

**Impactos ambientales derivados del proceso de pavimentación de vías de  
transporte en Colombia**

**ANDRES VICENTE ARCHILA ACELAS**

**MARIA FERNANDA APARICIO JURADO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA**

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y MEDIO AMBIENTE**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**BUCARAMANGA**

**2018**

**Impactos ambientales derivados del proceso de pavimentación de vías de transporte en Colombia**

**ANDRES VICENTE ARCHILAACELAS**

**MARIA FERNANDA APARCIO JURADO**

**Asesor(a): ING DIANA IBARRA**

**Monografía presentada como requisito para optar al título de  
Ingeniero Ambiental**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y MEDIO AMBIENTE  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2018**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Firma presidente del Jurado**

---

**Firma Jurado**

---

**Firma Jurado**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este trabajo monográfico expresan sus más sinceros agradecimientos a:

Universidad abierta y a distancia, Directivos y Docentes por la excelente formación académica y humanística brindada, sólido sustento para un futuro desempeño profesional exitoso.

Todas las personas que de una u otra manera colaboraron para el desarrollo exitoso de este trabajo de grado.

## Lista de Contenido

### Pág.

RESUMEN.....	8
ABSTRACT .....	9
INTRODUCCIÓN .....	10
1. OBJETIVOS.....	13
1.1. Objetivo general.....	13
1.2. Objetivos específicos.....	13
2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Desarrollo sostenible. ....	14
2.2. Pavimento .....	15
2.3. Tipos de pavimentos.....	17
2.3.1. Pavimentos flexibles:.....	18
2.4. Procedimiento constructivo del pavimento rígido .....	26
2.4.1. Vaciado de concreto .....	26
2.4.2. Corte de juntas .....	26
2.4.3. Curado .....	26
2.5. Mezclas asfálticas en la construcción de vías con pavimentos flexibles.....	27
2.5.1. Mezclas de pavimento asfáltico en caliente .....	27
2.5.2. Mezcla asfáltica en frío.....	28
2.5.3. Mezcla porosa o drenante.....	29
2.5.4. Microaglomerados.....	29
2.5.5. Masillas. ....	29
2.6. Aspectos ambientales en la etapa de pavimentación en la construcción de vías. 30	
2.7. Aspectos ambientales por uso de recursos naturales.....	30
2.8. Impactos ambientales generales en la etapa de pavimentación. ....	33
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	34
3.1. Impactos ambientales en la construcción de vías de transporte terrestre.....	34

3.2.	Descripción de impactos ambientales en la etapa de pavimentación con uso de pavimentos flexibles. ....	35
3.3.	Descripción de impactos ambientales en la etapa de pavimentación con uso de pavimentos rígidos.....	40
3.4.	Riesgos laborales que presenta el manejo de asfaltos y productos bituminosos.	41
3.5.	Análisis de estudios e impacto ambiental en la etapa de pavimentación de la construcción de vías en proyectos nacionales. ....	43
3.5.1.	Estudio y diseño definitivo en fase III del proyecto ruta del sol tramo I – sector I	44
3.5.2.	Consultoría especializada para la estructuración de concesiones viales grupo 4 estructuración de concesiones viales diagnóstico ambiental de alternativas variante corozal, 1–24. ....	45
3.5.3.	Estudio de impacto ambiental actualizado conexión vial Aburrá – oriente ..	47
3.5.4.	Estudio de impacto ambiental para la construcción de la segunda calzada Bucaramanga-Cúcuta del pr 17+754 al pr 42+726.....	48
3.5.5.	Evaluación de impacto ambiental para la rehabilitación de la vía y construcción de obras hidráulicas entre el tramo astilleros – Tibú, norte de Santander	50
3.5.6.	Estudios y diseños estructuración corredor vial Bucaramanga – Barrancabermeja – Yondó.....	51
4.	RELACION DE IMPACTOS EN LOS DIFERENTES PROYECTOS VIALES NACIONALES. ....	53
4.1.	Análisis de estudios.....	57
5.	CONCLUSIONES .....	61
6.	RECOMENDACIONES.....	63
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64

## **Lista de figuras**

### **Pág.**

Ilustración 1. Sección estructural de un pavimento asfáltico. ....	17
Ilustración 2 Superficie de rodamiento.....	18
Ilustración 3 Materias primas pavimentos flexibles. ....	19
Ilustración 4 Pavimento rígido .....	26

