

 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia Vigilancia Mineducación	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	08-07-2021	B
Dependencia		Aprobado		Pág.
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA		SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(92)

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	Julián Alberto Peñaranda Ballesteros Gerardo Alonso Mogollón Palacios		
<b>FACULTAD</b>	De Ingeniería		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	Especialización en Interventoría de Obras Civiles		
<b>DIRECTOR</b>	Esp. Willinton Hernesto Carrascal Muñoz		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	Elaboración de una guía de interventoría técnica en la construcción de pavimentos rígidos en el municipio de tibu, Norte de Santander.		
<b>TITULO EN INGLES</b>	Preparation of a guide for technical auditing in the construction of rigid pavements in the municipality of Tibu, Norte de Santander.		
<b>RESUMEN (70 palabras)</b>			
<p>En el casco urbano del municipio de Tibú se puede encontrar que la malla vial en algunos sectores presenta deterioro progresivo en los pavimentos esto posiblemente se debe al no cumplimiento de las especificaciones en temas de calidad de los materiales y a la ejecución de los mismos, debido a esta problemática que presenta la malla vial del municipio, se propone la elaboración de una guía técnica de interventoría para poder dar más garantías de calidad en la conformación y estructura de las vías con enfoque a los pavimentos rígidos que se construirán próximamente en el casco urbano del municipio de Tibú.</p>			
<b>RESUMEN EN INGLES</b>			
<p>In the urban area of the municipality of Tibú, it can be found that the road network in some sectors presents progressive deterioration in the pavements, this is possibly due to the non-compliance with the specifications in terms of quality of the materials and their execution, due to this problem that presents the road network of the municipality, it is proposed the elaboration of a technical auditing guide to be able to give more guarantees of quality in the conformation and structure of the roads with a focus on the rigid pavements that will be built soon in the urban area of the municipality. Tibu municipality.</p>			
<b>PALABRAS CLAVES</b>	Interventoría, Construcción, Pavimentos Rígidos, Pavimentos flexibles.		
<b>PALABRAS CLAVES EN INGLES</b>	Auditing, Construction, Rigid Pavements, Flexible Pavements.		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 92	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 0	CD-ROM: 0



Elaboración De Una Guía De Interventoría Técnica En La Construcción De Pavimentos  
Rígidos En El Municipio De Tibú, Norte De Santander.

Julián Alberto Peñaranda Ballesteros

Gerardo Alonso Mogollón Palacios

Facultad de Ingeniería, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Especialización en Interventoría de Obras Civiles

Esp. Willinton Hernesto Carrascal Muñoz

12 de mayo de 2022

## Índice

1. Elaboracion De Una Guia De Interventoria Tecnica En La Construccin De Pavimentos Rigidos En El Municipio De Tibu, Norte De Santander .....	7
1.1 Planteamiento Del Problema.....	7
1.2 Formulación Del Problema .....	7
1.3 Objetivos .....	8
1.3.1 Objetivo General: .....	8
1.3.2 Objetivos Específicos .....	8
1.4 Justificación .....	9
1.5 Delimitaciones .....	9
1.5.1 Delimitación Operativa.....	9
1.5.2 Delimitación Conceptual .....	9
1.5.3 Delimitación Geográfica.....	10
1.5.4 Delimitación Temporal.....	10
2 Marco Referencial .....	11
2.1 Marco Histórico .....	11
2.2 Marco Contextual.....	12
2.3 Marco Conceptual.....	15
2.4 Marco Teórico.....	16
2.4.1 Pavimentos Flexibles.....	16

	3
2.4.2 Pavimentos Rígidos .....	17
2.4.3 Selección Del Tipo De Pavimentos .....	19
2.5 Marco Legal .....	20
3 Diseño Metodológico .....	22
3.1 Tipo de Investigación.....	22
3.2 Población y muestra.....	22
3.2.1 Población .....	22
3.2.2 Muestra .....	22
3.3 Diseño de instrumentos de recolección de la información y técnicas de análisis de datos.....	22
3.4 Análisis de información .....	23
3.5 Cronograma de actividades.....	23
4 Resultados.....	25
4.1 Definir todos los aspectos del proceso constructivos que pueden incidir en la calidad del pavimento rígido de Tibú, Norte de Santander .....	25
4.1.1 Tipos de pavimentos rígidos.....	26
4.1.2 Proceso constructivo para la construcción de un pavimento rígido .....	28
4.1.3 Principales tipos de fallos en los pavimentos rígidos de Tibú.....	29
4.1.4 Correlación de las fallas observadas con las posibles causas .....	32
4.1.5 El costo de la calidad y los desafíos para el sector de la construcción .....	35

4.2	Determinar las herramientas por medio de las cuales se pueda hacer un adecuado control técnico al proceso constructivo de pavimentos rígidos en el municipio de Tibú de acuerdo con las especificaciones técnicas del instituto nacional de vías (INVIAS).....	38
4.2.1	Control técnico de acuerdo con las especificaciones del INVIAS .....	40
4.2.2	Calidad del proceso constructivo y los materiales.....	40
4.2.3	Requisito previo para el control de calidad de la construcción de vías .....	41
4.3	Redactar la guía de interventoría técnica para pavimentos rígidos en el municipio de Tibú, Norte de Santander .....	48
5	Conclusiones.....	49
6	Referencias .....	51

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> Clases de pavimento .....	8
<b>Tabla 2</b> Cronograma de actividades.....	14

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b> Hito histórico del marco normativo .....	12
<b>Figura 2</b> Elementos de construcción para un pavimento de concreto.....	22

# **1 Elaboración De Una Guía De Interventoría Técnica En La Construcción De Pavimentos Rígidos En El Municipio De Tibu, Norte De Santander**

## **1.1 Planteamiento del problema**

Al día de hoy en el municipio de tibú no se cuenta con una guía de interventoría de seguimiento y control técnico en la construcción de pavimentos rígidos en el municipio de tibú, norte de Santander. debido a la falta de estos documentos técnicos de gran relevancia se pueden evidenciar etapas de construcción en los pavimentos rígidos donde no se cumplen con las especificaciones y normativas requeridas, lo que genera la construcción y entrega a las entidades públicas en este caso la alcaldía de tibú a que se reciban obras sin garantías de calidad en sus estructuras de pavimentos rígidos. también es factor de gran importancia el no planificar las capacidades y destrezas a la hora de la escogencia de personal calificado para realizar la construcción de este tipo de estructuras.

En el casco urbano del municipio de tibú se puede encontrar que la malla vial en algunos sectores presenta deterioro progresivo en los pavimentos esto posiblemente se debe al no cumplimiento de las especificaciones en temas de calidad de los materiales y a la ejecución de los mismos, debido a esta problemática que presenta la malla vial del municipio, se propone la elaboración de una guía técnica de interventoría para poder dar más garantías de calidad en la conformación y estructura de las vías con enfoque a los pavimentos rígidos que se construirán próximamente en el casco urbano del municipio de Tibú.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cómo mejorar el seguimiento y control técnico para los procesos constructivos de pavimentos rígidos y tener un mejor desempeño de estos en el casco urbano del municipio de Tibú?

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo general:***

Elaborar una guía de interventoría de seguimiento y control técnico en la construcción de pavimentos rígidos en el municipio de Tibú, Norte de Santander.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Definir todos los aspectos del proceso constructivos que pueden incidir en la calidad del pavimento rígido de Tibú, Norte de Santander
- Determinar las herramientas por medio de las cuales se pueda hacer un adecuado control técnico al proceso constructivo de pavimentos rígidos en el municipio de Tibú de acuerdo con especificaciones técnicas del instituto nacional de vías (INVIAS).
- Redactar la guía de interventoría técnica para pavimentos rígidos en el municipio de Tibú, Norte de Santander

## **1.4 Justificación**

Se propone guía de seguimiento y control técnico con el propósito de dejar documentado lineamientos generales y específicos para la supervisión en la construcción de pavimentos rígidos y así garantizar a la entidad y al municipio un mayor impacto de calidad en este tipo de obras, con esto las interventorías poseerán herramientas de medición de estándares de calidad que les permitan realizar seguimiento y control para proyectos de pavimentos rígidos del municipio de Tibú.

Desde este punto de vista se realiza la propuesta con el motivo de mejorar todos estos procesos en el seguimiento y control de los proyectos de pavimentos rígidos que a futuro se construirán en el casco urbano del municipio de Tibú, donde se le facilite a la entidad estatal contar con un documento base que les brinde con claridad realizar seguimientos bajo unos parámetros técnicos normativos para garantizar una correcta materialización de las obras para el beneficio de la comunidad.

## **1.5 Delimitaciones**

### ***1.5.1 Delimitación operativa***

se establecerá en la guía técnica los procedimientos constructivos adecuados para cada actividad en la construcción de pavimentos rígidos, igualmente se estandarizará los ensayos a realizar para la correcta ejecución de las actividades a desempeñar.

### ***1.5.2 Delimitación conceptual***

este proyecto se apoya en conceptos asociados a la interventoría técnica, especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayos para materiales de carreteras INVIAS, estructura de pavimento, losas, control de calidad, lista de chequeo que faciliten la elaboración de este tipo de proyectos.

### ***1.5.3 Delimitación geográfica***

la elaboración de la guía se desarrollará en la zona urbana del municipio de tibu, para apoyo a la oficina de infraestructura de la alcaldía del municipio tibu, norte de Santander.

### ***1.5.4 Delimitación temporal***

este proyecto se realizará en un periodo de 4 meses luego de la fecha de aprobación en el cual se desarrollarán las actividades estipuladas en el cronograma.

