismo, se indica cuál es el mecanismo que puede ser empleado para su operación y mantenimiento.

Contenido

	Introducción	6
1.	Objetivos del documento	7
2.	Problema por resolver	8
3.	Lo que dicen las normas	11
4.	Recursos necesarios para la implementación del proyecto	12
5.	Condiciones para implementar el proyecto	13
5.1	¿Qué se debe conocer o hacer para cumplir con los criterios?	13
5.2	¿Se cumple con las condiciones de implementación?	17
6.	Alternativa propuesta	21
6.1	Proceso constructivo	24
7.	Presupuesto y cronograma	30
7.1	Presupuesto	30
7.2	Cronograma	32
8.	Operación y Mantenimiento	33
	Anexos	35

Glosario¹

Pavimento Rígido: Es el conformado por una losa de concreto sobre una base o directamente sobre la subrasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada.

Vías Locales: Corredor vial que permiten la accesibilidad a escala local en las diferentes zonas de la ciudad en articulación con las otras mallas viales.

Tránsito Promedio Diario: Cantidad de vehículos que transitan a través de un corredor vial a lo largo de un día.

Periodo de Diseño: Es el tiempo para el que se estima que la estructura de pavimento va a funcionar con un nivel de servicio adecuado, sin requerir actividades de rehabilitación.

Carril de Diseño: Carril por el que se espera circulen el mayor volumen de vehículos pesados.

Subrasante: Suelo natural o antrópico que soporta las cargas transmitidas a través de las capas superiores de la estructura de pavimento.

Sub - Base: Capa principal de la estructura de pavimento ubicada entre la subrasante y la capa de rodadura. Tiene como propósito distribuir las fuerzas generadas por las cargas a través de la subrasante.

Módulo de Reacción de la Subrasante: Reacción de los suelos de subrasante y las capas de las estructuras de pavimentos ante

cargas estáticas no repetidas.

Ensayo CBR: Ensayo que permite la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado Relación de Soporte de California, conocido por su origen CBR (Californian Bearing Ratio).

Drenaje Superficial: Estructura construida para transportar y evacuar las aguas que caen directamente sobre la capa de rodadura de la estructura de pavimento.

Juntas: Son parte importante de los pavimentos rígidos y se realizan con el fin de controlar los esfuerzos que se presentan en el Concreto como consecuencia de los movimientos de contracción y de dilatación de material y a los cambios de temperatura y humedad.

Sardinel: Elemento de concreto, asfalto u otros materiales para delimitar la calzada de una vía.

Eje Simple: Ensamble de dos o cuatro llantas unidas entre sí por una línea de rotación.

Eje Tandem: Eje conformado por dos líneas de rotación, dotado de una suspensión que permita la compensación de cargas y cuya separación se encuentra entre 1.00 y 1.60 metros.

Eje Tridem: Eje conformado por tres líneas de rotación dotado de una suspensión que permita la compensación de carga y cuya separación entre las líneas de rotación extremas se encuentra entre 2.00 y 3.20 metros.

¹ Definiciones extraídas del Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS y de la Guía de diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá D.C



Introducción

Bienvenido. En sus manos se encuentra un **PROYECTO TIPO** que contiene los aspectos metodológicos y técnicos para que las entidades territoriales que requieran atender un problema específico, puedan de manera ágil hacer realidad este proyecto en su territorio. Su aplicación genera dos importantes ahorros:

- Hasta del 70% en los costos previstos de preinversión.
- De más de cuatro meses en su formulación y estructuración.

Para la correcta y eficiente formulación de proyectos, este **PROYECTO TIPO** cuenta con dos herramientas complementarias:

1. La Guía de apoyo para formular y estructurar proyectos de inversión pública y diligenciar el aplicativo MGA–Web para proyectos de inversión. Esta guía contiene los aspectos conceptuales necesarios para la formulación de un proyecto de inversión pública.

<https://www.dnp.gov.co/programas/inversiones-y-finanzas-publicas/Paginas/Metodologias.aspx>

2. Los Documentos Tipo para el proceso contractual que servirán de referencia para la adquisición de bienes y servicios.

Como ayuda para facilitar la formulación del proyecto, se presenta como ejemplo anexo a este documento la MGA–Web diligenciada, la cual debe ser ajustada con los datos reales de su entidad territorial.

Este documento contiene la guía o **PROYECTO TIPO** para la **CONSTRUCCIÓN DE VÍAS URBANAS DE BAJO TRÁNSITO CON PAVIMENTO RÍGIDO**, que consiste en la pavimentación de una vía local en un entorno urbano, en cualquier tipo de pendiente. El bajo

tránsito se refiere a autos, buses y camiones de tres ejes (C3) o menores. El contenido de este documento le permitirá dar los primeros pasos para estructurarlo, con el fin de buscar la financiación del proyecto. Se incluye:

- Identificar y dimensionar el problema
- Conocer el detalle técnico de la alternativa propuesta y su costo.
- Conocer el cronograma estimado para su ejecución.
- Identificar los recursos requeridos para su mantenimiento y operación.

Es importante que tenga en cuenta que dentro de este documento algunos datos fueron asumidos. Esto implica que, para la formulación de un proyecto como este, se debe ajustar la información con la realidad correspondiente a cada entidad territorial.

En este documento se utilizan dos imágenes de referencia para diferenciar el contenido de mayor relevancia para quienes estructuran el proyecto y para quienes tienen la responsabilidad técnica de ejecutarlo.



Indica información de interés para la formulación del proyecto.



Indica información de interés para el componente técnico del proyecto.

Los datos contenidos en este documento pueden ser actualizados, tanto en sus cifras, como en las normas que aplican para su formulación. Para ello remítase a www.dnp.gov.co con el fin de verificar si el presente documento ha sido actualizado.

1. Objetivos del documento

El objetivo de este documento es presentar un **PROYECTO TIPO** o modelo, que sirva a las entidades territoriales que hayan identificado malas condiciones de movilidad en un tramo de vía urbana (lentitud en la circulación de vehículos, por la mala calidad de la vía) de su territorio. Además que haya establecido que el problema puede solucionarse en mejor forma con un pavimento rígido.



Eso implica un análisis para comparar con otras alternativas, como la del pavimento flexible, y de acuerdo con las particularidades de cada región definir si para solucionar la problemática planteada, la alternativa óptima es la de construir infraestructura de pavimento flexible o rígido. También un inventario de redes de servicios públicos para saber si se encuentran en buenas condiciones, con el fin de que no sea necesario intervenir las vías en el corto plazo. Se pretende:

- Dar una alternativa de solución, agilizando las tareas de formulación y diseño, generando ahorro en costos y tiempo.
- Permitir que el diseño final tenga en cuenta todos los aspectos técnicos necesarios para realizar este proyecto.
- Facilitar la formulación con el fin de ayudar a conseguir los recursos públicos.



2. Problema por resolver

Este numeral identifica el problema y define los objetivos que tiene un proyecto de **CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN VÍAS URBANAS DE BAJO TRÁNSITO**.

Este proyecto tipo es una alternativa de solución desarrollada que sirve como punto de referencia para la formulación y estructuración de proyectos similares, por lo cual, previamente se debe analizar la situación particular de la entidad territorial y determinar que la inversión presentada es la más óptima y que se adecúa a las necesidades del territorio.

Por lo anterior, un municipio puede implementar el proyecto tipo una vez realice el diagnóstico de la situación particular y defina que este proyecto es la alternativa de solución más adecuada para atender esa necesidad, garantizando que la inversión se adapte a sus características específicas.

La pregunta a contestar es la siguiente:

¿La entidad territorial tiene la necesidad de mejorar el tránsito vehicular en un tramo de vía urbana (lentitud en la circulación de vehículos, por la mala calidad de la vía) en su municipio?

Es importante que la entidad territorial haga

un análisis de la situación actual con el fin de determinar si existe la necesidad de construir una vía urbana, y si el pavimento rígido es la mejor alternativa. Se deben considerar los problemas observados o percibidos por la comunidad o la alcaldía.