## **Lista de tablas.**

### **Pág.**

Tabla 1 formas de aspectos parámetros ambientales.....	30
Tabla 2 aspectos ambientales por emisión .....	32
Tabla 3 Impactos ambientales sección 1 .....	33
Tabla 4 Impactos ambientales sección 2 .....	33
Tabla 5 impactos ambientales fase III del proyecto ruta del sol tramo 1 sector 1 .....	44
Tabla 6 impactos ambientales variate corozal.....	46
Tabla 7 Impactos ambientales conexión vial Aburrá - oriente.....	47
Tabla 8 Impactos ambientales segunda calzada Bucaramanga-Cúcuta.....	49
Tabla 9 Impactos ambientales astilleros – Tibú, norte de Santander .....	50
Tabla 10 Impactos ambientales corredor vial Bucaramanga – Barrancabermeja – Yondó..	52
Tabla 11 Relación de impactos en los diferentes proyectos viales nacionales.....	54

## **RESUMEN**

En este trabajo de revisión bibliográfica, basados en los impactos ambientales generados por la etapa de pavimentación en la construcción de vías a nivel nacional, se tiene por objetivo identificar los principales impactos ambientales derivados del proceso de pavimentación, realizando una revisión a los estudios de impacto ambiental llevados por los proyectos a nivel nacional.

Para la realización de esta monografía se obtuvo información bibliográfica de diferentes autores y se elaboró una lista general de los impactos teóricos. Con base en el análisis de estudios de impacto ambiental de los proyectos nacionales consultados, se obtuvo una relación de los impactos con mayor incidencia, sin tener en cuenta la magnitud o valoración del mismo.

Finalmente, se plantean las conclusiones correspondientes a la revisión bibliográfica llevada a cabo.

Palabras clave

Desarrollo sostenible, Impacto ambiental, Pavimentación, Recursos naturales, Vías de transporte.

## **ABSTRACT**

In this bibliographic review work, based on the environmental impacts generated by the paving stage in the construction of roads at the national level, the objective is to identify the main environmental impacts derived from the paving process, making a review of the impact studies environmental projects carried out at the national level.

For the realization of this monograph, bibliographic information was obtained from different authors and a general list of the theoretical impacts was elaborated. Based on the analysis of environmental impact studies of the national projects consulted, a list of the impacts with the highest incidence was obtained, without taking into account the magnitude or value thereof.

Finally, the conclusions corresponding to the bibliographic review carried out are presented.

Keywords

Sustainable development, Environmental impact, Paving, Natural resources, Transport routes.

## INTRODUCCIÓN

Colombia hace parte del grupo de los países en vía de desarrollo, lo cual exige que a medida en que se incrementen sus avances socio-económicos, se proporcione a su vez una modernización en la infraestructura física del país, por medio de la cual se establece el éxito de todas las actividades comerciales que hacen más competitiva una economía a nivel mundial y además fomenta beneficios a la sociedad en cuanto a mejoras en la calidad de vida y reducción de la pobreza.

En Colombia se identifican visiblemente los enormes retrasos generados en la construcción de vías más modernas debido en gran parte, al elevado índice de corrupción en el sector público, los fuertes cambios en los sistemas de contratación para la ejecución de obras, demoras en el desembolso de los recursos destinados a la construcción de carreteras, recorte en los presupuestos que dejan como resultado obras inconclusas o de pésima calidad que a futuro requieren de correcciones con obras adicionales o complementarias, entre otros muchos factores de orden social, económico, político e incluso externos al Estado, tales como desastres naturales, cambios climáticos, inseguridad por parte de grupos al margen de la ley, que también se consideran como un obstáculo en el desarrollo de los diferentes proyectos (Rojas-Ardila, 2016).

Colombia cuenta con el desarrollo del subsector vial, con la construcción de infraestructura de transporte de cuarta generación (4G) con más de 40 proyectos y una inversión cercana a los 47 billones de pesos (3 % del PIB). Con la pavimentación y mantenimiento a 30 mil kilómetros de la red terciaria; con la conclusión de los corredores para la prosperidad;

mantenimiento de la red vial nacional y; con la implementación de un centro de innovación y desarrollo tecnológico para la infraestructura vial (Viloria, 2015).

Con el propósito de satisfacer las necesidades de transporte de carga y pasajeros a lo largo y ancho del país, los colombianos han implementado diversos modos (terrestre, acuático, aéreo) desde hace mucho tiempo, en función de las modalidades de desarrollo y de la configuración del relieve, la infraestructura actual de transporte consiste fundamentalmente de carreteras y tuberías, con orientación principal norte – sur, influenciada por la presencia de la cordillera de los Andes. Los ferrocarriles privados para el transporte de carbón, también conforman un grupo representativo dentro del sistema (Martínez, 2015).