## 2 Marco Referencial

### 2.1 Marco histórico

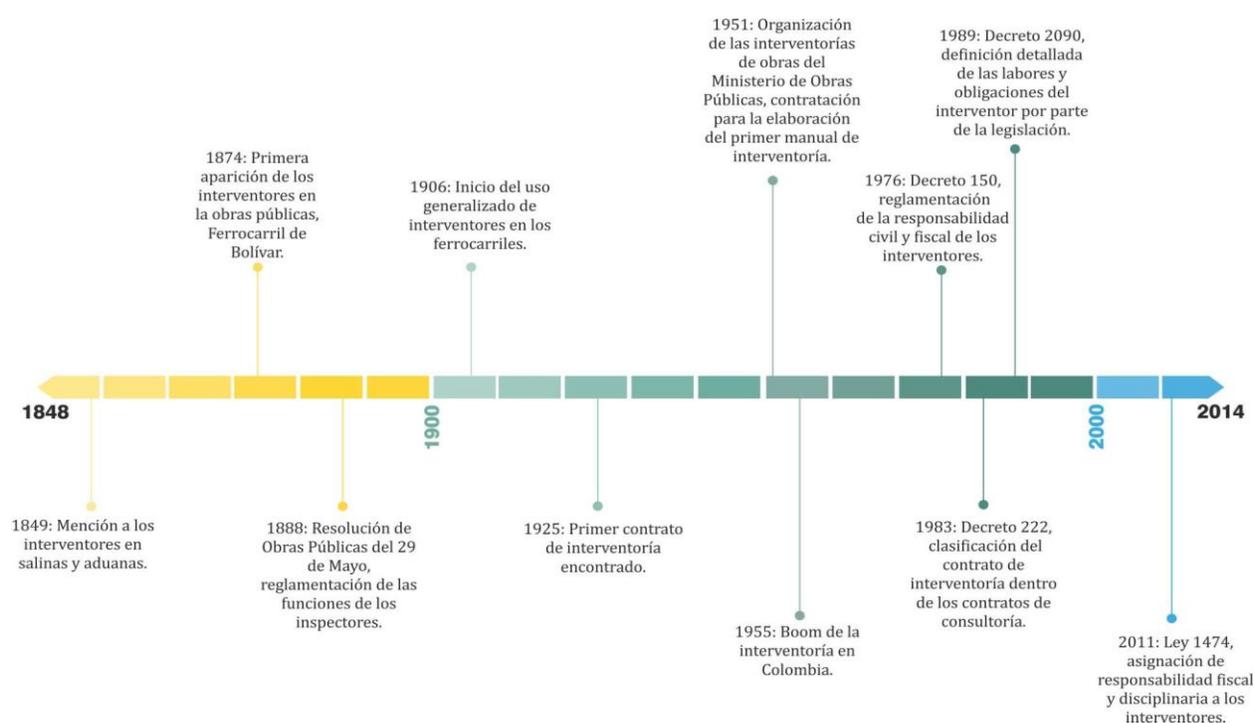
En el año de 1848 la función de informar a la entidad contratante, sobre la ejecución de las obras públicas en el país estaba a cargo del subdirector de caminos nacionales, lo cual se puede evidenciar en un informe sobre el “camino de la capital a la mesa”, en el cual se informaba “sobre el estado de los trabajos de composición en esta vía”, expresando lo siguiente: “Tengo la honrosa satisfacción de informar a US. Que la primera sección de este establecimiento que se halla a mi cargo [...], ha sido muy poco el adelantamiento que ha habido en el mes pasado” (Gaceta Oficial, 1848).

La palabra ingeniero interventor surgió en el año 1906 en un contrato celebrado para la reparación del ferrocarril del cauca en donde en el art. 7 de mencionado contrato explicaba: “El Gobierno ejercerá la alta inspección de la Empresa por medio de un Ingeniero interventor”, allí mismo, en el contrato se especifican las funciones en el cual se estipula las funciones que debe cumplir como la información constante y minuciosamente acerca de la marcha y construcción del Ferrocarril, seguimiento técnico del proyecto entre otras. Posterior a ello el gobierno nacional nombra gran cantidad de interventores para proyectos ferroviarios, fue en 1923 por medio del Decreto 612 de 1923, “por el cual se crea el puesto de Ingeniero Interventor de las obras de apertura de las Bocas de Ceniza” (Romero Mera, 2014).

La labor de la interventoría se ha reglamentado mediante los decretos y leyes actualmente vigentes, en el año 1983 se creó el decreto 222, en el cual regula y clasifica los contratos de

interventoría como un contrato de consultoría; luego la ley 80 de 1993 realizó un conglomerado de las leyes y decretos para control de contratos de entidades estatales. A partir de los escándalos de corrupción en la contratación pública en Bogotá por el “carrusel de la contratación” se realizó la ley 1474 del 2011, llamado el estatuto anticorrupción creado para la asignación de responsabilidad fiscal.

Figura 1. Hito histórico del marco normativo.



## 2.2 Marco contextual. [Anexo 2 \(1\) - Acceso directo.lnk](#)

Los pavimentos rígidos son aquellos que poseen una resistencia a la flexión o rigidez a la flexión notable. Los pavimentos rígidos generalmente están hechos de concreto de cemento

Portland (CC). Se colocan losas de pavimentos de concreto de cemento liso hechas de características de resistencia especificadas, con o sin refuerzo de acero en las juntas. El material más común utilizado para el diseño y la construcción de pavimentos rígidos es el concreto de cemento liso de alta calidad destinado al pavimento.

En el caso de los pavimentos rígidos, el diseño se basa esencialmente en la resistencia a la flexión de la losa de pavimento que se considera en el diseño y las tensiones que es probable que se desarrollen debido a:

1. La aplicación de las cargas de rueda previstas
2. Las variables climáticas en la región

El pavimento debe diseñarse de manera que mantenga las cargas de ruedas esperadas durante la vida útil del diseño. Por lo tanto, es necesario realizar estudios de distribución de la carga por eje y determinar la carga de la rueda de diseño en función del espectro de cargas de las ruedas en la carretera. El pavimento tiene que soportar la fatiga causada por la aplicación repetida de las cargas que exceden la carga de la rueda de diseño durante la vida útil del diseño.

Las ventajas de los pavimentos rígidos consisten en:

- Los pavimentos rígidos no se deterioran en condiciones climáticas húmedas y cuando se exponen al agua estancada.

- Los pavimentos rígidos de las carreteras principales generalmente se diseñan y construyen durante un período de 30 años y, por lo tanto, la vida útil podría ser de 30 años o incluso más. Los costos de mantenimiento rutinario y periódico son muy bajos, ya que solo se requiere el mantenimiento de las articulaciones.
- El coste del ciclo de vida de los pavimentos rígidos es mucho menor que el de los pavimentos flexibles.
- El espesor total del pavimento rígidos y el número de agregados duros requeridos es menor que los pavimentos flexibles, particularmente para la construcción de carreteras que atraviesan suelos débiles y transportan cargas de tráfico pesadas.
- Buena visibilidad nocturna incluso en condiciones climáticas húmedas.

Las desventajas de los pavimentos rígidos son:

- El diseño del pavimento rígido se llevará a cabo durante una vida útil de 30 años o más con el fin de reducir el costo del ciclo de vida.
- La "carga de rueda de diseño" para el diseño del pavimento rígido no es igual a la carga de rueda estándar.
- No es posible restaurar un pavimento rígido fallido o mal agrietado.
- Es probable que la superficie del pavimento rígido se vuelva demasiado lisa y resbaladiza durante la larga vida útil y el retexturizado del pavimento rígido es difícil o demasiado costoso.

- Generalmente, se requiere un largo período de curación de 28 días antes de abrir al tráfico. Esto puede ser un inconveniente para la construcción de pavimentos rígidos en carreteras urbanas concurridas.

### **2.3 Marco conceptual**

Se realiza sobre el análisis de información bibliográfica y digital investigada en todo el proceso de conformación de este documento.

El trabajo de grado se respalda en los conocimientos teóricos, y prácticos aprendidos en la formación académica en la carrera profesional de Ingeniería civil en la Universidad Francisco de Paula Santander sede Cúcuta. Temas tratados en la formación en las asignaturas como vías terrestres, pavimentos, máquinas y equipos, topografía, construcción, maquinaria y equipos, administración y programación de obra, presupuestos, especificaciones técnicas, materiales para la construcción. En general la sumatoria de las asignaturas del pensum académico.

Para el desarrollo de esta investigación es de vital importancia todos los conocimientos obtenidos en el campo profesional como ingenieros civiles, donde durante todas las experiencias vividas en el sector de carreteras especialmente en pavimentos rígidos y flexibles nos brindan una riqueza importante de conceptos técnicos y teóricos que nos ayudan con el desarrollo integral de este documento.

Apoyados en textos normativos establecidos por entidades del gobierno de Colombia, como las cartillas del Instituto Nacional de Vías, como normas de ensayo de materiales para carreteras, especificaciones técnicas de materiales, especificaciones generales de construcción de carreteras, manual de diseño geométrico de carreteras.

## **2.4 Marco teórico**

La principal diferencia estructural entre un pavimento rígido y flexible es la forma en que cada tipo de pavimento distribuye las cargas de tráfico sobre el subnivel. Un pavimento rígido tiene una rigidez muy alta y distribuye las cargas en un área relativamente amplia de subrasante: una parte importante de la capacidad estructural es aportada por la propia losa.

La capacidad de carga de un verdadero pavimento flexible se deriva de las características de distribución de carga de un sistema en capas (Yoder y Witczak, 1975).

### ***2.4.1 Pavimentos flexibles***

Una estructura de pavimento flexible se compone típicamente de varias capas de material con materiales de mejor calidad generalmente colocados en la parte superior donde la intensidad de la tensión de las cargas de tráfico es alta y materiales de menor calidad en la parte inferior donde la intensidad de la tensión es baja. Los pavimentos flexibles se pueden analizar como un sistema multicapa bajo carga.

Una estructura de pavimento flexible típica consiste en el curso de superficie y los cursos de base y subbase subyacentes. Cada una de estas capas contribuye al soporte estructural e, idealmente, mantiene un drenaje adecuado.

Cuando se utiliza asfalto de mezcla en caliente (HMA) como curso de la superficie, generalmente es la capa más rígida (medida por módulo elástico) y puede contribuir más (dependiendo del grosor) a la resistencia del pavimento. Las capas subyacentes son menos rígidas, pero siguen siendo importantes para la resistencia del pavimento, así como para el drenaje y la protección contra las heladas.

Las secciones HMA más gruesas y/o las secciones con bases estabilizadas se comportan como un sistema semirrígido bajo carga de tráfico, por lo que las cargas se distribuyen en mayor grado sobre la subrasante natural que los pavimentos flexibles convencionales. Consulte "Características del pavimento rígido y flexible" más arriba.

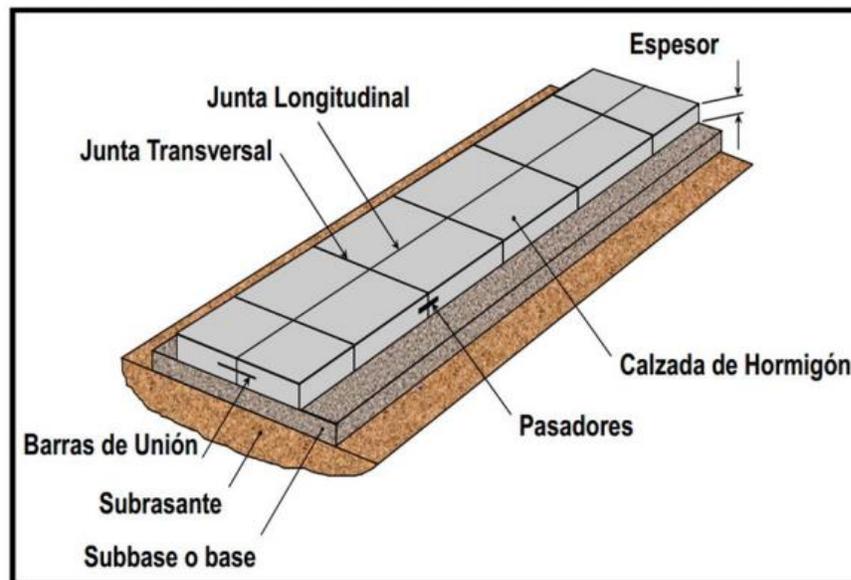
Cuando se utiliza una capa de sellado como curso de la superficie, la base generalmente es la capa que más contribuye a la rigidez estructural. Un diseño estructural típico da como resultado una serie de capas que disminuyen gradualmente en calidad del material con la profundidad.