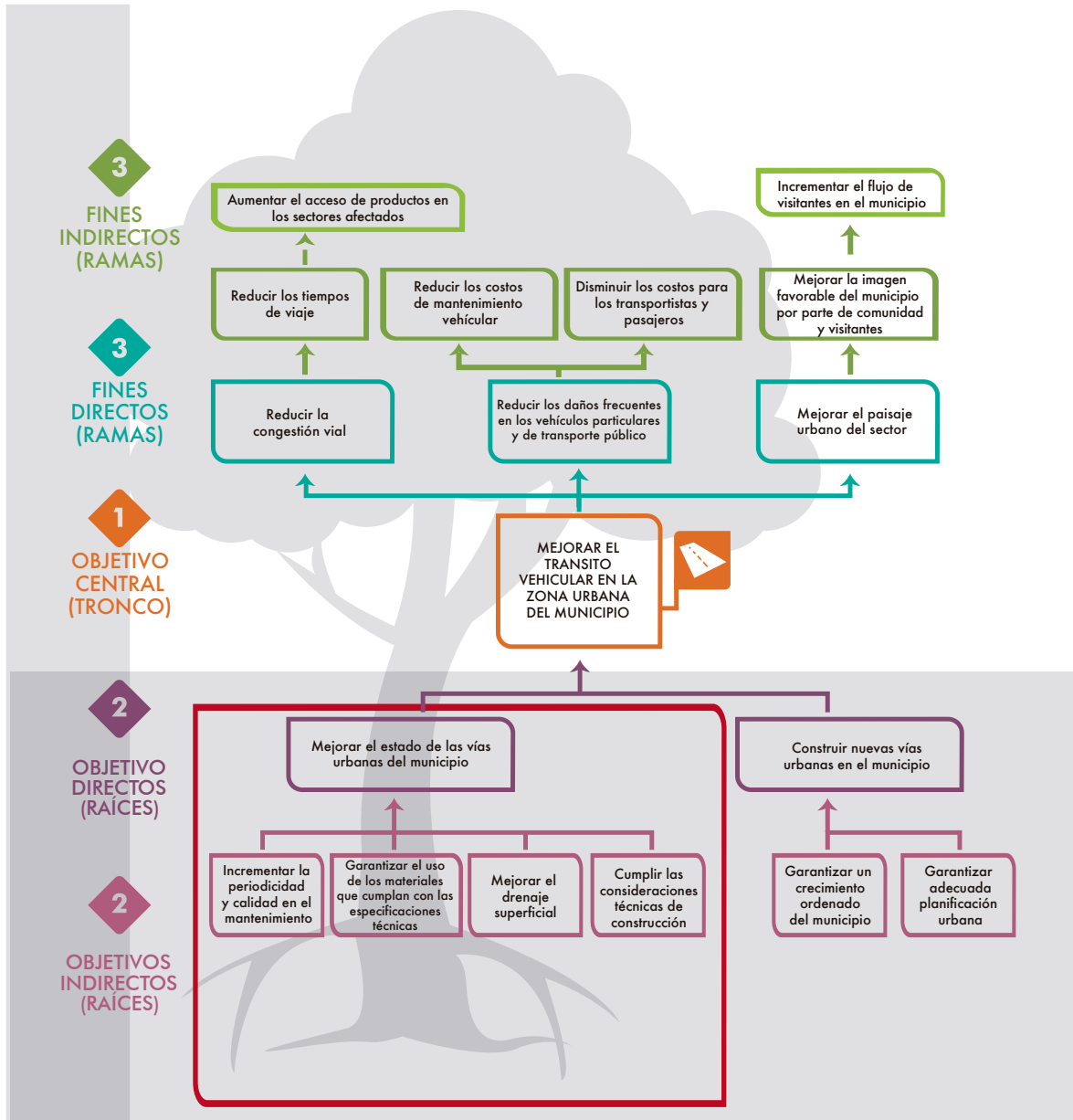
Generalmente hay problemas como las malas condiciones de movilidad en el área urbana. Esto afecta los tiempos de viaje de los usuarios, los costos de transporte y la operación de los vehículos. También afecta el paisaje urbano de los municipios.

Por eso las causas seleccionadas como las más probables son el deterioro o la inexistencia de las vías urbanas.

En cuanto a al deterioro de las vías, se considera que existe construcciones sin consideraciones técnicas o que existe baja periodicidad en el mantenimiento. También malos drenajes de aguas lluvia. Así mismo, deficiente mantenimiento periódico o rutinario.

A continuación se presenta el árbol de problemas que identifica las posibles razones y consecuencias de la mala movilidad en un tramo de vía urbana del municipio.

Ilustración 2. Árbol de objetivos



□ Causas impactadas con la implementación de este PROYECTO TIPO

Fuente: Grupo de Estructuración de proyectos

De acuerdo con las causas identificadas y, aplicando la metodología del marco lógico –usada por el Departamento Nacional de Planeación para formular un proyecto (causas, efectos, objetivos, actividades y producto)- se definen los siguientes objetivos específicos:

- Mejorar el estado de las vías urbanas en el municipio.

- Construir nuevas vías urbanas en el municipio.

Una vez priorizados los objetivos específicos se identifican los productos (bienes o servicios) que los materializan, y se determinan las soluciones que realmente puedan llevarse a cabo, para definir las posibles alternativas de solución.



3. Lo que dicen las normas

Este **PROYECTO TIPO** está diseñado cumpliendo con todas las normas que le son aplicables.

A manera de información, se presenta a continuación el marco normativo relevante para este **PROYECTO TIPO**:

En la construcción de proyectos, pertenecientes al Sector de Infraestructura y Transporte, se debe tener en cuenta los lineamientos sectoriales establecidos por el Ministerio de Transporte, que es la cabeza del Sector.

El Instituto Nacional de Vías – INVIAS, es un organismo adscrito al Ministerio de Transporte,

el cual tiene como objeto la ejecución de las políticas, estrategias, planes, programas y proyectos de la infraestructura no concesionada de la Red Vial Nacional de carreteras primaria y terciaria, férrea, fluvial y de la infraestructura marítima, de acuerdo con los lineamientos dados por el Ministerio de Transporte.

En este sentido, para el desarrollo de este proyecto, se siguieron los lineamientos proporcionados por el INVIAS mediante las especificaciones técnicas del año 2012.

A continuación se presentan los lineamientos normativos:

LEY 715 DE 2001	En su artículo 76 establece que es responsabilidad de los municipios, directa o indirectamente, con recursos propios, del Sistema General de Participaciones u otros recursos, promover, financiar o cofinanciar proyectos de interés municipal y en especial construir y conservar la infraestructura municipal de transporte, (...)
LEY 105 DE 1993	En su artículo 17 establece que hace parte de la infraestructura distrital municipal de transporte, las vías urbanas, suburbanas y aquellas que sean propiedad del Municipio
LEY 336 DE 1996	En su artículo 20 establece que corresponde al Ministerio de Transporte, a las entidades del orden nacional con responsabilidad en la infraestructura de transporte y a las Entidades Territoriales, la planeación de su respectiva infraestructura de transporte, determinando las prioridades para su conservación y construcción.
LEY 336 DE 1996	Velar por la construcción, conservación y protección de las vías urbanas y suburbanas de su jurisdicción.
PND 2014 - 2018	Define que la movilidad urbana como la interurbana de corta distancia constituyen un eje articulador para incrementar la calidad de vida, el desarrollo económico y la competitividad de las ciudades dentro de la estrategia “Ciudades amables y sostenibles para la equidad”



4. Recursos necesarios para la implementación del proyecto

Teniendo claridad sobre el problema a solucionar y las normas que aplican al proyecto, la siguiente pregunta que debe hacerse es:

¿Mi entidad territorial tiene los recursos necesarios para construir un tramo de vía urbana de bajo tránsito con pavimento rígido?

Las entidades territoriales cuentan con diversas fuentes de financiación, como el Sistema General de Regalías (SGR), Sistema General de Participaciones (SGP), recursos Propios y el apoyo del Gobierno Nacional a través del Presupuesto General de la Nación (PGN). Se sugiere consultar todas estas fuentes, identificando los recursos que pueden financiar el proyecto y los requisitos a cumplir para tener acceso a cada una de ellas.

Conozca cuál es el alcance del proyecto y sus objetivos, con el fin de tener una descripción técnica de la solución para luego tener un presupuesto del mismo.

El proyecto cuenta con tres capítulos principales que deben ser financiados:

- **Preinversión:** el PROYECTO TIPO -al definir los aspectos técnicos requeridos para su implementación- genera un ahorro en los costos correspondientes a preinversión. Sin embargo, en este capítulo se deben destinar recursos para complementar la etapa de preinversión, específicamente para financiar los estudios de suelos, estudio de tránsito, topografía, hidrología e hidráulica, socialización del proyecto, y otros.
- **Ejecución:** Se estima que el valor total para la construcción de la vía de 100 metros de longitud, 7 metros de ancho en pavimento rígido y con sardineles está entre \$135 millones.
- **Operación y mantenimiento:** los recursos con los que debe contar la entidad territorial para realizar el mantenimiento de la vía anualmente se estima en \$562 mil.