En la actual condición de transición hacia una economía de mercado, que implica una mayor movilidad de personas y bienes, el transporte carretero constituye un elemento vital para el crecimiento y el desarrollo de la sociedad colombiana (Martínez, 2015).

En cuanto al presente estudio, se realiza un estudio de tipo descriptivo-analítico, basado en una revisión documental sobre los impactos generados en la etapa de pavimentación en la construcción de vías. La recopilación de la información se realiza a partir de la consulta de documentos como artículos, ponencias, tesis de grado, informes técnicos y demás material, como libros y on- line; el análisis de la información se realiza a partir de categorías como: clase de pavimento e impacto ambiental.

El estudio es realizado a través de tres fases:

FASE 1. Recopilación de información sobre los diferentes aspectos e impactos ambientales de la etapa de pavimentación en la construcción de vías.

FASE 2. Análisis de las diferentes Estudios ambientales realizados en los diferentes corredores viales a nivel nacional.

FASE 3. Análisis de los impactos con mayor ocurrencia en los diferentes proyectos nacionales, en la etapa de pavimentación de la construcción de vías.

Con el presente estudio se logra identificar los impactos ambientales generales en la etapa de pavimentación en la construcción de vías; siendo un impacto ambiental la alteración en los sistemas ambientales, y se han clasificado en categorías de acuerdo con atributos de causa, tiempo, duración, ubicación, afectación y forma de asimilación del efecto (Abarca, 2012), (Conesa, 2010).

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. Objetivo general**

Identificar los principales impactos ambientales derivados del proceso de pavimentación de vías de transporte en Colombia, mediante la revisión de estudios de impacto ambiental de proyectos viales del país.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Determinar los principales aspectos e impactos ambientales en el proceso de pavimentación de proyectos viales realizados en Colombia.
- Identificar el proceso y tipo de mezcla asfáltica que genera un menor efecto ambiental en la etapa de pavimentación de vías terrestres, como propuesta para la prevención y mitigación de los impactos negativos de este proceso en el país.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Desarrollo sostenible.**

Término aplicado al desarrollo económico y social que permite hacer frente a las necesidades del presente, sin poner en peligro la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Hay dos conceptos fundamentales en lo que se refiere al uso y gestión sostenible de los recursos naturales del planeta, en primer lugar debe satisfacer las necesidades “básicas” de la humanidad y en segundo lugar los “límites” para el nivel tecnológico y de organización social, su impactos sobre los recursos del medio ambiente y la capacidad de éste para absorber los efectos de la actividad humana (Vega, 2002).

La constitución política de 1991 hace un aporte definitivo al tema ambiental. En la nueva carta la intervención del estado se legitima y justifica en razón al desarrollo sostenible en el Art. 80, correspondiente al título de los derechos colectivos y de ambiente (Art.334 CP) la protección de la naturaleza y del ambiente se consagró como deber del Estado y de los ciudadanos (Art. 8,79,95 CP), el estado no solo tiene que controlar los factores del deterioro ambiental; también debe imponer sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados (Art. 80, inciso 2CP) (Vega, 2002).

Según Abarca (2012), para un desarrollo sostenible se debe cumplir la capacidad de acogida de los vectores ambientales (aire, agua, suelo), así se ocupa el territorio de mejor forma.

Dentro del marco del desarrollo sostenible, preparar un plan de manejo ambiental, con el objeto de prevenir, minimizar, y remediar los posibles impactos a ser identificados (Abarca, 2012).

El concepto general de la sostenibilidad incluye la consideración de numerosas propiedades a lo largo del ciclo de vida del producto. Una propiedad que considerar especialmente importante en relación con los pavimentos es el impacto medio ambiental global de su fabricación, uso y eliminación, incluyendo toda utilización de sustancias químicas. En un mundo ideal los productos se fabricarían a partir de recursos vegetales cultivados y cosechados de forma sostenible o con contenido postconsumo no tóxico reciclado y serían reutilizables, reciclables o compostables al final de su ciclo de vida (Senjen, 2012).