#### ***2.4.2 Pavimentos rígidos***

Una estructura de pavimento rígido se compone de un curso de superficie de concreto de cemento hidráulico y cursos de base y subbase subyacentes (si se utilizan) Figura 2. Otro término

comúnmente utilizado es pavimento de concreto de cemento Portland (PCC), aunque con los aditivos puzolánicos de hoy, los cementos ya no pueden clasificarse técnicamente como "Portland".

*Figura 2 Elementos de construcción para un pavimento de concreto (Mora Cano Andres David, 2015)*



El curso de la superficie (losa de concreto) es la capa más rígida y proporciona la mayor parte de la resistencia. Las capas de base o subbase son órdenes de magnitud menos rígidas que la superficie de PCC, pero aun así hacen contribuciones importantes a la uniformidad del soporte, el drenaje del pavimento y la protección contra las heladas, y proporcionan una plataforma de trabajo para equipos de construcción.

Los pavimentos rígidos son sustancialmente "más rígidos" que los pavimentos flexibles debido al alto módulo de elasticidad del material PCC, lo que resulta en deflexiones muy bajas bajo carga. Los pavimentos rígidos pueden ser analizados por la teoría de placas. Los pavimentos rígidos pueden tener acero de refuerzo, que generalmente se usa para manejar tensiones térmicas para reducir o eliminar las juntas y mantener anchos de grietas estrechos.

### ***2.4.3 Selección del tipo de pavimentos***

Seleccionar un tipo de pavimento es una decisión importante. Al igual que otros aspectos del diseño de pavimentos, la Guía de la Asociación Americana de funcionarios de Carreteras y Transporte Estatales (AASHTO) de 1993 afirma: "La selección del tipo de pavimento no es una ciencia exacta, sino una en la que el ingeniero de carreteras debe hacer un juicio sobre muchos factores variables..."

**Factores de Diseño:** Los principales factores para considerar en el proceso de selección son:

- Tráfico
- Características de los suelos
- Tiempo
- Consideraciones de construcción
- Oportunidades de reciclaje
- Comparación de costos.

Los factores secundarios para considerar en el proceso de selección son:

- Actuación de pavimentos similares en la zona
- Pavimentos adyacentes existentes
- Conservación de materiales y energía
- Disponibilidad de materiales locales o capacidades de contratistas
- Seguridad vial
- Incorporación de características experimentales
- Estimulación de la competencia
- Preferencia municipal, participando de la preferencia del gobierno local.

Los factores de decisión considerados para el tipo de diseño del pavimento se incluirán en el informe sobre el diseño del pavimento.

## **2.5 Marco legal**

La guía de interventoría es una herramienta de gestión que permite evitar la utilización indebida de los recursos públicos por parte del contratista y en caso de que se presente esta es un medio para detectarla y sancionarla, de esta manera se relaciona las normas generales de la contratación, estatutos y leyes que la sancionan.

- **Ley 80 de 1993** Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública.

- **Decreto 1082 de 2015** "Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector administrativo de planeación nacional".

- **Ley 1474 de 2011** Por la cual se dictan normas orientadas a fortalecer los mecanismos de prevención, investigación y sanción de actos de corrupción y la efectividad del control de la gestión pública.

- **Ley 734 de 2002** Por la cual se expide el Código Disciplinario Único.

- - Manuela de interventoría de obra pública (INVIAS 2016)

- Manual de Diseño geométrico (INVIAS)

### **3 Diseño Metodológico**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

El tipo de investigación a desarrollar se realizara para alcanzar los objetivos propuestos en este documento de investigación que es de carácter documental- descriptiva, con lo cual se busca dejar documentado lineamientos generales y específicos para la supervisión en la construcción de pavimentos rígidos donde se le facilite a la entidad estatal contar con un documento base que les brinde con claridad realizar seguimientos bajo unos parámetros técnicos normativos para garantizar una correcta materialización de las obras para el beneficio de la comunidad

#### **3.2 Población y muestra**

##### ***3.2.1 Población***

Para el enfoque de este proyecto la población objeto de estudio será la interventoría técnica en la construcción de pavimentos rígidos en la zona urbana del municipio de Tibú, Norte de Santander.

##### ***3.2.2 Muestra***

Como la metodología de investigación es de carácter descriptivo, se aplicará Malla vial del casco urbano del municipio de tibú, norte de Santander

#### **3.3 Diseño de instrumentos de recolección de la información y técnicas de análisis de datos**

Como instrumento para el desarrollo del trabajo de investigación se utilizarán diferentes técnicas de recolección de información:

La revisión de información bibliográfica sobre interventoría técnica y supervisión de obra en el seguimiento de proyectos de construcción de pavimentos rígidos, para los lineamientos de control que se debe tener en el sistema constructivos que se debe tener acerca de este tipo de proyecto

La compilación de los procedimientos constructivos mediante literatura estudiada ayudara a puntualizar los conceptos de interventoría técnica en un proyecto de pavimento rígido. A lo cual conllevara a establecer las pautas del sistema constructivos que se deben tener en cuenta en la construcción, y en base a ello se establecerán herramientas para el control técnico

### **3.4 Análisis de información**

La información analizada y estudiada se presentará en una guía de seguimiento para interventoría técnica de proyectos de pavimentos rígidos, el cual implementará mediante fichas de seguimiento a los procesos constructivos del pavimento rígido

### **3.5 Cronograma de actividades**

Tabla 2

*Cronograma de actividades*

FASE	ACTIVIDADES	MES 1				MES 2			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
1	Revisar documentos y bibliografía de las normas técnicas con respecto a interventoría técnica	■							
2	Determinar las normas aplicables al tipo de proyecto	■	■						
3	Definir la metodología para realizar seguimiento y control técnico en base de los procedimientos constructivos	■	■	■					
4	Especificar los documentos de control de los procesos constructivos de acuerdo a los requerimientos necesarios		■	■	■				
5	Elaborar las fichas de control de las lista de chequeo de interventoría técnica			■	■	■			
6	Realizar un conglomerado de la información plasmándolo en la guía de interventoría técnica para proyectos de pavimento rígido					■	■	■	■

*Nota: fuente propia*

## 4 Resultados

### 4.1 Definir todos los aspectos del proceso constructivos que pueden incidir en la calidad del pavimento rígido de Tibú, Norte de Santander

Los pavimentos rígidos (pavimentos de concreto), como su nombre lo indica, son rígidos y considerablemente más fuertes en compresión que en tensión. Una de las principales características de los pavimentos rígidos es que una losa de pavimento relativamente delgada distribuye la carga sobre un área más amplia debido a su alta rigidez. El material de firme de baja resistencia localizado se puede superar debido a esta área de distribución más amplia. En los pavimentos de concreto, la resistencia del pavimento la aporta principalmente la losa de concreto, a diferencia de los pavimentos flexibles en los que las capas sucesivas del pavimento contribuyen de forma acumulativa.

Dado que el módulo de elasticidad de la losa de concreto es mucho mayor que el del material de cimentación, una parte importante de la capacidad de carga se deriva de la propia losa. Esto a menudo se ha denominado acción de haz. El objetivo principal en el diseño es asegurarse de que las tensiones impuestas por el tráfico e inducidas por la expansión y contracción térmica estén contenidas dentro de los límites que el concreto puede aceptar sin fracturarse.

El concreto puede dañarse por sales nocivas, ya sea en el agregado o ingresando al concreto en solución desde una fuente externa. Pero en ausencia de tales materiales nocivos, el concreto no se deteriora. De hecho, su fuerza aumenta con la edad durante los primeros meses. Los pavimentos de concreto están sujetos a tensiones térmicas debido a la variación de las temperaturas diarias y

anuales y, por lo tanto, las tensiones térmicas merecen atención para el diseño de pavimentos de concreto. En el concreto utilizado como revestimiento, estos cambios de volumen deben acomodarse mediante el uso de juntas de contracción, cuyas separaciones están determinadas por el rango de temperatura diurna y anual. En algunos climas tropicales, especialmente en áreas bajas y húmedas cerca del ecuador, solo hay pequeñas fluctuaciones de temperatura y las juntas pueden estar bastante espaciadas. En otros regímenes climáticos tropicales, especialmente en los desiertos, puede haber grandes fluctuaciones en las temperaturas tanto diurnas como anuales y es necesario prestar especial atención al diseño y espaciamiento de las juntas.

La resistencia al deslizamiento de las superficies de pavimento de concreto también es una característica funcional importante. La superficie rugosa requerida para una resistencia adecuada al deslizamiento en condiciones húmedas puede proporcionarse arrastrando escobas rígidas transversalmente sobre el concreto recién colocado o cortando ranuras poco profundas espaciadas al azar en la superficie de la losa de concreto endurecido. Una característica de los pavimentos de concreto es que resultan extremadamente duraderos, durando muchos años con poca atención, o dan problemas desde el principio, a veces debido a fallas en el diseño, pero más a menudo debido a errores en la construcción.

#### ***4.1.1 Tipos de pavimentos rígidos***

Dependiendo del nivel de refuerzo, los pavimentos rígidos se pueden categorizar en tres tipos básicos:

- Pavimentos de concreto no armado articulados

- Pavimentos de concreto armado articulado
- Pavimentos de concreto armado continuo

En los pavimentos de concreto no armado articulado, el pavimento consiste en una sucesión de losas de concreto no armado vaciadas in situ separadas por juntas para evitar que la expansión desarrolle tensiones y controlar las fisuras. Las losas se unen entre sí mediante tirantes o pasadores para transmitir los esfuerzos verticales.

En los pavimentos de concreto armado articulado, el pavimento consiste en una sucesión de losas de concreto armado coladas in situ separadas por juntas para controlar las fisuras. Las losas se unen entre sí mediante tirantes o pasadores para transmitir los esfuerzos verticales. Estos pavimentos se utilizan cuando existe la probabilidad de que se produzcan grietas transversales durante la vida útil del pavimento debido a factores tales como el movimiento del suelo y/o las tensiones por cambios de temperatura/humedad. El refuerzo longitudinal es el refuerzo principal. Se suele añadir un refuerzo transversal, aunque no absolutamente necesario en la mayoría de los casos para facilitar la colocación de las barras longitudinales.

Los pavimentos de concreto armado continuo se utilizan para carreteras bastante transitadas donde se espera un buen nivel de confort. El refuerzo principal, en forma de mallas prefabricadas o barras de refuerzo instaladas a media profundidad de la losa, es nuevamente el acero longitudinal que es esencialmente continuo en toda la longitud del pavimento. Este refuerzo longitudinal se utiliza para controlar las grietas que se forman en el pavimento debido al cambio de volumen en el concreto.