5. Condiciones para implementar el proyecto



Para el presente ejercicio se determinó como alternativa de solución la construcción de una vía urbana nueva con pavimento rígido de una longitud de 100 m con un ancho de 7 m con dos carriles (vía bidireccional o de doble

sentido) y estará confinada con sardineles en ambos extremos.

Para la implementación del proyecto se deberán cumplir con los criterios que se presentan a continuación.

Tabla 1. Criterios para la implementación del prototipo de diseño del pavimento rígido.

Criterios	Indicador	Valor
Tránsito	TPD ²	0-1000
	Distribución de Camiones respecto a un TPD entre 0 - 180	C-2P=20.0%
		C-2G=4.8%
		C3-C4=0,2%
	Distribución de Camiones respecto a un TPD entre 180 - 300	C-2P=42.7%
		C-2G=4.1%
		C3-C4=0,2%
	Distribución de Camiones respecto a un TPD entre 300 - 1000	C-2P=11.8%
		C-2G=4.1%
C3-C4=0,1%		
Periodo de diseño	(Años)	20
Suelo	CBR Subrasante (%)	5 - 10
	Mód. Resiliente (kg/cm ²)	500 - 1000
	Mód. de Reacción Subrasante (MPa/m)	40 - 55
Concreto	Módulo de Rotura (MPa)	4
Zona	Urbana	
Características de la vía	Ancho de la vía	7 m
	Pendiente Bombeo	2%
Redes de servicios	Buen estado de redes de servicios públicos de acueducto y alcantarillado.	
Sistema de Transferencia	Dovelas	Si
	Bermas	No

Fuente: Grupo de Estructuración de proyectos

5.1 ¿Qué se debe conocer o hacer para cumplir con los criterios?

Los estudios y diseños para identificar si cumple con los criterios mencionados en la tabla anterior son:

a) Levantamiento topográfico

Se deberá realizar el levantamiento topográfico para la localización y determinación de la

² Se tiene en cuenta para el cálculo de ejes equivalente vehículos tipo automóvil, buses, camiones (C2P, C2G y C3) considerando que son vías de bajo tránsito.

pendiente de la vía. Consiste en determinar la localización general, ubicar el tramo de vía para la intervención, determinar la pendiente longitudinal y dimensionamiento de las áreas de intervención.

Se sugiere que el Levantamiento Topográfico incluya como mínimo amarres al sistema de coordenadas del IGAC (debidamente certificadas), en donde además se identifique de predios colindantes, norte geográfico, cuadro de coordenadas, curvas de nivel, cuadro de convenciones, cálculo del área o de la zona de intervención, levantamiento de redes eléctricas o postes, levantamiento de redes de acueducto, alcantarillado pluvial y sanitario con las respectivas cotas, levantamiento de elementos relevantes de la vía y del entorno (cercas, pozos, etc.), levantamiento de construcciones existentes indicando nomenclatura y pendientes aproximadas, perfiles transversales y longitudinales indicando en planta la ubicación, punto de inicio y punto final, memorias topográficas (descripción general, metodología utilizada, equipos técnicos y humanos, precisión), carteras topográficas de campo y cálculo.

b) Estudio de tránsito

Se debe realizar el estudio de tránsito el cual influye de manera directa en el diseño de las estructuras de pavimento. El número y el peso de los ejes que pasan en el período de diseño imponen el daño a la estructura.

En este sentido es necesario determinar los siguientes parámetros:

Tránsito Promedio Diario Semanal

El TPD se determina contando, durante un lapso establecido, todos los vehículos que pasan por una sección de la vía (todos los carriles y ambas direcciones).

El periodo más utilizado es el TPDs en cuyo caso se refiere a que el conteo se hizo durante una semana. El diseñador definirá el tipo de proyección (lineal o exponencial) que más se acerque a la realidad de la región, con el fin de calcular el TPDs al último año de diseño.

Ilustración 3. Clasificación de los vehículos en Colombia

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA	TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS			C3 Y C4	CAMION C3	
BUSES	BUSETA			CAMION C4	
	BUS			TRACTO-CAMION C2-S1	
	BUS METROPOLITANO			TRACTO-CAMION C2-S2	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUENO			TRACTO-CAMION C3-S1	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE		C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
			> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

Fuente: Curso básico de diseño de pavimentos - Ingeniero Fernando Sanchez Sabogal

Número de ejes acumulados de 8.2 ton

Número de ejes acumulados de 8.2 ton
Los ejes acumulados de 8,2ton, son los ejes equivalentes que han de pasar por el carril de diseño durante el período de diseño. Por las características funcionales de los pavimentos de concreto, se recomienda que el período de diseño

sea igual o superior a 20 años.

Por su parte la vida útil es el número de años en que el pavimento está en condiciones de permitir la circulación de los vehículos en unas condiciones buenas de operación.

El Número de ejes equivalentes se obtiene de la

siguiente expresión:

$$\text{Ejes equivalentes: } 8.2\text{ton} = \text{TPDs} \times 365 \times \text{FC} \times \text{Fd} \times \text{Vc}$$

Donde:

TPDs: Tránsito Promedio Diario Semanal proyectado en cada dirección

Fd: Factor de distribución por carril

FC: Factor Camión

Vc: Porcentaje de vehículos comerciales (Buses y Camiones)

El Factor Camión se entiende como el número de aplicaciones de ejes sencillos cargados con 81.81 kN (8.2 toneladas) que es necesario que circulen por un pavimento para hacer el mismo daño que un camión con una carga cualquiera.

Se calcula entonces sumando los diferentes factores de equivalencia de acuerdo con la siguiente expresión:

$$F_e = \left[\frac{P_i}{P_e} \right]^n$$

En donde:

Fe: Factor de equivalencia

Pi: Carga en el eje (se tendrá en cuenta la configuración de los ejes y la capacidad de carga legal permitida, acorde con lo establecido por la Resolución 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de 2009 – Ministerio de Transporte)

Pe: Carga en el eje patrón (Eje direccional: 6 ton, eje sencillo rueda doble: 8,2 ton, Eje tándem: 13.2 ton, Eje Trídem: 184 ton)

n: Exponente (entre 4 y 4,5 dependiendo del tipo de pavimento y de su función estructural).

Número de repeticiones

Para diseñar con el método PCA del 84 es necesario determinar el número de repeticiones para cada uno de los ejes de diseño (ejes simples, tándem y tridem de diferente magnitud de carga, esperados durante el periodo de diseño):

Los parámetros de diseño en este método son los siguientes:

- Tipo de juntas y berma.
- Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días.
- Valor k de la subrasante o del conjunto subrasante subbase.
- Distribución de cargas por eje.
- Número esperado de repeticiones de las diversas cargas por eje en el carril de diseño durante el periodo de diseño.

c) Estudio de suelos

El estudio de suelos debe realizarse en el área donde se va a desarrollar el proyecto. El documento debe contener la descripción general del proyecto (nombre, localización con dirección), el resumen de la investigación realizada, el análisis geotécnico, las recomendaciones para el diseño, las recomendaciones para la construcción, las tablas de resultado de los sondeos, el resumen de memorias de cálculo y registro fotográfico del procedimiento de toma de muestras.

Se debe contar con la ubicación de los sondeos y caracterizaciones con perfiles estratigráficos en una copia del plano del levantamiento topográfico realizado, con el respectivo registro fotográfico de los muestreos realizados. Además se requiere contar con copia de la matrícula profesional de acuerdo con el capítulo 2 de la Ley 400 de 1997 “por el cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes”.

A continuación se detallan los ensayos

que se deben realizar para identificar las características de resistencia del suelo de la subrasante y establecer si cumple con los criterios establecidos en la Tabla 1.

Ensayo de CBR

Para determinar la resistencia de los suelos, se debe realizar la prueba de CBR (California Bearing Ratio) o valor relativo de soporte, desarrollado por la División de Carreteras de California. La prueba del CBR es un ensayo normalizado (Norma INV-E 148-13) en el cual un vástago penetra, en el suelo compactado en un molde, con una presión y a una velocidad controlada y se establecen un conjunto de penetraciones prefijadas y se determina la presión ejercida correspondiente a cada una de ellas; el vástago tiene un área de 19,4 cm² y penetra la muestra a una velocidad de 0,127 cm/min.