La construcción sostenible se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales causados por los procesos de construcción, uso de la estructura y por el ambiente en donde se desarrolle el proyecto, el término de construcción sostenible abarca, no sólo las estructuras propiamente dichas, sino que también debe tener en cuenta su entorno y la manera cómo se comportan para el desplazamiento de la población. El desarrollo sostenible deberá tener la intención de crear un entorno que no atente contra el medio ambiente, con recursos, no sólo en cuanto a las formas y la eficiencia energética, sino también en su función (Cantor, 2008).

## **2.2. Pavimento**

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas de manera horizontal, que se diseñan y construyen con materiales como piedra, arena, cemento portland, cenizas, materiales permeables, emulsión asfáltica (Zagaceta & Romero, 2008) las cuales son:

**Subrasante:** Es el suelo de cimentación del pavimento. Puede ser suelo natural, debidamente perfilado y compactado; o material de préstamo, cuando el suelo natural es deficiente o por requerimiento del diseño geométrico de la vía a proyectar. Los materiales que pueden ser

empleados como subrasante deben ser de preferencia materiales de tipo granular (Duravia, 2011).

**Subbase:** Es la capa que está apoyada sobre la subrasante, compuesta por materiales granulares de buena compactación. El empleo de una subbase implica mejorar la capacidad de soporte de suelo que se traduce en una reducción del espesor de carpeta de rodadura (Duravia, 2011).

**Base:** Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura (Duravia, 2011).

**Carpeta asfáltica:** La carpeta asfáltica es la parte superior de un pavimento flexible. Es una capa de material pétreo cementado con asfalto que se coloca sobre la base (Sánchez, 2006).

Argos (2013) lo define como la parte superior del pavimento que proporciona la superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico dependiendo del tipo de camino que se va a construir, está compuesto de:

- Material asfáltico (puede ser cemento asfáltico).
- Emulsión asfáltica.

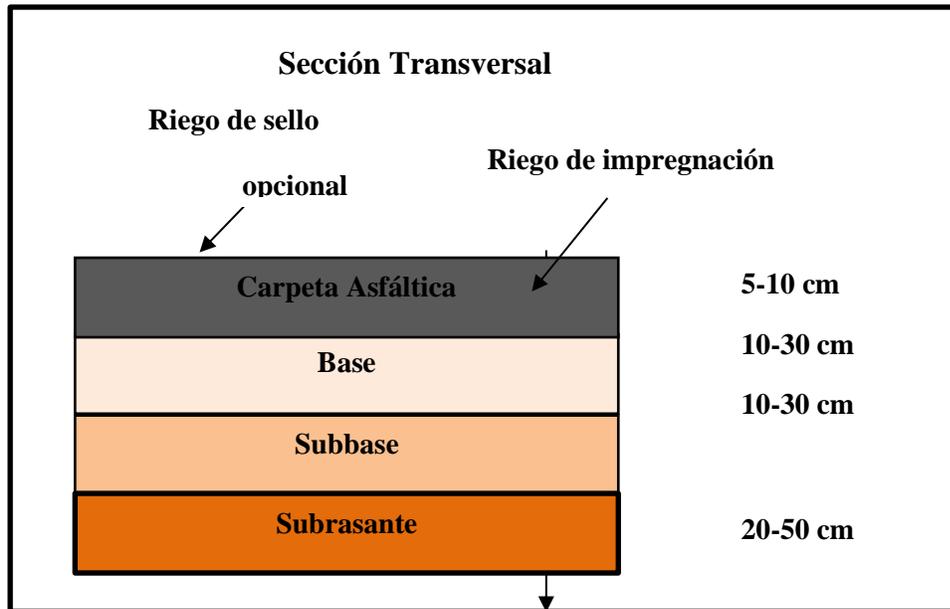
**Agregados pétreos:** Olivera (1994) cita que los materiales pétreos son suelos inertes que se consiguen en ríos, arroyos o depósitos naturales. Para poder ser empleados en la carpeta asfáltica deben cumplir con ciertas características dadas por la granulometría, dureza, forma de la partícula y adherencia con el asfalto.

Las funciones de la carpeta asfáltica son las siguientes (Olivera, 1994):

- Proporcionar una superficie de rodamiento que permita un tránsito fácil y cómodo para los vehículos.
- Impedir la infiltración de agua de lluvia hacia las capas inferiores.

- Resistir la acción de los vehículos.

**Ilustración 1. Sección estructural de un pavimento asfáltico.**



Fuente. (Zagaceta & Romero, 2008)

### 2.3. Tipos de pavimentos

Según Argos en su artículo Esfuerzos térmicos en Pavimentos de Concreto (2013), Básicamente existen dos tipos de pavimentos: rígidos y flexibles.