#### ***4.1.2 Proceso constructivo para la construcción de un pavimento rígido***

El rendimiento a largo plazo del pavimento rígido depende no solo del diseño adecuado del pavimento y la selección de materiales, sino también de las buenas prácticas de construcción. Las malas prácticas de construcción han resultado en fallas prematuras del pavimento rígido. La construcción de un pavimento rígido es un proceso bastante complejo. Implica muchos procesos, incluida la preparación adecuada de la subrasante y la base, la colocación de barras de refuerzo o clavijas, la elección y el manejo de agregados y otros materiales, el desarrollo del diseño de la mezcla de concreto, la producción y el transporte del concreto, y la colocación, el acabado, el curado y el aserrado conjunto del concreto.

***4.1.2.1 Diseño de la mezcla de concreto.*** El diseño de la mezcla de concreto se realiza para garantizar que la formulación de la mezcla de concreto cumpla o exceda los requisitos de especificación. El diseño de la mezcla se utiliza para establecer la proporción adecuada de componentes (cemento hidráulico, agregados, agua, puzolanas y aditivos) en la mezcla para lograr las propiedades especificadas. Las propiedades significativas del concreto son la resistencia, el contenido de aire y el coeficiente de expansión térmica.

Además de la resistencia de diseño de la mezcla requerida, se establecerá la resistencia de control del trabajo. La resistencia de control del trabajo se utiliza para verificar que el concreto que se utiliza en el proyecto funcionará de manera similar al concreto utilizado para desarrollar el diseño de la mezcla. El valor predeterminado es usar la fuerza de mezcla de 7 días como la fuerza de control de trabajo. Esta prueba de resistencia de 7 días puede ser alterada con la aprobación del

ingeniero. Es posible que el contratista desee desarrollar fortalezas de control de trabajo a una edad más temprana, como cuatro días, para permitir que la muestra de control de trabajo también se use para abrir el pavimento al tráfico a una edad más temprana. La reducción del tiempo de curado para las muestras de control del trabajo puede reducir la fiabilidad del ensayo para garantizar que se alcancen las resistencias especificadas. Las pruebas a los cuatro días aún deben proporcionar una estimación confiable de la fuerza a largo plazo.

La prueba de control de trabajo estándar a los siete días se estableció hace muchos años y aseguró que la prueba de resistencia de las muestras de control de trabajo ocurriera el mismo día de la semana que la pavimentación de concreto. El resultado es que no habría pruebas el sábado o el domingo, a menos que los trabajos de pavimentación se realizaran en esos días. Esta fue también una herramienta de gestión para eliminar la necesidad de que los técnicos de laboratorio se presenten a trabajar el domingo para realizar una sola prueba de fuerza.

Muchos proyectos de construcción de carreteras urbanas tienen graves problemas de control de tráfico y congestión. Para acelerar la construcción y minimizar los retrasos en los viajes para el público, se imponen restricciones contractuales en las fechas y horas en que los carriles de viaje pueden y no pueden cerrarse para viajar. Los contratos de proyectos también pueden imponer grandes bonificaciones y desincentivos por el tiempo de finalización.

#### ***4.1.3 Principales tipos de fallos en los pavimentos rígidos de Tibú***

A partir de los recorridos realizados se identificaron 7 tipos de fallos en los pavimentos rígidos del municipio de Tibú que corresponden a:

- Desprendimiento articular
- Fallas
- Agregados Pulidos
- Agrietamiento por contracción
- Bombeo
- Agrietamiento lineal
- Descanso de esquina

**4.1.3.1 *Desprendimiento Articular*** El estrés compresivo excesivo causa deterioro en las articulaciones, llamado como el spalling. Esto puede estar relacionado con la infiltración de juntas o el crecimiento del pavimento, que son causados por los agregados reactivos. El concreto de mala calidad o la técnica de construcción también resultarán en el desprendimiento de las juntas. Se pueden observar bordes pequeños a grandes spalls en la parte posterior de la losa y hasta las articulaciones. Las principales causas de desprendimiento de juntas en pavimentos rígidos son:

- Juntas sometidas a una tensión excesiva debido al alto tráfico o por infiltración de cualquier material incompresible
- La junta que se construye con concreto débil

**4.1.3.2 Fallas en pavimentos rígidos.** La diferencia de elevación entre las articulaciones se denomina falla. Las principales causas de fallos en pavimentos rígidos por fallos son:

- Asentamiento del pavimento que se debe a una base blanda
- El bombeo o la erosión del material debajo del pavimento, lo que resulta en vacíos debajo de la losa del pavimento que causan el asentamiento
- Los cambios de temperatura y humedad que causan el rizo de los bordes de la losa.

**4.1.3.3 Áridos pulidos.** La aplicación de tráfico repetido conduce a esta falla. Estos son los fallos en pavimentos rígidos causados cuando los agregados por encima de la pasta de cemento en el caso de áridos muy pequeños o los agregados no son ásperos o cuando son de forma angular, que no puede proporcionar suficiente resistencia al deslizamiento para los vehículos. El grado de pulido debe especificarse antes de que se lleve a cabo la construcción.

**4.1.3.4 Agrietamiento por contracción** Estas son grietas que tienen menos de 2 m de longitud. No cruzan toda la losa. El proceso de fraguado y curado de la losa de concreto da como resultado tales grietas. Estos son causados debido a una mayor evaporación del agua debido a grietas de mayor temperatura. El curado inadecuado también puede crear grietas de contracción en pavimentos rígidos.

**4.1.3.5 Efectos de Bombeo** La expulsión de agua debajo de una capa del pavimento se denomina bombeo. Esta falla es causada debido a las cargas activas de vehículos que vienen sobre el pavimento de manera repetitiva. Esto dará como resultado que los materiales finos presentes en la subbase se muevan junto con el agua y sean expulsados con el agua. Se crean vacíos más grandes debajo del pavimento debido a la expulsión repetida. El bombeo se puede evitar mediante la prevención de la acumulación de agua en la interfaz de la subbase del pavimento. Esto se puede lograr reduciendo la deflexión a un valor mínimo y proporcionando una subbase fuerte y bien construida. La subbase construida debe tener una instalación de drenaje suficiente para que la subrasante inferior no esté saturada. La construcción moderna de pavimentos hace uso de un sistema de drenaje subterráneo que es la mejor solución para la falla del bombeo.

**4.1.3.6 Rotura de las esquinas.** Estas son las fallas en pavimentos rígidos que se producen debido al bombeo a velocidad excesiva. Cuando el bombeo elimina por completo el soporte subyacente que no existe más soporte debajo para tomar la carga del vehículo, se crean las grietas de la esquina. El método de reparación es el reemplazo completo de la losa o se debe llevar a cabo la reparación de la profundidad completa.

**4.1.3.7 Agrietamiento lineal** Este tipo de fallos en pavimentos rígidos divide la losa en dos o tres piezas. La razón detrás de tales fallas son las cargas de tráfico a niveles repetidos, el rizado debido al gradiente térmico y la carga de humedad repetidamente.

#### **4.1.4 Correlación de las fallas observadas con las posibles causas**

Tipo de Falla	Descripción	Causas	Soluciones
Falla	La diferencia de elevación entre la articulación se denomina fallamiento.	Asentamiento del pavimento por cimentación blanda Erosión de material debajo del pavimento. Curvatura de los bordes de la losa debido a los cambios de temperatura y humedad	el pulido con diamante se utiliza para restaurar el pavimento si la falla alcanza los 4 mm Se requiere reacondicionamiento de la barra de pasador si la falla está entre 4 y 12,5 mm. Si el fallo excede la reconstrucción total de 12.5 mm de la losa es necesaria
Grietas de durabilidad	son una serie de grietas de color oscuro, en forma de medialuna, muy próximas entre sí, cerca de una junta, esquina o grieta	Expansión congelada-descongelada del agregado en la losa Algunas asperezas conducen al desconchado y a la eventual desintegración de la losa.	El pavimento afectado puede restaurarse mediante una reparación de profundidad parcial o total, dependiendo de la gravedad del daño.
Perforaciones	Son las piezas rotas del área localizada en la losa de concreto	cargas repetidas pesadas insuficiencia en el espesor de la losa la pérdida de soporte de la fundación o la deficiencia de la construcción como el panal	Los problemas de perforación se solucionan con un parche de profundidad completa
Rotura de esquinas	estas son las fallas en pavimentos rígidos que se producen por bombeo en exceso	Cuando el bombeo elimina el soporte subyacente, se crean grietas en las esquinas.	Se debe realizar el reemplazo de la losa completa o la reparación de la profundidad total.
Agrietamiento Lineal	este tipo de fallas en pavimentos divide la losa en dos o tres piezas	Las fallas son cargas de tráfico en niveles repetidos	el sellador de grietas se puede usar para sellar grietas lineales

Agrietamiento contracción	por	Estas son grietas finas y poco profundas que tienen menos de 2 m de longitud. estas grietas pueden formarse tanto en dirección longitudinal como transversal	La curvatura debido al gradiente térmico y la carga de humedad  Proceso inadecuado de fraguado y curado de la losa de concreto. mayor evaporación de agua debido a grietas de mayor temperatura	si el agrietamiento lineal conduce al agrietamiento del panel, entonces el pavimento se restaura mediante una reparación de profundidad total  Las grietas por contracción se pueden tratar con selladores de grietas si son de tamaño moderado.  La resina sintética se usa generalmente como sellador de grietas.  El reemplazo de toda la losa (reparación de profundidad total) se usa en situaciones severas
Agregado Pulido		Se dice que los agregados que sobresalen de la pasta de cemento con menos angularidad y rugosidad son agregados pulidos.	aplicaciones de tráfico repetido la edad del pavimento influirá en el agregado pulido  Será más rápido si el agregado es susceptible a la abrasión.	se puede reparar aplicando un sello de lechada antideslizante, BST o una capa no estructural  El rectificado diamantado también se puede utilizar para tratar el problema de los áridos pulidos en pavimentos rígidos.
Descascaramiento		Es el desprendimiento o descamación de la capa superior o piel de la superficie de concreto.	Diseño de mezcla inadecuado  Vibración excesiva durante la compactación del concreto.  Lechada de concreto  Realización de la operación de acabado mientras que el agua de sangrado está en la superficie.	
Descascarillado juntas	de	es la ruptura de la losa cerca del borde de la junta debido a un exceso de	Alineación defectuosa del material incompresible	Las reparaciones de profundidad parcial y total son los remedios para el

	esfuerzos de compresión	de debajo de la losa de concreto	desconchado superficial y profundo.
	Normalmente ocurre dentro de los 0,5 m de las juntas	tensión excesiva en la junta debido a la carga de la rueda	
Grietas de deformación	de formación de grietas de deformación cerca del borde de la junta.	El estrés excesivo debido a la expansión de la losa de concreto da como resultado la formación de grietas de deformación cerca del borde de la junta.	Refuerzo adecuado en las juntas longitudinales y transversales Las juntas de bisagra se utilizan para aliviar el estrés debido a la deformación.
Bombeo	Cuando el material presente debajo de la losa de la carretera se expulsa a través de las juntas o grietas, se denomina bombeo. Cuando sale lodo de tierra, se llama bombeo de lodo.	la infiltración de agua a través de las juntas, grietas o bordes del pavimento forma lechada de suelo Sellador de juntas deficiente que permite la infiltración de agua. Cargas repetidas de las ruedas que provocan la erosión del material subyacente Cuando hay un espacio vacío entre la losa y la base subyacente de la capa de subrasante	Se debe mejorar el drenaje de la subrasante se puede aplicar un sello antiniebla o un sello de lechada para limitar la infiltración de agua

---

#### ***4.1.5 El costo de la calidad y los desafíos para el sector de la construcción***

Muchos conceptos relacionados con la Gestión de la Calidad se han originado en la industria manufacturera y se está intentando su implementación en la industria de la construcción. La industria manufacturera se caracteriza por procesos de estado estacionario, mientras que la industria de la construcción opera de manera bastante diferente (Giraldo et al, 2018). Algunos ejemplos de estas diferencias se dan a continuación:

- Diversidad en los tipos, formas y formas de los proyectos de construcción.
- Dispersión geográfica
- Relaciones contractuales
- Multiplicidad y diversidad de varios componentes.
- Desafíos en el control de las condiciones ambientales
- Dificultad (a veces imposibilidad) de rechazar un elemento defectuoso
- Requisito de 'durabilidad' mucho más alto

Por lo tanto, los métodos o principios utilizados para evaluar los parámetros relacionados con la calidad como la evaluación, el costo, etc. en la industria manufacturera deben modificarse adecuadamente para que puedan aplicarse de manera efectiva en la industria de la construcción.