El valor relativo de soporte (CBR) se expresa en porcentaje y se define como la relación entre la carga unitaria aplicada que produce cierta deformación en la muestra de suelo requerida, para producir igual deformación en una muestra patrón.

Para subrasantes con CBR menores que 5, el

especialista debe recomendar tratamientos especiales como la sustitución de los materiales inadecuados (remoción parcial o total del material inaceptable) o la modificación de sus características con base en mejoros mecánicos que doten a la subrasante de mejores características mecánicas. (Artículo INV-230-13).

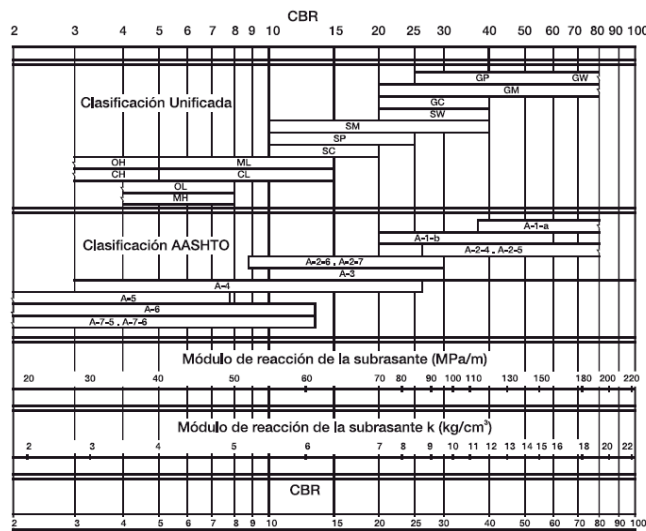
Ensayo de Placa

Para diseñar pavimentos en concreto, es necesario determinar la deformación que este tiene cuando se le aplica una carga, para esto se realiza la prueba de placa (INVE 168-13) y consiste en aplicar sobre el suelo "in-situ" una carga por medio de una placa rígida y medir su asentamiento.

Resultado de la información obtenida con el ensayo se elabora una gráfica de presión contra penetración, con la cual se establece el parámetro llamado Módulo de Reacción de la Subrasante o valor K.

Teniendo en cuenta la dificultad que existe para realizar el ensayo para determinar el módulo de reacción de la subrasante, se puede recurrir a correlaciones entre el valor k con el del CBR y la clasificación de suelos, siguiendo las indicaciones de la siguiente ilustración.

Ilustración 4. Correlación entre el CBR y el Módulo de Reacción



Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS

Así mismo, el CBR se puede utilizar para encontrar el valor de módulo de reacción de la subrasante mediante correlación por medio de las siguientes ecuaciones (para CBR menores de 10%)³:

$$Mr\left(\frac{N}{m^2}\right) = 10^7 * CBR$$

$$Mr\left(\frac{MPa}{m}\right) = 10 * CBR$$

$$Mr\left(\frac{kg}{cm^2}\right) = 100 * CBR$$

$$Mr\left(\frac{lb}{in^2}\right) = 1500 * CBR$$

Características de la Sub base Granular:

Las principales funciones de esta capa son las de dar soporte uniforme y constante al apoyo de losas, controlar las variaciones volumétricas de la subrasante y aumentar la capacidad de

soporte de la fundación.

La Sub base Granular debe cumplir con las características que se estipulan en las normas del Instituto Nacional de Vías mediante sus especificaciones técnicas establecidas en el Artículo INV 330 - 13

d) Diagnóstico de las redes de servicios públicos

Es necesario determinar si las redes de servicios públicos de acueducto y alcantarillado existentes se encuentran en buen estado, con el fin que no sea necesario realizar su reposición en el corto plazo y se vea afectado el pavimento que se encuentra recientemente construido.

Se debe presentar la información de cotas clave y localización de redes en planos.

5.2 ¿Se cumple con las condiciones de implementación?

Una vez realizados los anteriores estudios se podrá determinar si las condiciones propias de la región cumplen con los criterios establecidos en la Tabla 1.

En el caso que no se cumplan con los criterios definidos, es necesario realizar el diseño total por parte de la entidad territorial y no se podrá hacer uso del diseño establecido en el presente documento.

En el caso que se cumplan con dichos parámetros se debe realizar la implantación del proyecto a las características propias del área a intervenir. En este sentido, se debe disponer de un ingeniero civil que se encargue de implementar el prototipo de diseño en el terreno a intervenir.

Para ello, es necesario realizar los siguientes estudios específicos para ajustar el estandarizado a su necesidad, según se describe a continuación.

a) Localización proyecto y fuente de materiales

Plano de ubicación general

El plano debe contener: Norte, escala, cuadrícula de coordenadas, abscisas, puntos de referencia y amarre utilizados, cuadro de convenciones, rótulos, entre otros.

Plano de levantamiento

Se debe entregar un plano de levantamiento

³ CARLOS HERNANDO HIGUERA SANDOVAL. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras – Volumen 2. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de ingeniería. Escuela de transporte y vías. 2015. Pág. 12.

topográfico en escala legible en tamaño pliego o medio pliego según se requiera, indicando lo siguiente:

Norte, escala, curvas de nivel, puntos de referencia y amarre con coordenadas, abscisados con detalle de puntos de inicio, hitos especiales (redes, quebradas, etc.), perfiles de terreno, cuadro de convenciones, ubicación de obras de drenaje existentes.

El plano debe estar debidamente firmado por el profesional o técnico encargado de su elaboración y se debe entregar en físico y en medio digital (versión AutoCAD© 2007 como mínimo) junto con copia de las carteras topográficas.

Levantamiento técnico

Se requiere hacer un levantamiento técnico del estado de las vías a intervenir, con el fin de determinar las características físicas de la zona en concordancia con el levantamiento topográfico, actividad geológica evidente o teórica, manejo de aguas de escorrentía y cauces naturales en la zona de la vía.

De igual forma es necesario identificar las obras existentes con el fin de determinar su permanencia, reconstrucción, adecuación o retiro, según el criterio del personal técnico encargado del levantamiento y posteriormente del diseñador de las intervenciones.

El producto final de las actividades de inspección será insumo directo para el diseñador, teniendo en cuenta que la información levantada permita determinar la pertinencia de la profundización de algún aspecto específico que el diseñador deba incluir para garantizar la estabilidad de las obras mediante el tratamiento o estabilización de las condiciones críticas identificadas.

Con la información generada en el diagnóstico, el diseñador deberá elaborar los planos planta perfil de las intervenciones proyectadas, la necesidad o no de profundización del

estudio propuesto en la inspección con su correspondiente justificación técnica y los diseños para tratamiento de las condiciones críticas identificadas que requieren actividades de control o estabilización.

Documentos del profesional o técnico encargado

Copia de la matrícula del profesional o técnico encargado tanto del levantamiento topográfico como de la realización del diagnóstico y copia de la vigencia de la matrícula profesional actualizada, además de los productos del diseñador.

b) Estudio hidrológico e hidráulico para diseño de drenajes

Estos estudios se requieren para verificar si se requiere o no la limpieza, rehabilitación, reconstrucción de obras de drenaje existentes o construcción de nuevas con el fin de minimizar o eliminar las condiciones críticas de afectación a la vía existente y por ende a las obras a construir.

Por lo anterior se requiere la realización de los estudios para determinar los caudales a manejar en cada zona o tramo de vía a intervenir, así como el funcionamiento de las obras existentes para determinar sus capacidades y proceder finalmente al diseño hidráulico y de drenaje.

De igual forma se verificará el comportamiento del drenaje subsuperficial o de flujos de nivel freático que puedan afectar las obras a realizar para considerar así mismo el posible diseño de elementos que tiendan a controlar las situaciones críticas mencionadas, como puede ser el caso de drenajes subsuperficiales, drenes verticales, filtros laterales, colchones filtrantes, etc.

El estudio debe contar con las áreas de drenaje del área a intervenir.

c) Caracterización del suelo

Exploración de campo.

Para la evaluación del subsuelo del proyecto, se deberán realizar perforaciones con el fin de establecer el tipo de suelo y sus condiciones mecánicas y determinar el nivel freático.