El pavimento rígido se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas (Argos, 2013).

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base (Argos, 2013).

### **2.3.1. Pavimentos flexibles:**

Está constituido por una serie de capas que permiten transmitir las cargas de tránsito hasta el terreno natural sin que este se deforme. No siempre es necesario colocar todas las capas señaladas (depende del tránsito, tipo de suelo, etc.) (Zuñiga, 2015).

El pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales (Sanchez,2015).

#### **Ilustración 2 Superficie de rodamiento.**

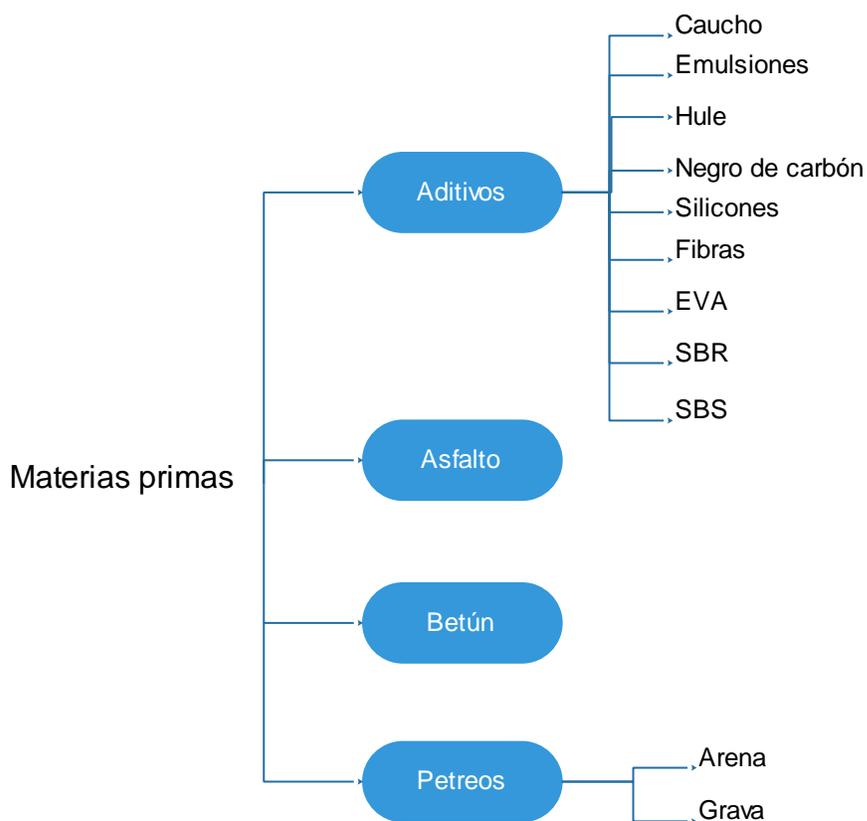


fuelle: (Zuñiga, 2015)

Según Hernandez, et al. (2001), existen propiedades químicas, físicas y toxicológicas de los materiales empleados en la construcción de pavimentos flexibles; estas propiedades están asociadas a los impactos negativos en los organismos, en el medio ambiente y en la salud humana.

En la ilustración 3 se relacionan las sustancias empleadas con mayor frecuencia en la construcción y conservación de la superficie de rodamiento de pavimentos flexibles, posteriormente se describe un resumen de cada una de esas sustancias.

### Ilustración 3 Materias primas pavimentos flexibles.



Fuente: adaptado de Hernandez, et al. (2001)

#### 2.3.1.1. Aditivos.

En algunas ocasiones se requiere el empleo de algún tipo de aditivo para mejorar las propiedades de los ligantes asfálticos para que a su vez, éstos logren aumentar las propiedades de las mezclas asfálticas logrando altos desempeños en su funcionamiento al momento de estar en servicio, recibiendo las cargas del tráfico y soportando los posibles gradientes de temperatura (Padilla, 2011).

### **2.3.2 Caucho y el hule**

El caucho y el hule se utilizan en todo tipo de mezclas asfálticas para pavimentos en los que se requiera mejorar su comportamiento de servicio, en climas fríos y templados, así como para elaborar emulsiones que se utilicen en tratamientos superficiales.

Es un copolímero modificador de asfaltos que mejora el comportamiento de mezclas asfálticas a bajas temperaturas. Es fabricado con base en polímeros elastomericos lineales, mediante una configuración de caucho de Estireno-Butadieno-hule (Salazar, 2008).