El objetivo en un proyecto de construcción es cumplir con los requerimientos del cliente al menor costo posible. Cualquier intento de mejorar la calidad, por lo tanto, debe considerar los costos asociados. Es aquí donde el concepto de 'Costo de Calidad' (COQ) se vuelve relevante. Juran (2015) creía que era importante vincular los problemas de calidad con los costos. Vincular

los esfuerzos de Calidad a la conformidad, los defectos y los costos (y las ganancias) es la única forma de impulsar un cambio sostenible en el enfoque de la gestión hacia la Calidad.

Existen diferentes definiciones y modelos asociados de COQ propuestos por diferentes expertos/investigadores. Una de las definiciones/modelos más simples de COQ es el modelo PAF (Por sus siglas en inglés). Según esto, COQ es la suma de los siguientes elementos.

- Costo de cumplimiento (o prevención del incumplimiento)
- Costo de prueba e inspección para evaluar el grado de cumplimiento
- Coste de las reparaciones

Estos se denominan costos P (prevención), A (evaluación) y F (fallo) y el modelo que se desarrolla a partir de esto se conoce como modelo PAF. Este modelo es fácil de entender y puede utilizar gran parte de los datos ya disponibles en los proyectos. Además, puede ser aplicado por cualquier contratista, independientemente del sector, el tamaño del proyecto, la competencia de los empleados y la solidez del SGC implementado. Si bien lo anterior suena simple en teoría, existen bastantes desafíos para implementarlo en un proyecto.

Las partes interesadas en un proyecto de construcción incluyen al desarrollador, las empresas de diseño, el PMC, el contratista principal (contratista general) y los subcontratistas. Existe una tendencia a trasladar el costo de la Calidad por parte del desarrollador al contratista principal y del contratista principal al subcontratista(s), a través de disposiciones estrictas en el acuerdo de contrato (Giraldo et al, 2018).

Gran parte de la construcción actual se realiza mediante subcontratación. El desarrollador puede pensar que es el contratista principal el que debe ser responsable del COQ. El contratista principal puede, en parte, pensar que es el subcontratista el que debe ser responsable del COQ. Por lo tanto, algo que debería ser de interés para todos, se envía a la agencia que tiene menos recursos y menos ancho de banda para prestar atención al COQ (Giraldo et al, 2018).

Si bien es fácil identificar y aislar el costo de la evaluación, no es fácil hacerlo para el costo de la prevención. Hay muchas intervenciones indirectas para prevenir errores/defectos que no están enfocadas exclusivamente a la calidad. Parte de los costos asociados con la capacitación, la motivación de los empleados, el mantenimiento preventivo de los equipos, la precalificación de los proveedores, la logística del sitio, etc., se incurre no solo por la calidad, sino por otros objetivos del proyecto, como el costo, la velocidad y la seguridad.

Similar es el caso con el costo de falla. El costo medible de la falla (costo de las reparaciones) suele ser una pequeña parte del costo total de la falla que puede incluir aspectos inconmensurables como demoras, reclamos/litigios, daños a la marca y pérdida de negocios futuros. La práctica de contabilidad de costos también puede dificultar la identificación y el aislamiento de cualquier costo en el grupo COQ y no COQ (Giraldo et al, 2018).

**4.2 Determinar las herramientas por medio de las cuales se pueda hacer un adecuado control técnico al proceso constructivo de pavimentos rígidos en el municipio de Tibú de acuerdo con las especificaciones técnicas del instituto nacional de vías (INVIAS).**

El diseño del pavimento es el desarrollo y la selección del espesor de la losa, las dimensiones de las juntas, los requisitos de refuerzo y transferencia de carga, y otras características del pavimento. El objetivo de un diseñador de pavimentos es seleccionar las características del pavimento que satisfagan económicamente las necesidades y condiciones específicas de un proyecto en particular.

En el corazón de todos los proyectos de pavimento de concreto está el propio concreto. El concreto afecta y se ve afectado por todos los aspectos del proyecto, desde el diseño hasta la construcción.

El material de concreto en sí mismo es solo un componente de un sistema o proyecto de pavimento específico. (Otros componentes incluyen, por ejemplo, el diseño estructural y funcional del pavimento, la subrasante/base). Podría decirse que el material de concreto es el componente central del sistema de pavimento de concreto. En general, el rendimiento de un sistema se juzga por el rendimiento del concreto.

El desempeño del concreto se ve afectado críticamente por muchas variables a lo largo del sistema de pavimento y durante todo el proceso de construcción del sistema. Estas variables incluyen las fuentes, la calidad y las proporciones de sus ingredientes; variables de construcción como clima, equipo de pavimentación y prácticas, etc.; y parámetros de diseño como la resistencia del diseño y los factores climáticos.

Comprender los pavimentos de concreto como sistemas integrados y la construcción de pavimentos como un proceso integrado ayudará a los lectores a optimizar el rendimiento del concreto.

#### ***4.2.1 Control técnico de acuerdo con las especificaciones del INVIAS***

Una de las herramientas que permite un mejor control técnico sobre las actividades relacionadas a la construcción de un pavimento rígido son las listas de control o chequeo, las cuales permiten contrastar los criterios y parámetros definidos por el INVIAS respecto a las actividades y parámetros desarrollados en obra, para así determinar su porcentaje de cumplimiento y el rango de aceptación de las obras. Uno de los principales aspectos técnicos que considera el manual de diseño de pavimentos de concreto del INVIAS corresponde a los agregados, que deben cumplir con las especificaciones de granulometría según la E-123-07 y el contenido de arcilla bajo los parámetros de la E-124-07. En dicho manual también se incluyen las consideraciones para los demás elementos considerados en un pavimento de concreto, como son el suelo, la subrasante y la estructura de concreto.

**4.2.1.1 Herramientas para el control técnico.** Las herramientas para el control técnico en obra corresponden a las listas de chequeo, listas de verificación, plantillas de control, además de los informes mensuales de obra, los cuales permiten realizar la trazabilidad de la obra. En el anexo 2, se indican algunos formatos para el seguimiento y control.

#### ***4.2.2 Calidad del proceso constructivo y los materiales***

El control de calidad de los materiales y productos de construcción es un requisito esencial para obtener un estándar mejorado y uniforme de construcción de carreteras. El control de calidad es una parte esencial de cualquier proceso de producción y las construcciones de carreteras no son una excepción. La necesidad de control de calidad sobre estas especificaciones ha aumentado considerablemente en los últimos tiempos debido a un aumento significativo de las intensidades de tráfico.

Un mejor nivel de servicio de carreteras resultará en ahorros considerables en el costo operativo del vehículo y en la reacción favorable de los usuarios de la carretera y la opinión pública. El costo adicional de ejercer el control de calidad es solo una fracción de los beneficios resultantes. El costo de ejercer el control de calidad sería del 1-2 por ciento del costo total de construcción. El retorno económico directo e indirecto del control de calidad podría ser del orden del 5 al 10 por ciento del costo total de construcción.

#### ***4.2.3 Requisito previo para el control de calidad de la construcción de vías***

Principalmente las especificaciones y estimaciones de construcción de carreteras proporcionan la base para un control de calidad efectivo. Además, las organizaciones establecen sistemas de gestión de calidad, personal adecuadamente capacitado y una buena agencia de monitoreo para ejercer el control de calidad.

Establecer una evaluación periódica de los datos de control de calidad no solo para la implementación durante la construcción, sino también para efectuar posibles mejoras en el control de calidad y las técnicas de construcción. Otro enfoque es la actualización de los conocimientos mediante la mejora de la cultura de la formación en el puesto de trabajo.

**4.2.3.1 Tipos de control de calidad.** Control de calidad del proceso: el diseñador toma las decisiones con respecto al tipo de equipo, el procedimiento de construcción y la cantidad de trabajo requerido para obtener el resultado deseado.

Control de calidad final: en el tipo de control de calidad de resultado final, la agencia de construcción, que puede ser un contratista privado, tiene las manos libres en la selección de métodos y equipos de construcción de carreteras para lograr el producto final deseado.

En el tipo de especificación de "resultado final", el personal de ingeniería de campo lleva a cabo pruebas en el trabajo terminado a intervalos regulares para evaluar si cumple o no con los requisitos de especificación, mientras que en el "control de tipo de proceso", la responsabilidad del personal de campo es asegurarse de que el trabajo se lleve a cabo según las especificaciones establecidas.

**4.2.3.2 Control de calidad de materiales de construcción.** Las pruebas de control de calidad de los materiales en el sitio del proyecto son esenciales para garantizar que los materiales que se incorporan en la construcción sean de calidad especificada.

Todos los materiales introducidos en el emplazamiento se apilarán y almacenarán según se especifique para evitar el deterioro o la intrusión de materias extrañas y garantizar la conservación de su calidad e idoneidad para el trabajo.

Los materiales que se hayan almacenado incorrectamente o que se hayan almacenado durante largos períodos se volverán a someter a ensayo cuando su idoneidad en el trabajo sea dudosa.

**4.2.3.3 Procedimientos de prueba.** El procedimiento de ensayo de los diferentes materiales y trabajos se ajustará a las normas y especificaciones pertinentes. Cuando no se indique un procedimiento específico de ensayo, los ensayos se llevarán a cabo según la práctica habitual en la dirección del Ingeniero Encargado.

- Frecuencia y extensión de las pruebas en el sitio

La frecuencia y el alcance de las pruebas es el mínimo que se considera necesario para condiciones normales. Llevar a cabo pruebas adicionales para detectar condiciones anormales en las que las variaciones puedan ser excesivas o cuando las circunstancias justifiquen lo contrario.