Ensayos de laboratorio

Sobre las muestras se deben tomar las más representativas para la clasificación por el Sistema Unificado (USCS) y con ellas se determinaron las características de resistencia mecánica del suelo, mediante la ejecución de los siguientes ensayos de laboratorio:

- Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos (INV E 123 – 13)
- Límites líquidos y plástico de los suelos (INV E 125 – 13 e INV E 126 – 13)
- Determinación de la Humedad (INV E 122 – 13)
- CBR de suelos compactados en laboratorio y sobre muestra inalterada (INV E 148 – 13)

Documentos del profesional

Copia de la matrícula profesional y copia de la vigencia profesional actualizada.

d) Caracterización del Concreto

Módulo de Rotura del concreto:

En los métodos de diseño de pavimentos de concreto, se considera la resistencia a la flexión, medida a 28 días, evaluada mediante su módulo de rotura, siguiendo el método de ensayo de la Norma INV E – 414 - 13, como uno de los parámetros que determinan el espesor, sin embargo el ensayo que controla ese esfuerzo.

Esta norma de ensayo se refiere a la determinación de la resistencia a la flexión del concreto, empleando una viga simple soportada, cargada en los tercios de la luz libre.

El coeficiente de variación encontrado para un solo operador es de 5,7%. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos realizados apropiadamente por el mismo operador sobre vigas hechas de la misma amasada de concreto, puede diferir hasta en un 16%.

Módulo de elasticidad del Concreto:

Es un parámetro que está involucrado en el comportamiento de los pavimentos de concreto, y por ende en el diseño mismo. Su determinación se hace a partir de ensayos de laboratorio, método de ensayo en la Norma INV E – 416 - 13.

e) Zonas de transición

Se deberá tener en cuenta los ajustes por zonas de transición, tanto al inicio como al final de los tramos del proyecto. Así mismo, se podrán presentar interacción con otras estructuras que pueden ser pavimentos rígidos o flexibles, puentes, pozos de inspección, sumideros, entre otros.

Para los tramos que presenten pozos de inspección, sumideros, cámaras de inspección, entre otros, se deberá ajustar la modulación de las losas, manteniendo la relación de esbeltez (l/a), con el fin que la junta transversal del tramo coincida con dichas estructuras. Así mismo, cuando la estructura coincide con la junta longitudinal, se sugiere ajustar la modulación con el fin que la junta transversal coincida con el pozo. Cuando se presenten varios pozos se debe ajustar la estructura con el fin que coincidan todos en el misma losa, la cual se recomienda sea reforzada de acuerdo con el diseño para cada caso.

En las intersecciones se recomienda, que sean moduladas las losas de tal manera que se eviten formas irregulares y esbeltas. Si las losas no cumplen con los criterios de esbeltez se sugiere sea reforzada. Por otra parte, para los accesos se recomienda que las juntas longitudinales de un sentido coincidan con las longitudinales del

otro sentido y sean losas reforzadas.

f) Plan de Manejo Ambiental

Con este plan se establece, de manera detallada, las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo del proyecto, obra o actividad.

Se debe contar con certificación de existencia de canteras u otras fuentes de materiales para el proyecto indicando lo siguiente: nombre de la cantera, ubicación, productos que ofrece y disponibilidad, descripción del proceso que realiza, permisos mineros y ambientales, precios y datos de contacto. Además, se requiere contar con una resolución de aprobación de la corporación autónoma regional de la zona de disposición de materiales y escombros (ZODME) elegida para el proyecto.

se deberá seguir las pautas indicadas en la Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura Subsector Vial del INVIAS vigente a la fecha de elaboración de los estudios y diseños.

Documentos del profesional

Copia de la matrícula profesional de quien elaboró los documentos relacionados con los aspectos ambientales y copia de la vigencia de la matrícula. El profesional debe ser Ingeniero Ambiental o Ingeniero Civil con Especialización Ambiental.

g) Plan de Manejo de Tránsito - PMT

Este plan se requiere para mitigar el impacto generado por las obras que se desarrollan en las vías urbanas y en las zonas aledañas a éstas, con el propósito de brindar un ambiente seguro, ordenado, ágil y cómodo a los conductores, pasajeros, ciclistas, peatones, personal de la obra y vecinos del lugar, en cumplimiento a las normas establecidas para la regulación del tránsito.

En el PMT además de los aspectos técnicos, se deben definir los costos iniciales y operativos de su implementación para incluir dentro del presupuesto en el componente de administración.

Será la autoridad de tránsito la responsable de aprobar dicho plan en el caso de obras en vías urbanas. Requiere la entrega de planos de implantación, cantidades de elementos, personal, mantenimiento, la definición de los medios y los costos para la divulgación y en algunos casos aprobación de la entidad territorial o su organismo de tránsito.

Los responsables de implementar el proyecto de PMT serán el contratista y la entidad responsable de la obra que interfiera el espacio público.

Para la realización del Plan de Manejo de Tránsito se deberá seguir las pautas indicadas en el Capítulo de Señalización de Obras del Manual de Señalización Vial del INVIAS vigente a la fecha de elaboración de los estudios y diseños.



6. Alternativa propuesta

Para el presente ejercicio se determinó como alternativa de solución la construcción de vías urbanas con pavimento rígido. No obstante, de acuerdo con la realidad de cada entidad territorial se deben considerar todas las alternativas factibles y sobre ellas desarrollar los estudios pertinentes.

El formulador analizar la mejor alternativa del uso del tipo de pavimento de acuerdo con las particularidades de cada región, y definir si para solucionar la problemática planteada, la alternativa óptima es la de construir infraestructura con pavimento rígido.

En este sentido, será responsabilidad del

Los parámetros seleccionados para esta alternativa de solución son:

Detalles de un tramo de pavimento rígido de 100 m

El ancho de la vía será de 7 m entre los sardineles, y tendrá pendientes de bombeo del 2%.

La placa de concreto hidráulico podrá tener 18, 19 o 20 cm de espesor, con una resistencia a la compresión de 28 Mpa, con juntas transversales y una junta longitudinal en el centro de la calzada de acuerdo al ancho de vía.

Se tendrá una capa de subbase granular de 12 cm de espesor (para placas de 18 cm) o 15 cm de espesor (para placas de 19 o 20 cm), cumpliendo con todas las características exigidas por el INVIAS.

Tendrá dovelas de 7/8" de diámetro (para placas de 18 cm), y de 1" de diámetro (para placas de 19 o 20 cm), lisas, en las juntas transversales con una longitud de 35 cm, separados entre sí, cada 30 cm.

Las juntas longitudinales tendrán barras de anclaje de 1/2" con una longitud de 85 cm separadas entre sí cada 1.20 m.

El concreto debe tener un Módulo de Rotura mínimo de 40 kg/cm² y deberá cumplir con las condiciones establecidas del INVIAS.

Esta alternativa de solución contempla una estructura con una capa de placa de concreto hidráulico con una capa de sub base granular, sin embargo también existen soluciones estructurales como capas de suelo - cemento (Artículo 350) y bases estabilizadas con arena-emulsión (Artículo 340), así como rodaduras en afirmado (Artículo 311), sello de arena- asfalto (Artículo 432) y tratamientos superficiales (Artículos 430 y 431)

De acuerdo con los siguientes esquemas:

Ilustración 5. Esquema representativo del eje transversal de la vía

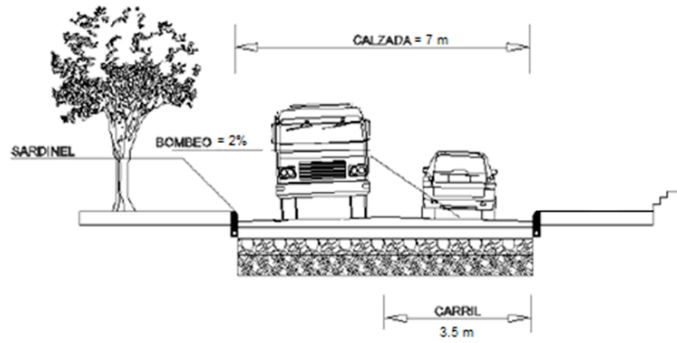
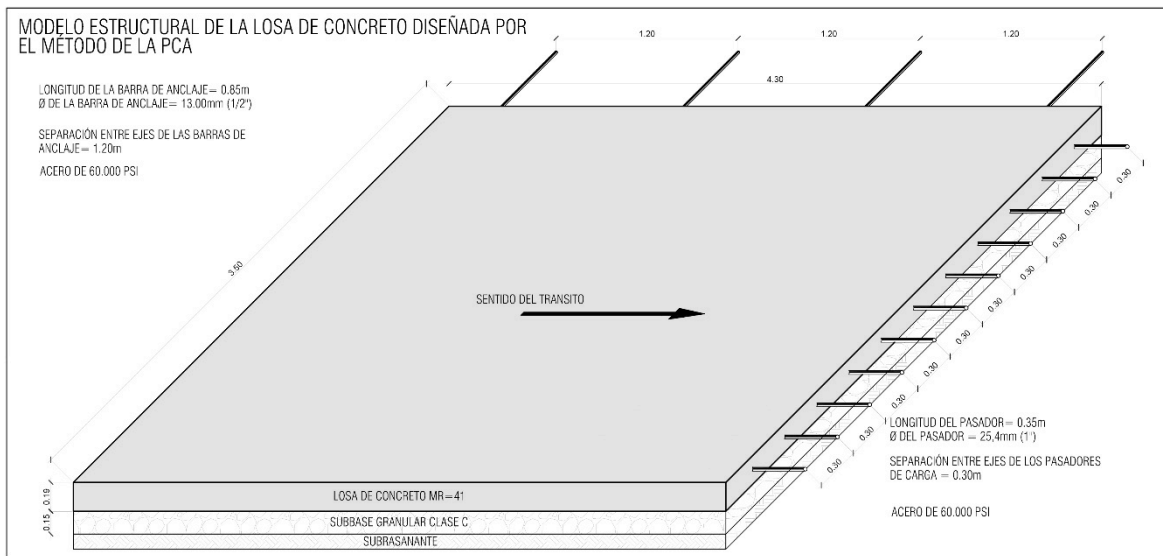


Ilustración 6. Esquema de la losa de pavimento de concreto (18 cm)





6.1 Proceso constructivo

Es el conjunto de fases, sucesivas o traslapadas en el tiempo, necesarias para materializar un proyecto de infraestructura, en este caso la construcción de una vía con pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito.

A continuación se diagrama el proceso constructivo básico, el cual en todo caso, deberá cumplir con las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS 2012, donde se estipulan los requisitos de calidad, establece estándares y recibo para los trabajos de ejecución habitual en la Red Nacional de Carreteras.

Las especificaciones técnicas de construcción, son complementadas con los modelos de diseño, sus análisis de precios unitarios y el presupuesto. En todos los casos los Análisis de precios Unitarios (APU) y el presupuesto deben incluir los rendimientos de las actividades, cubrir los costos de materiales y sus desperdicios comunes, aditivos y los controles de calidad propios para cumplimiento de requisitos (ensayos y topografía), mano de obra, prestaciones sociales, impuestos, tasas y contribuciones decretados por el gobierno nacional, departamental o municipal, herramientas, maquinaria o equipos, transportes de materiales, regalías, obras temporales, obra falsa (formaletas), aceros de amarre y soporte, servidumbres y todos los demás gastos inherentes al cumplimiento del contrato, incluso los gastos de administración imprevistos, y utilidades del constructor.

De igual forma, desde la orden de iniciación y entrega de la zona de las obras al constructor y hasta la entrega definitiva de las obras a la entidad territorial, el constructor está en la obligación de señalar las áreas correspondientes a lo contratado como prevención de riesgos a los usuarios y personal

que trabajará en la obra, de acuerdo con las especificaciones vigentes sobre la materia.

El constructor deberá mantener en los sitios de las obras los equipos adecuados a las características y magnitud de las mismas y en la cantidad requerida, de manera que se garantice su ejecución de acuerdo con los planos, especificaciones, programas de trabajo y dentro de los plazos previstos. El constructor deberá mantener los equipos de construcción en óptimas condiciones, con el objeto de evitar demoras o interrupciones debidas a daños en los mismos. La mala calidad de los equipos o los daños que ellos puedan sufrir, no será causal que exima al constructor del cumplimiento de sus obligaciones.

La entidad contratante se debe reservar el derecho de exigir el reemplazo o reparación, por cuenta del constructor, de aquellos equipos que a su juicio sean inadecuados o ineficientes o que por sus características no se ajusten a los requerimientos de seguridad o sean un obstáculo para el cumplimiento de lo estipulado en los documentos del contrato. Los equipos deberán tener los dispositivos de señalización necesarios para prevenir accidentes de trabajo.

Así mismo, el contratista debe demostrar que la obra que ejecuta cumple con todos los requisitos de calidad que se especifican y por ello debe realizar todas las mediciones y ensayos que así lo comprueben. Por su parte, el plan de calidad del constructor debe incluir la trazabilidad de los ensayos de control de calidad a su cargo.

A continuación se presenta las actividades a realizar en las obras preliminares y en la construcción propia de la vía.

Ilustración 9. Proceso constructivo



Los aspectos técnicos que se describen a continuación, deberán ser corroborados con el resultado del estudio de suelos del área en donde se va a implementar el proyecto.

A. Preliminares

Dentro de estas actividades se encuentran aquellas necesarias para empezar la ejecución de la obra, tales como: localización y replanteo, cerramiento, demolición de obras existentes (si se requieren), conformación de la calzada existente, entre otros.

Localización y replanteo

Para el caso de obras de pavimentos, se refiere

a la localización planimétrica y altimétrica, con sus respectivas referencias y puntos de control topográficos, de toda la zona que será intervenida con el proyecto de pavimentación, que servirá de soporte para la ejecución de las obras.

Esta actividad se debe realizar antes de iniciar las demoliciones y excavaciones, y comprende actividades tales como: Ubicación inicial y referenciación, en planta y perfil, de los inmuebles; así como la ubicación y referenciación, en planta y perfil de todo el terreno a intervenir.

Cerramiento y señalización

Corresponde a la actividad para aislar el lugar de los trabajos de las zonas aledañas, mediante cerramientos provisionales, el cual se sugiere se realice con una altura mínima de 2,1 m.

Se proveerán accesos para el tránsito de vehículos y peatones, provistos de los elementos que garanticen el aislamiento y seguridad durante las obras. En caso de bloquear accesos a predios o garajes se deberá considerar los espacios para accesos temporales o a través de concertación con la comunidad determinar sitios de estacionamientos temporales.

Se sugiere que el cerramiento de la obra se realice con tela verde y madera; en el caso de que la tela verde no se consiga en el sitio de la obra, se podrá reemplazar por otro material sin modificar el precio unitario pactado.

Demolición y remoción

En caso de ser requerido, este trabajo consiste en la demolición total o parcial de estructuras o edificaciones existentes en las zonas que indiquen los documentos del proyecto, y la remoción, cargue, transporte, descargue y disposición final de los materiales provenientes de la demolición.

Así mismo, esta actividad también incluye el retiro, cambio, restauración o protección de las instalaciones de los servicios públicos y privados que se vean afectados por las obras del proyecto, así como el manejo, desmontaje, traslado y el almacenamiento de estructuras existentes; la remoción de cercas de alambre, de especies vegetales y otros obstáculos.

Además de ejecutarlas de acuerdo con las normas vigentes de seguridad, se deberán realizar todas las acciones preventivas necesarias para evitar accidentes de las personas que tengan incidencia directa con la obra.

Excavación y retiro

Se refiere a la nivelación y remoción de

materiales varios que son necesarios para la construcción de las obras de construcción del pavimento y que son realizadas de acuerdo con lo indicado en los planos constructivos.

Se escarificarán en el espesor y hasta la cota determinada en el diseño y se retirarán, transportarán, depositarán y conformarán en los sitios destinados para disposición de sobrantes o desechos. Normalmente, el equipo requerido para la conformación de la calzada incluye elementos para la explotación de materiales, equipos para el cargue, transporte, extensión, mezcla, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

Se debe tener especial cuidado con las redes de acueducto, alcantarillado, energía, gas, entre otras.

B. Construcción pavimento rígido

Está compuesta por las actividades necesarias para la construcción del pavimento rígido y comprende conformación de la calzada existente, extendida y compactación de material seleccionado, instalación y/o construcción de sardineles y construcción de la placa de concreto hidráulico con sus respectivas juntas.

Conformación de la calzada existente

Es necesario verificar la calidad de los materiales que van a servir como fundación de las obras a proyectar. Específicamente se debe determinar el CBR y el módulo de reacción del material o capa que va a funcionar como subrasante para usar como determinación de la calidad de la misma.

Para subrasantes con CBR menores que 2, siempre y cuando el diseñador lo considere conveniente, se requieren tratamientos especiales como la sustitución de los materiales inadecuados (remoción parcial o total del material inaceptable) o la modificación de sus características con base en mejoramientos mecánicos que doten a la subrasante de

mejores características mecánicas. (Artículo INV-230-13).