- Criterios de aceptación del sitio

Los criterios de aceptación para diferentes elementos de trabajo pueden basarse en valores mínimos o en el análisis estadístico que se considere juicioso. Para un control de calidad eficaz de la construcción de carreteras de los materiales y el trabajo, generalmente será necesario establecer los criterios de aceptación en los documentos del contrato.

- Instalaciones de prueba del sitio del proyecto

Las instalaciones de prueba normalmente comprenden laboratorios a nivel central, regional y de campo. Los laboratorios Regionales están a nivel de círculo y dirigidos por Ingenieros Ejecutivos (Control de Calidad) Además, deberán brindar todas las facilidades para la capacitación de todo el Personal de Control de Calidad en la Región.

**4.2.3.4 *Parámetros críticos para el control de calidad de la construcción de carreteras.*** Los siguientes puntos para el control de calidad en proceso de construcción deberán ser debidamente atendidos:

- La gradación de los agregados combinados y el contenido de aglutinante deberá satisfacer los criterios de diseño de las especificaciones IRC pertinentes.
- Las proporciones de la mezcla de diseño a las que se llegue en el laboratorio se basarán en muestras representativas de materiales realmente disponibles en el sitio.
- Cuando sea necesario, se aplicará una capa de imprimación sobre la base preparada en la proporción especificada antes de colocar la superficie bituminosa.
- La planta mezcladora deberá tener la capacidad adecuada para producir una mezcla de calidad adecuada y uniforme.
- Se deben alimentar al secador cantidades de varios tamaños de agregados en proporciones tales que la combinación resultante cumpla con la fórmula de mezcla del trabajo.

- La temperatura del aglutinante en el momento de la mezcla debe estar en el rango de 1500C-1770C y la de los agregados en el rango de 1550C-1630C. Se debe tener cuidado para que la diferencia de temperatura entre los agregados y el aglomerante no exceda los 140C.
- El tiempo de mezclado debe ser lo más corto posible para obtener una distribución uniforme del aglomerante y una mezcla homogénea.
- El contenido de aglomerante con la mezcla se verificará periódicamente para garantizar que se ajuste a las especificaciones.
- Sin embargo, se permitirá una variación en el contenido de ligante de + 0,3 por ciento en peso de la mezcla total.
- La mezcla será transportada al sitio por medio de volquetes y esparcida y compactada para obtener una alfombra del espesor requerido. El esparcimiento se hará con pavimentadoras mecánicas autopropulsadas, provistas de reglas para esparcir, apisonar y terminar la mezcla a ras de rasante y sección transversal. La temperatura de la mezcla al momento de la colocación deberá estar en el rango de 1210C-1630C.
- Inmediatamente después de la colocación de la mezcla, se iniciará el laminado con rodillos vibratorios de 8-10 toneladas a una velocidad no superior a 5 Km por hora. El rodillo final debe continuar hasta que la mezcla esté completamente compactada y no queden marcas de rodillo en la superficie. La densidad no debe ser inferior al 95 por ciento de la densidad del laboratorio. Durante el laminado, las ruedas de los rodillos deben mantenerse húmedas para evitar que la mezcla se adhiera a las ruedas de los rodillos y sea recogida.

- Se permitirá el tráfico en la superficie solo cuando la alfombra, después del enrollado final, se haya enfriado a la temperatura ambiente.
- La superficie acabada se comprobará durante el proceso de control de calidad en cuanto a línea, grado y regularidad.

La Dirección de Control de Calidad debe incluir los procedimientos acordados para los elementos que se enumeran a continuación para lograr control de calidad / control de calidad en el diseño.

- Organización y responsabilidades funcionales (incluidas las cualificaciones personales).
- Responsabilidades para garantizar la calidad de las personas a cargo del diseño y asegurando que la calidad estipulada de diseño de hecho se ha logrado (función de garantía del equipo de control de calidad).
- Calidad del informe de diseño de base para el Desarrollo del Diseño:

#### Requisitos de Proyecto / Cliente

- dibujos preliminares y la fuente de datos, la responsabilidad de suministro y métodos de verificación.
- enfoque de diseño, los códigos, detalles de construcción.
- Métodos de análisis, cálculo, control y aprobaciones internas.

- Cálculos Contenido de los informes detallados de diseño)
- dibujos finales
- Comprobación y aprobación por autoridad de aprobación externa en su caso
- Elaboración y aprobación del diseño de calidad y aprobación del diseño

Esto incluye:

- control de calidad en el software (ensayos previos y verificación)
- Preparación de Diseño
- Verificación del diseño (revisión independiente, análisis alternativo y control de calidad de pruebas)
- Control de los fabricantes / proveedores de diseño.
- Aprobación para el diseño, la distribución de los documentos de diseño y control de documentos.
- Diseño solicitudes de cambio
- Comprobación y aprobación por la aprobación de la autoridad externa, si los hubiere.
- Auditoría y correctivas acciones
- Diseño registros de documentación
- proforma de Calidad Diseño Records- exhaustiva y detallada proforma tendrá que ser desarrollado y prescrito para la finalidad anteriormente mencionada para cada uno de la carretera importante para satisfacer los requisitos especiales, que forman parte del manual de garantía de calidad para el proyecto.

### **4.3 Redactar la guía de interventoría técnica para pavimentos rígidos en el municipio de Tibú, Norte de Santander**

El desarrollo de la guía se indica en el anexo 1 del presente documento.

## 5 Conclusiones

La calidad de los pavimentos rígidos está directamente relacionada con la calidad en la ejecución de los procesos constructivos necesarios para el desarrollo del proyecto. El rendimiento a largo plazo del pavimento rígido depende no solo del diseño adecuado del pavimento y la selección de materiales, sino también de las buenas prácticas de construcción. Las malas prácticas de construcción han resultado en fallas prematuras del pavimento rígido. La construcción de un pavimento rígido es un proceso bastante complejo. Y durante su vida útil se pueden presentar varias tipologías de fallas como las que se han observado en el municipio de Tibú, como los son desprendimiento articular, fallas, agregados pulidos, agrietamiento por contracción, bombeo, agrietamiento lineal y descanso de esquina

Una de las herramientas que permite un mejor control técnico sobre las actividades relacionadas a la construcción de un pavimento rígido son las listas de control o chequeo, las cuales permiten contrastar los criterios y parámetros definidos por el INVIAS respecto a las actividades y parámetros desarrollados en obra, para así determinar su porcentaje de cumplimiento y el rango de aceptación de las obras. Uno de los principales aspectos técnicos que considera el manual de diseño de pavimentos de concreto del INVIAS corresponde a los agregados, que deben cumplir con las especificaciones de granulometría según la E-123-07 y el contenido de arcilla bajo los parámetros de la E-124-07. En dicho manual también se incluyen las consideraciones para los demás elementos considerados en un pavimento de concreto, como son el suelo, la subrasante y la estructura de concreto.

Finalmente, como parte del desarrollo aplicativo del trabajo elaborado se desarrolló una guía de interventoría técnica para pavimentos rígidos en el municipio de Tibú, con la cual se brindó una herramienta que facilita el seguimiento y control por parte de la interventoría en el desarrollo de las actividades constructivas de un pavimentos rígidos, según las recomendaciones y especificaciones del INVIAS

## Referencias

- Alfaro Félix, O. C. (2008). *Sistemas de aseguramiento de la calidad en la construcción*. (Tesis de pregrado) Universidad Pontificia católica del Perú.
- Amorocho Montanez Silvia Juliana, D. A. (2012). Manual didactivo de procedimientos de interventoría de obras civiles para la instrucción de aprendices. Floridablanca-Santander, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana. Obtenido de [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1736/digital\\_22697.pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1736/digital_22697.pdf?sequence=1)
- García-Bernal, J., & García-Casarejos, N. (2016). Determinantes de la adopción de la gestión de la calidad total (gct) en el sector de la construcción desde la perspectiva de la gestión empresarial. *Revista de la construcción*, 15(2), 28-36.
- Giraldo, C. A. S., Mendoza, J. S. D., & Jálabe, A. M. (2018). Impacto de los costos de calidad en la ejecución de los proyectos de construcción en Colombia. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 33-54.
- Juran, J. M. (2005). Pareto, Lorenz, Cournot, Bernoulli, Juran and others. *Critical evaluations in business and management*, 47.
- Londoño Naranjo, C. &. (2008). Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito. Medellín, Colombia: ICPC.
- Mayo Alegre, J. C., Loredó Carballo, N. A., & Reyes Benítez, S. N. (2015). En torno al concepto de calidad. Reflexiones para su definición. *Retos de la Dirección*, 9(2), 49-67.
- Mora Cano Andrés David, A. S. (2015). Diseño de pavimento rígido para la urbanización de Caballero y Gongora, municipio de Honda Tolima. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.

Pérez, S. P. M., Ramirez, B. P. C., & Martínez, A. D. R. G. (2021). Beneficios de la aplicación de Lean Construction en la industria de la construcción: 35-46. *Revista Cubana de Ingeniería*, 12(1).

Romero Mera, C. A. (2014). Historia de la interventoria en Colombia. bogota, colombia: universidad de los andes. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/16889/u703159.pdf?sequence=>

Sansalvador Sellés, M. (2015). *El coste de la calidad:¿ Qué es y cómo calcularlo?*. Universidad Miguel Hernández.

## **Apéndice**

Anexo 1

**GUÍA DE INTERVENTORÍA  
TÉCNICA PARA PAVIMENTOS  
RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE  
TIBÚ, NORTE DE SANTANDER**

**AUTORES**

**JULIÁN ALBERTO PEÑARANDA  
BALLESTEROS**

**GERARDO ALONSO MOGOLLON  
PALACIOS**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA  
SANTANDER OCAÑA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS.  
ESPECIALIZACIÓN EN INTERVENTORÍA  
DE OBRAS CIVILES**

**UF** **Universidad Francisco**  
**PS** **de Paula Santander**  
Ocaña - Colombia  
Vigilada Mineducación

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

### 1. OBJETO

Esta guía es una herramienta que facilita el seguimiento y control que se realiza por parte de la interventoría, ya que se organizan los factores que hay presentes dentro de la construcción del pavimento de concreto hidráulico; todo esto se realiza teniendo en cuenta la normatividad de las especificaciones generales de INVIAS.

A continuación, se presentan las diferentes actividades que contempla la construcción del pavimento de concreto hidráulico

### 2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico es la primera actividad que se realiza para examinar y describir las características físicas del terreno, en este caso es el pavimento existente y pues es necesario conocer cuáles son las dimensiones reales y no las que se proyectaron en plano, el acompañamiento que se debe hacer, es el de tener conocimiento de las carteras que se crean a partir del levantamiento y tener en cuenta que se realice dentro del tiempo del cronograma.



Figura 1. Levantamiento topográfico

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

### 3. DEMOLICION DE PAVIMENTO

La demolición del pavimento existente es la segunda actividad que encontramos para la construcción del nuevo pavimento, esta puede ser realizada con una retroexcavadora, excavadora o un minicargador, esto queda a decisión del contratista, pero siempre se debe tener en cuenta el rendimiento de cada uno para poder cumplir con el tiempo estipulado en el cronograma para ejecutar la actividad

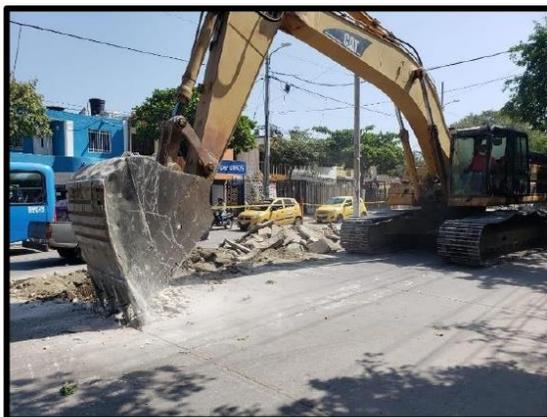


Figura 2. Retroexcavadora demoliendo pavimento flexible con la pala



Figura 3. Retroexcavadora demoliendo pavimento rígido con taladro

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



*Figura 4. Excavadora demoliendo pavimento rígido con la pala*



*Figura 5. Minicargador demoliendo pavimento rígido con taladró*

Para el avance de la actividad, se debe tener en cuenta la unidad de medida que se haya pautado en el presupuesto, teniendo esto presente se le hace el seguimiento con apoyo de las carteras topográficas, tomando las dimensiones que se necesitan de acuerdo a lo que se ha observado que se ha ejecutado en obra, por ejemplo, si la unidad de medida esta en m<sup>2</sup>, se tomara el ancho promedio de la carril o la calzada y el largo que se haya

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

### 4. RENIVELACION Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE

observado que se ha demolido y así se obtendrá los m<sup>2</sup> que se han intervenido y se podrá calcular el avance de la actividad con relación a lo presupuestado, si hay una dimensión que no esté dentro de la cartera, se hará la medición con cinta métrica o metro.

La sub rasante es el suelo natural que encontramos en el terreno, su capacidad de soporte es muy baja por lo tanto hay que remplazarla con material seleccionado que es lo que se conoce como la estructura del pavimento.



Figura 6. Estructura Pav. flexible

Figura 7. Estructura Pav. rígido

Así que antes de iniciar la actividad es necesario conocer los diseños y las especificaciones de la estructura del pavimento, para saber cual es profundidad a la cual se debe excavar; esta actividad es realizada con una retrocargadora debido a los grandes volúmenes de tierra que hay que excavar.

La topografía es necesaria antes y durante la actividad, debido a que antes de iniciar se necesita hacer la localización y el replanteo, la cual consiste en colocar unas varillas que se encuentren en los ejes que ya se establecieron para la vía en el levantamiento topográfico, luego se tensa un hilo entre las varillas y luego se aplica cal a lo largo del hilo ya sea con un recipiente de pintura con orificios u otra herramienta.

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



*Figura 8. Trazado de los ejes de la vía con cal.*

Una vez trazado los límites se comienza la excavación y la nivelación con la retrocargadora en compañía de la topografía para el chequeo de las cotas de diseño, a la vez esto se debe supervisar por parte del ingeniero interventor para tener conocimiento de que efectivamente se esté respetando el diseño y además para revisar las condiciones del suelo y revisar si se cuenta con alguna alteración en este de acuerdo a los estudios realizados o algún tipo de falla.



*Figura 9. Nivelación de la sub rasante con la retroexcavadora*

GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS  
RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



*Figura 10. Chequeo de cotas con nivel topográfico*

Luego de que se haya chequeado que el terreno está en el nivel requerido se procede a humectarlo y luego a compactarlo para mejorar su capacidad portante.



*Figura 11. Humectación con carrotanque*

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



Figura 12. Compactación de la subrasante con vibro compactadora de dos rodillos

### 5. COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUB BASE

Terminada la actividad de nivelación y compactación de la sub rasante, se procede con la conformación de la sub base, que es la capa de la estructura del pavimento destinada a soportar, disipar y distribuir las cargas aplicadas en la superficie de rodadura para luego transmitir las con menores esfuerzo a la capa de subrasante.

El transporte se deberá realizar en vehículos aprobados para circular sobre las carreteras nacionales, los cuales deberán cumplir la reglamentación vigente sobre pesos y dimensiones del Ministerio de Transporte, así como las normas sobre protección ambiental, expedidas por la entidad que tenga la jurisdicción respectiva.

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



*Figura 13. Doble troque, vehículo aprobado en Colombia para el transporte de material*

Llegado el material se examinará el descargue del material y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, se ordenará que se acopien por aparte aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación y se realizará las verificaciones periódicas de la calidad de los agregados para evaluar de que se esté aplicando el agregado que se estipulo en los diseños de la estructura del pavimento.

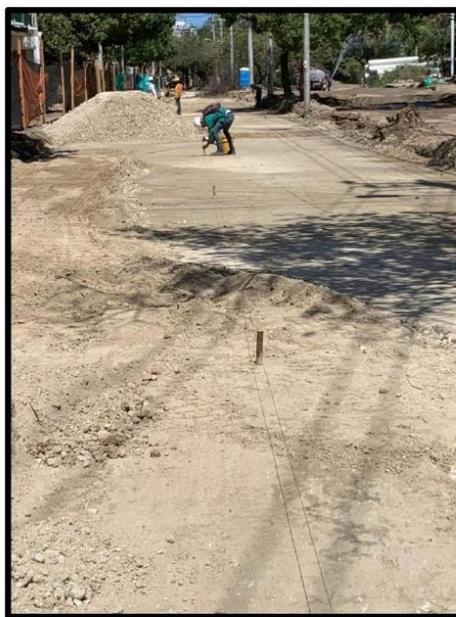


*Figura 14. Descargue de material seleccionado para sub base*

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

La extensión del material se puede realizar con minicargador o con la retocargadora, el espesor de subbase compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm)

Antes de realizar la extensión del material, la topografía se encargará de colocar unas guías para así cumplir con el espesor de las capas, este procedimiento consta de primero hacer un trazado de los ejes externos y central con varillas separadas entre 50 a 100 metros, se tensa un hilo entre las varillas y luego se colocan unas estacas a una distancia de 5 o 10 metros a lo largo de esta, las estacas se colocan hasta la cota que debe llegar la capa de subbase, chequeándose con el nivel topográfico.



*Figura 15. Colocación de las estacas guías sobre el eje central de la calzada*

GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS  
RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



*Figura 16. Chequeo de cota de las estacas guías con la regla y el nivel topográfico*

Luego de que las estacas estén colocadas, el operador de la maquina puede proceder a extender el material hasta el nivel que le marcan las guías.



*Figura 17. Extensión de material con retocargadora*

GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS  
RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



*Figura 18. Extensión del material con  
mimcargador*

Terminado de extender el material se prosigue a humectarlo y a compactarlo.



*Figura 19. Humectación del material extendido  
para subbase*

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

### 6. ACTIVIDADES PRE-FUNDIDA

Para la compactación se recomienda esperar un tiempo luego de humectarlo debido a que cuando existe mucha humedad y se pasa el compactador se presentan ondulaciones en el terreno, presentando inconsistencias en el nivel de la subbase.



*Figura 20. Compactación de la capa de sub base*

Una vez terminado la primera capa se repite de nuevo todo el procedimiento para la segunda capa.

La planeación y la ejecución de las actividades previas a la fundida, tienen mucha importancia para la ejecución del pavimento dentro del tiempo cronogramado, ya que, si no se cuenta con el cumplimiento de las especificaciones, como interventoría no se podrá recibir las actividades que se ejecuten, generando así retrasos en la actividad y por consiguiente en la obra.

Teniendo la capa de subbase compactada se procede a realizar el ensayo para medir la humedad y la compactación y así rectificar que cuenta con la densidad específica de diseño.

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



Figura 21. Toma de densidad de subbase con densímetro nuclear

Luego se inicia con el armado de formaletas para las placas de concreto, se inicia nuevamente con la topografía, colocando varillas separadas entre si cada 5 o 10 metros sobre los ejes del primer carril; Se coloca la regla encima de la varilla y se toma el nivel en que se encuentra, se coloca un esparadrapo o una cinta blanca en la cota requerida para la capa de rodadura y con un marcador se señala en la cinta el nivel, de esta manera con las todas las varillas, luego se amarra un hilo en la marca y se tensa hacia la otra varilla y así sucesivamente para tener una guía del nivel que deben ir las formaletas.



Figura 22. Varilla con hilo tensionado a nivel marcado en la cinta.

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



*Figura 23. Armado de formaletas a nivel marcado por el hilo*

Se debe inspeccionar que las formaletas estén en óptimas condiciones y que no cuenten con curvaturas, además estas deben ser las adecuadas para las dimensiones de la placa a fundir y de que cuenten con perforaciones en los costados a la distancia que se necesitan colocar las barras de transferencia.

Una vez colocadas las formaletas se debe revisar el nivel del terreno con respecto a las formaletas para chequear que se cumpla con el espesor de diseño para la capa de rodadura.

Esto se puede realizar tensando un hilo entre las formaletas (ancho de carril) con la ayuda de dos personas o amarrando el hilo a los extremos con dos piedras, si se cuenta con una regla de aluminio el procedimiento es mas sencillo de realizar colocándola sobre las formaletas, cualquiera de las dos opciones nos brinda el nivel de las formaletas a lo largo del carril, permitiendo medir con un metro el espesor con respecto al terreno, esto se realiza cada 3 o 5 metros, a consideración del interventor.

GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS  
RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

Si el espesor no cumple con el de diseño se debe renivelar el terreno hasta llegar al nivel requerido.



*Figura 24. Chequeo de espesor con regla sobre formaleta y pavimento existente*



*Figura 25. Chequeo de espesor con hilo tensionado sobre formaletas y renivelación de sub base*

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

Al mismo tiempo también se deben ir haciendo todas las actividades relacionadas con el acero.

Las dovelas hacen parte de estas actividades, estas deben ser barras de acero redondas y lisas que estén separadas homogéneamente unas de otras y colocadas a la mitad del espesor de la placa, todo esto con ayuda de las canastillas, están colocadas a lo ancho del carril y en las juntas transversales del carril, el diámetro de la barra será según las especificaciones técnicas del proyecto.



*Figura 26. Canastillas con dovelas engrasadas a la mitad en dirección del flujo vehicular, separadas 30cm de las barras de transferencia para libre movimiento dentro de la placa*



*Figura 27. Dovelas ubicadas en las juntas transversales de la calzada*

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

Las barras de anclaje o amarre, son varillas de acero de refuerzo corrugado colocadas en las juntas longitudinales del pavimento y a la mitad del espesor, para proveer unidad estructural entre las losas adyacentes del pavimento y evitar que la junta longitudinal se separe, además deben estar separadas entre 30 a 50 cm de las juntas transversales, para no intervenir con el libre movimiento de las dovelas.

Estas deben estar espaciadas según las especificaciones técnicas del pavimento, así como su diámetro y el largo, sin embargo, se presenta la siguiente tabla como referencia para el seguimiento de las barras de amarre.