La capa que vaya a ser considerada como subrasante deberá ser objeto de una conformación previa para uniformizar la superficie que recibirá la capa de relleno granular. Esta conformación se logra con un procedimiento de escarificado, extensión, conformación y compactación simple. En caso de encontrar espacios de pérdida de espesor, se podrá utilizar material de la misma conformación o si no se cuenta con él se podrá utilizar un relleno de características similares para obtener el faltante.

Extendida y compactación de material seleccionado

Se refiere a la selección, transporte, disposición, conformación y compactación mecánica, de los Materiales establecidos en el diseño como base granular para la realización del relleno, de acuerdo a los planos de topografía y al diseño del pavimento.

Los agregados para la construcción del relleno deberán satisfacer los requisitos de calidad indicadas para bases granulares en las normas del Instituto Nacional de Vías mediante sus especificaciones técnicas establecidas en el Artículo INV 330-13.

El material de relleno no se descargará hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a apoyar tenga las cotas indicadas en los planos.

La extensión, mezcla y conformación del material y se dispondrá en un cordón de sección uniforme, donde será verificada su homogeneidad. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material.

Una vez que el material tenga la humedad apropiada y esté conformado debidamente, se compactará con el equipo aprobado hasta lograr la densidad especificada. Aquellas zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades que se alcancen, no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

Construcción de placa en concreto hidráulico

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y vibrado de una mezcla de concreto hidráulico como estructura de un pavimento; la ejecución de juntas, el acabado, el curado y demás actividades necesarias para la correcta construcción del pavimento, de acuerdo con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos del proyecto.

Una vez nivelada, compactada y curada la base granular se procede a ubicar las formaletas en tramos de varias placas en forma lineal nivelándolas con la estación topográfica, luego se instalan las parrillas con las dovelas de transferencia de carga en las juntas transversales, posteriormente se procede a mezclar concreto según diseño de mezcla, se humedece la base para evitar pérdida de humedad de la mezcla y se deposita la mezcla de concreto (teniendo en cuenta el diseño de mezcla), distribuyéndolo en toda el área de cada placa uniformemente, se inyecta el vibrador neumático y se pasa la regla vibratoria para liberar las burbujas de aire y dar nivelación inicial a mezcla con las formaletas, luego se alisa la superficie del concreto con la llana metálica.

Posteriormente, se procede a realizar el micro-texturizado con el cepillo cuando se pierda el brillo de las placas lo que indica el

punto de dureza ideal para el cepillado, y se aplica el antisol para el curado de las placas, luego se deben cortar las placas en las juntas transversales a 1/3 del espesor de la placa seis u ocho horas después de fundida cada placa. Se procede a tomar muestras de concreto con vigas para el control de calidad del mismo y luego se deben quitar las formaletas 12 horas después, y aplicar el sello de juntas y dar en

servicio a los 28 días del curado.

El concreto hidráulico que se utilice para el pavimento rígido deberá cumplir con lo establecido en el artículo 500, "Pavimento de Concreto Hidráulico", de las Especificaciones del INVIAS, particularmente en lo que se refiere a cemento, agua, agregado fino, agregado grueso, reactividad, aditivos y acero.



Instalación de Formaleta



Disposición de la Mezcla



Extendido del concreto con regla vibratoria



Flotado del Concreto

Instalación y/o construcción de bordillo

Consiste en la construcción de bordillos de concreto con piezas prefabricadas o vaciados in situ, en los sitios y con las dimensiones, alineamientos y cotas indicada en los planos. Si el bordillo es construido in situ, la elaboración del concreto hidráulico se debe realizar

conforme lo especificado en el Artículo 630 "Concreto Estructural" de las especificaciones técnicas del INVIAS. Adicionalmente, se sugiere que el Concreto tenga una resistencia mínima de 21 MPa a 28 días.

Para su construcción se utilizará formaletas de madera cepillada o metálica en forma lineal

nivelándolas con la estación topográfica. Antes de preparar las formaletas se preparará el terreno el cual debe estar perfectamente liso y nivelado para evitar deformaciones y obtener un acabado óptimo.

Se instala la armadura en acero de $\frac{1}{2}$ " longitudinalmente y transversalmente flejes de $\frac{1}{4}$ " cada 25 cm, luego se procede a mezclar concreto según diseño de mezcla, se humedece la base para evitar pérdida de humedad de la mezcla y se deposita la mezcla

de concreto distribuyéndolo en toda la longitud uniformemente y se pasa el vibrador con que se vibra el concreto para liberar las burbujas de aire y dar nivelación inicial a mezcla con las formaletas.

Por otra parte, si los bordillos son piezas prefabricadas deberán cumplir con la norma NTC 4109 "Prefabricados de concreto. Bordillos, cunetas, topellantas"



7. Presupuesto y cronograma

Con base en las actividades identificadas en el estudio técnico, su cuantificación y los análisis de precios unitarios, se obtienen los montos por actividad para finalmente armar el presupuesto del proyecto.

Puede que las necesidades reales de la entidad territorial contemplen o no actividades aquí descritas y algunas no estén presentes en este presupuesto.

7.1 Presupuesto

Es necesario aclarar que los precios unitarios presentados en el presupuesto, tienen como base los valores del INVIAS en 2015. Estos precios deben ser corroborados y ajustados a las necesidades reales del proyecto a implementar. El presupuesto final, porcentajes del AIU e Interventoría son de carácter informativo y buscan dar una idea de los recursos a invertir en el proyecto.

Por otra parte, las cantidades de obra son estimadas para cada una de las actividades establecidas, y el formulador de acuerdo con la situación actual y la situación esperada con la realización del proyecto, identificará las cantidades necesarias a desarrollar en cada una de las actividades.

Tabla 2. Presupuesto estimado de obra (Placa 18 cm)

Objetivo General del Proyecto		Mejorar las condiciones de movilidad en el área urbana del municipio			
Causa Directa (1)	Objetivo específico (1)	Producto	Unidad de medida	Actividad	Costo total
Vías urbanas en mal estado, intransitables o con restricción de tránsito	Disponer de vías urbanas en buen estado en el municipio	Vía en pavimento rígido	m	Realizar obras preliminares: Localizar y replantear, cerramiento, demolición de obras existentes (si se requieren)	\$ 272.061
				Realizar movimiento de tierras: excavación mecánica, transporte de material de excavación y conformación de la calzada existente y Suministro, extendida y compactación de material seleccionado para Subbase Granular Clase C	\$ 11.334.757
				Realizar la estructura de pavimento: construcción de losa de concreto MR=41, instalación de acero de refuerzo y construcción de sardinel de 0,4x0,15	\$ 102.765.154
				Instalar señalización vial	\$ 7.075.357
				Realizar la interventoría del proyecto	\$ 22.711.150
				Apoyar la supervisión del proyecto	\$ -
				Costo Total Construcción (Etapa inversión)	\$ 144.158.479
Causa Directa (2)	Objetivos específico (2)	Producto	Unidad de medida	Actividad	Costo total
Deterioro de las condiciones de las vías construidas por ausencia de mantenimiento	Mantener en debidas condiciones las vías construidas	Servicio de Mantenimiento	m	Realizar mantenimiento rutinario	\$ 1.600.000
				Realizar mantenimiento periodico	\$ 380.000
				Realizar mantenimiento correctivo	\$ 391.822
Costo de Mantenimiento anual (Etapa Operación)	\$ 2.371.822				

Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito

Tabla 3. Presupuesto estimado de obra obra (Placa 19 cm)

Objetivo General del Proyecto		Mejorar las condiciones de movilidad en el área urbana del municipio			
Causa Directa (1)	Objetivo específico (1)	Producto	Unidad de medida	Actividad	Costo total
Vías urbanas en mal estado, intransitables o con restricción de tránsito	Disponer de vías urbanas en buen estado en el municipio	Vía en pavimento rígido	m	Realizar obras preliminares: Localizar y replantear, cerramiento, demolición de obras existentes (si se requieren)	\$ 269.952
				Realizar movimiento de tierras: excavación mecánica, transporte de material de excavación y conformación de la calzada existente y Suministro, extendida y compactación de material seleccionado para Subbase Granular Clase C	\$ 12.740.935
				Realizar la estructura de pavimento: construcción de losa de concreto MR=41, instalación de acero de refuerzo y construcción de sardinel de 0,4x0,15	\$ 107.047.026
				Instalar señalización vial	\$ 7.020.509
				Realizar la interventoría del proyecto	\$ 22.711.150
				Apoyar la supervisión del proyecto	\$ -
Costo Total Construcción (Etapa inversión)					\$ 149.789.572
Causa Directa (2)	Objetivos específico (2)	Producto	Unidad de medida	Actividad	Costo total
Deterioro de las condiciones de las vías construidas por ausencia de mantenimiento	Mantener en debidas condiciones las vías construidas	Servicio de Mantenimiento	m	Realizar mantenimiento rutinario	\$ 1.600.000
				Realizar mantenimiento periodico	\$ 380.000
				Realizar mantenimiento correctivo	\$ 417.496
Costo de Mantenimiento anual (Etapa Operación)					\$ 2.397.496