Tabla 1. Recomendación para las barras de anclaje

Espesor de losa (cm)	Barras de d = 3/8 pg.			Barras de d = 1/2 pg.			Barras de d = 5/8 pg.					
	longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)			longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)			longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)		
		3.05 m	3.35 m	3.65 m		3.05 M	3.35 m	3.65 m		3.05 M	3.35 m	3.65 m
Acero de fy = 1875 kgf/cm <sup>2</sup> (40.000 Psi)												
15.0	45	80	75	65	60	120	120	120	70	120	120	120
17.5		70	60	55		120	110	100		120	120	120
20.0		60	55	50		105	100	90		120	120	120
22.5		55	50	45		55	85	80		120	120	120
25.0		45	45	40		85	80	70		120	120	120
Acero de fy = 2.800 kgf/cm <sup>2</sup> (60.000 Psi)												
15.0	65	120	110	100	85	120	120	120	100	120	120	120
17.5		105	95	85		120	120	120		120	120	120
20.0		90	80	75		120	120	120		120	120	120
22.5		80	75	65		120	120	120		120	120	120
25.0		70	65	60		120	115	110		120	120	120

Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito (2008, p.95)

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



*Figura 28. Barras de anclaje colocada en las formaletas, con concreto fraguado lo suficiente para mantener las barras en su posición*



*Figura 29. Revisión del espaciamiento entre las barras de acuerdo a las especificaciones técnicas del pavimento*

Cuando se esté realizando la ejecución de un pavimento que cuente con un carril existente, se tendrá en cuenta las mismas consideraciones, sin embargo, la instalación de las barras se realizara con perforaciones en el pavimento existente con el equipo adecuado a las especificaciones del pavimento y se anclara con epóxico siguiendo las indicaciones del producto a utilizar

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



Figura 30. Perforación en pavimento existente para anclaje de barras de amarre



Figura 31. Anclaje de barras de amarre con epóxido Sika

Se continua con el refuerzo de acero como sistema para controlar la aparición o el ensanche de grietas en las losas que cumplan algunas de las siguientes características

- Para losas con longitud de mayor dimensión de planta superior a 24 veces del espesor de la misma.

GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS  
RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



Figura 32. Refuerzo para losa con longitud 24 veces mayor al espesor

- Losas con relación largo/ancho mayor que 1.4



Figura 33. Placa con largo 1.4 mayor que el ancho

- Cuando una estructura fija quede en el interior de una losa se debe poner refuerzo en la parte superior para dar control a las fisuras causadas por falta de simetría.

GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS  
RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



*Figura 34. Doble parrilla para tapa de manhole*

- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros



*Figura 35. Refuerzo para la placa con manhole en su interior*

- Losas en cuales no coinciden las juntas con las de las losas adyacentes
- Losas de forma irregular es decir diferentes a las cuadradas o rectangulares.

GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS  
RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



*Figura 36. Losa triangular para los cruces en las boca-calles.*

Dentro de las imágenes mostradas anteriormente, el acero se encontraba en el suelo puesto que estaba siendo armado, pero el acero debe quedar a la mitad del espesor del pavimento, esto se logra utilizando silletas que permiten fijar la altura del refuerzo de la placa.



*Figura 37. Silletas para la altura del refuerzo de acero*

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

El acero de refuerzo de las losas estará constituido por barras corrugadas con límite de fluencia ( $f_y$ ) de 420 MPa (4200 kg/cm<sup>2</sup>). Todos los detalles del refuerzo, como cuantía, distribución, localización, etc., deberán quedar claramente definidos en los documentos técnicos del proyecto.

Por último, se deben también realizar el corte de acero para las barras U para los bordillos.



Figura 38. Varilla U para bordillo

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

### 7. FUNDIDA DE CAPA DE RODADURA

Una vez realizada todas las actividades previas a la fundida se procede a ejecutar la fundida de la capa de rodadura del pavimento que es la capa superior del mismo, diseñada para soportar las cargas del tránsito y resistir tanto el deslizamiento de los vehículos como la abrasión que estos pueden producir.

Así que teniendo preparada la subestructura, verificado su densidad y las cotas del terreno definidas en el diseño, se inicia con la colocación del concreto del tramo que se intervino; Debido a las cantidades que se funden, esta actividad se realiza normalmente con una concretera encargada de suministrar el concreto a través de los mixer, los cuales son camiones especiales para el transporte de concreto, desde la concretera hasta el punto de entrega, por lo tanto es necesario programar con anterioridad la cantidad de concreto a fundir y el horario en el cual se va realizar.



Figura 39. Camión mixer

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

Una vez llegan los mixer a la obra, se deben realizar unos ensayos a la mezcla de concreto antes de hacer el vaciado para poder rectificar que el concreto cumple con las normas de calidad.

El primer ensayo a realizar es la norma INV.E-404-13 “Asentamiento del concreto de cemento hidráulico” la cual mide el contenido del agua y esto a la vez se refleja en la resistencia del concreto; El ensayo consiste en muestra de la mezcla de concreto y consolidarla en un molde tronco-cónico, al levantar el molde, el cono de concreto se desploma, luego se mide la distancia vertical entre las posiciones inicial y final de la superficie superior del concreto en su parte central y este valor se denomina asentamiento



*Figura 40. Asentamiento a muestra de concreto del mixer*

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

El segundo ensayo a realizar es el de la norma INV E – 402 -13 “Elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio para ensayos de compresión y flexión” la cual consiste en realizar unos especímenes bajo los procedimientos establecidos en la norma bajo un control de los materiales y de las condiciones del ensayo.



*Figura 41. Cuatro especímenes para luego realizar pruebas de compresión y flexión*



*Figura 42. Curado de las viguetas*

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

Se procede a realizar el vaciado del concreto, pero antes de hacerlo se humedece el terreno, evitando formar charcos, luego con la cuadrilla se comienza extender el concreto de manera uniforme y así evitar que se acumule montículos en un solo punto, además, se debe tener cuidado con las dovelas, puesto que, si no se sujetan, el peso del concreto puede desplazarlas de su sitio.



Figura 43. Vaciado del concreto

Al mismo tiempo que se va descargando y extendiendo el concreto se realiza el vibrado para sacar el aire que quede atrapado, y que se acomode mejor el agregado.



Figura 44. Vibrado con regla vibratoria

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



*Figura 45. Vibrado con vibrador de punta*

De igual forma se debe ir enrasándolo para asegurar una superficie libre de irregularidades y evitar desniveles en el pavimento.



*Figura 46. Enrasado con regla de aluminio*

Luego se prosigue con el acabado superficial del concreto, comenzando con el flotado del concreto para terminar de pulir las imperfecciones en la superficie como los poros.

GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS  
RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER



Figura 47. Acabado superficial con flotador

Los acabados superficiales contra elementos adyacentes como formaletas y otros carriles deberán hacerse con herramienta manual así mismo se corrige las imperfecciones dejadas en sobre la superficie del flotado



Figura 48. Acabado contra elementos adyacentes con llana

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

Realizado el flotado del concreto, se procede a colocar las varillas de refuerzo “U”, espaciando las varillas según el diseño y ubicándolas teniendo en cuenta el ancho de los bordillos, para que una vez se funda el bordillo, el acero cuente con el mismo recubrimiento de ambos lados; Esto se realiza mientras el concreto aún permanece blando.



Figura 49. Colocación de varillas U para bordillo

Luego de contar con una superficie libre de imperfecciones y antes de que comience a fraguar el concreto, se debe hacer el macro texturizado con la finalidad de crear varios canales de drenaje sobre la losa para evacuar el agua superficial.



Figura 50. Rayado del concreto con peine metálico

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

Finalizado el texturizado, debe iniciar el proceso de curado del concreto, para mantener las condiciones de humedad y temperatura de la mezcla, con el fin de evitar fisuración del mismo debido a cambios volumétricos y por lo tanto, problemas que afecten la durabilidad del pavimento; Este tipo de curado es con productos químicos, conocidos como anti-sol.



Figura 51. Aplicación de anti-sol

Luego de las tareas de hormigonado, los camiones mixer requieren un pronto lavado para impedir que, los restos de hormigón almacenados en su interior, endurezcan y causen daños a los vehículos y dificulten las tareas de limpieza posteriores, es por ello, que el lavado de las canaletas de los camiones se produce dentro del sitio de construcción, para ello es necesario asignar un sitio para el emplazamiento de la pileta de secado.



Figura 52. Lavado del mixer en sitio preparado para las aguas con residuo de concreto

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

### 8. ACTIVIDADES POST-FUNDIDA

Las actividades post fundidas son esenciales para la durabilidad y buen funcionamiento de la capa de rodadura del pavimento, la primera actividad que se realiza es el desencofrado de las placas.



Figura 53. Desencofrado de placas

El corte de las juntas del pavimento de concreto es una tarea específica realizada con el fin de que las fisuras en el concreto se presenten en el lugar planeado o diseñado y permitir la retracción o dilatación del concreto por el cambio de la temperatura ambiente a lo largo del día, de no ejecutarse las juntas, se producirían espontáneamente fisuras de manera irregular; Se recomienda hacerlo usualmente entre 4 y 24 horas.



Figura 54. Corte de junta con cortadora de pavimento

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

También se realiza la hidratación de las placas para mantener las condiciones de humedad y temperatura que garanticen la completa hidratación del cementante y el desarrollo de su resistencia potencial. El curado temprano de las estructuras es un método apropiado para evitar fisuras por contracción plástica y por contracción por secado.



*Figura 55. Humectación de placas con manguera*



*Figura 56. Humectación de placas con carro tanque*

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

Por último, se realiza el sellado de juntas, que tiene como objetivo evitar la entrada de agua por las juntas, lo que podría afectar tanto los pasadores o barras de amarre como la capa de base del pavimento, a la que podría llegar a erosionar provocando el bombeo de finos por las juntas y el escalonamiento de las mismas por descalce de las losas, además, también impide la entrada de elementos incompresibles en las juntas que podrían provocar incluso roturas de esquina.

Lo primero que se debe realizar, es un lavado de las juntas, ya que se debe retirar toda partícula que quede en el momento del aserrado de la losa; La instalación del sello se deberá hacer una vez pasado los 21 a 28 días de haberse fundido el concreto; el material (cordón polietileno) no se debe estirar para evitar que al ponerse la silicona se extraiga y dañe el sellado, se introduce el polietileno con un rodillo y luego se aplica se sella con el sello fluido.



Figura 57. Colocación del cordón para las juntas



Figura 58. Aplicación del sello fluido

## GUÍA DE INTERVENTORÍA TÉCNICA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER

Además de todas estas actividades se debe hacer la supervisión y el seguimiento de las placas del pavimento, para revisar que se cumplió con las especificaciones del mismo e identificar si se presentaron algunas fallas como se muestra a continuación.



Figura 59. Chequeo del espesor de la placa



Figura 60. Fisura en placa de concreto

Por último se debe llevar las el avance del pavimento fundido con las carteras topográficas, la inspección y medición en obra, para determinar las cantidades reales y además de que se esté cumpliendo con el cronograma.

## Fichas y formatos para el control de materiales y calidad