Tabla 4. Presupuesto estimado de obra obra (Placa 20 cm)

Objetivo General del Proyecto		Mejorar las condiciones de movilidad en el área urbana del municipio			
Causa Directa (1)	Objetivo específico (1)	Producto	Unidad de medida	Actividad	Costo total
Vías urbanas en mal estado, intransitables o con restricción de tránsito	Disponer de vías urbanas en buen estado en el municipio	Vía en pavimento rígido	m	Realizar obras preliminares: Localizar y replantear, cerramiento, demolición de obras existentes (si se requieren)	\$ 269.952
				Realizar movimiento de tierras: excavación mecánica, transporte de material de excavación y conformación de la calzada existente y Suministro, extendida y compactación de material seleccionado para Subbase Granular Clase C	\$ 12.815.956
				Realizar la estructura de pavimento: construcción de losa de concreto MR=41, instalación de acero de refuerzo y construcción de sardinel de 0,4x0,15	\$ 112.336.804
				Instalar señalización vial	\$ 7.020.509
				Realizar la interventoría del proyecto	\$ 22.711.150
				Apoyar la supervisión del proyecto	\$ -
Costo Total Construcción (Etapa inversión)					\$ 155.154.371
Causa Directa (2)	Objetivos específico (2)	Producto	Unidad de medida	Actividad	Costo total
Deterioro de las condiciones de las vías construidas por ausencia de mantenimiento	Mantener en debidas condiciones las vías construidas	Servicio de Mantenimiento	m	Realizar mantenimiento rutinario	\$ 1.600.000
				Realizar mantenimiento periodico	\$ 380.000
				Realizar mantenimiento correctivo	\$ 438.159
Costo de Mantenimiento anual (Etapa Operación)					\$ 2.418.159

En cuanto a los materiales, aquellos proyectos cuya localización se aleja de las fuentes de la zona, regularmente tienen incrementos asociados a la disponibilidad de producto que cumpla las especificaciones de calidad como gradación, limpieza, dureza, etc. De la mano con lo anterior, se debe considerar en los precios el sobre costo que representa el transporte de los materiales a zonas de difícil acceso. Para el presente proyecto, se consideró una distancia para la disposición, así como para la extracción de material de 20 km.

Por su parte, en la mano de obra del proyecto, los precios difieren en las diferentes regiones del país, por lo cual es necesario ajustar el proyecto a los precios correspondientes en la zona.

Los costos por Administración, Imprevistos y Utilidades (AIU) en este caso se estimaron como un porcentaje de 28%, pero se aclara que corresponderá al formulador determinar el monto a aplicar en su proyecto con base en las características de cada entidad territorial.

Interventoría y supervisión

Los valores de la interventoría corresponden a un análisis aparte y un presupuesto específico, que no corresponden con algún tipo de porcentaje en particular de los costos directos. Para este caso en particular, se tuvo en cuenta que la interventoría tendría las siguientes consideraciones: un director de interventoría, un ingeniero residente, topógrafo, equipos y oficina.

La gestión de la interventoría debe incluir, dentro del plan de calidad, no solamente la trazabilidad de sus propios ensayos, sino las medidas y controles de seguimiento al control de calidad que realiza el contratista.

Para el caso de la supervisión, en caso de que no la realice la misma entidad, se podrá contratar un profesional a través de la modalidad de prestación de servicios.

En ambos casos los valores deben ser determinados con base en el análisis que desarrolle la entidad territorial según las características propias de la región y del proyecto.

7.2 Cronograma

La duración de la obra se estima en un mes y la duración de la interventoría y supervisión se establece en mes y medio.



8. Operación y mantenimiento

El mantenimiento garantizará que los objetivos e impactos de un proyecto perduren en el tiempo después de la fecha de terminación de la obra.

Para garantizar la sostenibilidad de los proyectos hay que asegurarse, que los encargados de su mantenimiento (gobierno, comunidad, individuos, etc.) disponen de:

- Capacidad técnica y de gestión necesaria para mantener las actividades
- bienes generados por el proyecto.
- Recursos suficientes para financiar los gastos de operación (salarios de personal, mantenimientos) que generará a mediano y largo plazo.

Asegurar la sostenibilidad de las actividades y beneficios del proyecto más allá de la vida del mismo, incrementará las posibilidades de igualar los costos de mantenimiento con los beneficios generados por el uso de la infraestructura ofrecida.

De la mano de las intervenciones, se deberá considerar incluir el mantenimiento de las obras a construir a través del tiempo. Las actividades a considerar para el mantenimiento de las obras de pavimento rígido, se pueden ordenar en tres grupos específicos:

Mantenimiento Preventivo, Periódico y Correctivo (Atención de Emergencias).

El mantenimiento no se encuentra dentro de las actividades a financiar con Los recursos del Sistema General de Regalías.

Mantenimiento Preventivo o rutinario

Este mantenimiento comprende obras programadas con intervalos variables de tiempo, destinadas a mantener las condiciones y especificaciones del nivel de servicio original de la vía. Puede incluir: limpieza de obras de drenaje, sellos de juntas, reparación de menor escala como tratamientos superficiales para desprendimientos, etc.

Mantenimiento Periódico

Corresponde todas las actividades necesarias para solucionar los problemas de fallas superficiales y en algunas ocasiones aumentar la vida útil de los elementos del pavimento. Puede incluir sello de fisuras en elementos de placa de concreto hidráulico.

Mantenimiento Correctivo (Atención de Emergencias)

Para atender las emergencias y conservar las obras construidas, se hace necesaria la ejecución de trabajos tendientes a superar situaciones que no permitan el uso del tramo de vía rehabilitado en condiciones de seguridad física para el tránsito, en el menor tiempo posible y llevar a cabo las actividades que sean del caso para evitar o minimizar las restricciones al uso de la vía.

Las actividades generales de atención de emergencias pueden ser necesarias por pérdida de banca por sismo, falla, evento de lluvia o inundación o avalancha, derrumbes, sobrecargas (cargas extradimensionadas) y puede incluir demolición y reconstrucción

de la placa de concreto, reparación o reconstrucción de obras de drenaje, reconstrucción de capa granular, entre otras. Para el presente proyecto, se construyó un escenario de conservación en el cual se involucra para el periodo estudiado dos tipos de intervención: El mantenimiento rutinario que

se estima debe realizarse dos veces al año e interviniendo el 100% de la vía y el mantenimiento periódico se asume que se realizará una vez al año interviniendo el 25% de la vía. A continuación se presentan los costos asociados a este mantenimiento para pavimento rígido.

Tabla 5. Costos asociados a la Operación y Mantenimiento

Ítem	Costo	Veces al Año	Costo Año 1
Mantenimiento preventivo *	800.000	2	1.600.000
Mantenimiento periódico **	380.000	1	380.000
Mantenimiento Correctivo ***	438.159	1	438.159
Total operación y mantenimiento	1.618.159		2.418.159

* El mantenimiento preventivo se realiza dos veces al año

** El mantenimiento periódico se realiza una vez al año

*** El mantenimiento correctivo se realiza eventualmente y contempla la reposición de los siguientes elementos: Estructura de pavimento y Señalización

Anexos

A modo indicativo, se anexan esquemas generales en formato digital que complementan lo aquí descrito de forma gráfica.

1. Diseño del pavimento – Memorias de Cálculo
2. Cálculo Presupuesto, APU, AIU, Interventoría, operación y mantenimiento
3. Cronograma del proyecto
4. Resumen del Proyecto con el uso de la herramienta MGA

Con el apoyo de:



Programa Nacional de Servicio al Ciudadano

Luz Patricia Cano Muñoz
Ana Milena Cáceres Castro
Brigitte Marcela Quintero Galeano
Rosa Valentina Aceros García