### **2.3.3 Emulsiones asfálticas.**

Podemos definir una emulsión como una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, los cuales son no miscibles entre sí y están unidos por un emulsificante, emulsionante o emulgente. Las emulsiones son sistemas formados por dos fases parcial o totalmente inmiscibles, en donde una forma la llamada fase continua (o dispersante) y la otra la fase discreta (o dispersa).

Lo importante de las emulsiones no es la composición química de la muestra (ya sea orgánica o inorgánica), ni su origen (mineral o biológico), ni su estado físico (una fase o más); es su tamaño la característica importante (Rodriguez,et al., 2001).

### **2.3.4 Negro de carbón**

El negro de humo es un material inorgánico y coloidal producido por la combustión incompleta de gas natural gas u otros productos del petróleo. También se conoce como negro de hollín, negro de carbón, negro de acetileno, negro de lámpara, negro de horno, negro de canal, negro térmico o negro de gas dependiendo del proceso que lo produce. El negro de humo es fabricado por cierta forma de combustión que permite que la flama choque sobre una superficie fría, dejando un residuo negro. Este residuo se recolecta posteriormente como

negro de carbón (Flexicon, 2015).

### **2.3.5 Fibras**

**Fibras de vidrio:** Este tipo de fibras aumenta la durabilidad abarcando a su vez revestimientos químicos, formulados para ayudar en la rigidización inducida por la hidratación y en el uso de una lechada con humo de sílice para rellenar los vacíos entre las fibras (Silva, 2016).

**Fibras orgánicas:** las fibras de celulosa se convierten en un producto que, a la vez que retiene el ligante de la mezcla, ayuda a repartirlo homogéneamente sobre la superficie de los áridos para la consecución de una capa gruesa y uniforme que contribuye a mejorar las propiedades mecánicas de los aglomerados bituminosos (Lanchas, 2013).

**Fibras sintéticas:** Las fibras sintéticas pueden reducir la contracción plástica y, consecuentemente, la fisuración; además pueden ayudar al concreto después que se fisura. Se producen como monofilamentos cilíndricos continuos que se pueden cortar en longitudes específicas o como filmes y cintas. Estas fibras se componen de finas fibrillas de sección transversal rectangular (Silva, 2016).

### **2.3.6 Acetato de etilo**

Líquido inflamable, incoloro con olor característico a frutas, su punto de ebullición es de 171 °F. Es incompatible y reacciona con los oxidantes, catalizadores para polímeros de vinil, peróxidos, ácidos fuertes, cloruro de aluminio. Puede polimerizarse si es contaminado o sujeto a calentamiento. Usualmente contiene un inhibidor como el terbutilcatecol.

Los efectos por la exposición de corta duración son la irritación aguda en mucosas, piel y ojos, que pueden requerir atención médica de emergencia por su gravedad. Para los efectos de exposición prolongada o repetida no se tienen evidencias concretas acerca de la influencia

que pudiera tener esta sustancia sobre el desarrollo de cáncer en humanos. (departamento de salud de newjersey, 1996)

### **2.3.7 Acetato de vinilo**

Líquido incoloro con olor característico a fruta, inflamable. Es incompatible y reacciona con los oxidantes, ácidos, bases, sílica gel, alúmina, azo compuestos, ozono. Su punto de ebullición es de 162 °F y su punto de inflamación es de 919.01 °F. Puede polimerizarse si es contaminado. Usualmente contiene un estabilizante como la hidroquinona o di fenilamina para prevenir la polimerización.

El efecto por la exposición de corta duración es irritación aguda en mucosas, piel y ojos, que pueden requerir atención médica de emergencia por su gravedad. Los efectos de exposición prolongada o repetida no se han asociado efectos adversos con la exposición ocupacional por largo tiempo con esta sustancia (instituto nacional de higiene, 2011).

### **2.3.8 Estireno**

Es un líquido incoloro a amarillo, aceitoso, con olor característico. Puede formar peróxidos en circunstancias específicas, iniciando una polimerización explosiva. La sustancia se puede polimerizar debido al calentamiento suave bajo la influencia de la luz, con peligro de incendio o explosión. Reacciona fácilmente con oxidantes fuertes; arriba de 31 °C puede formar mezclas explosivas vapor / aire. Tiene un punto de ebullición de 145 °C, su densidad relativa es de 0.9 mg/ml, su temperatura de auto ignición es de 490 °C.

Los efectos provocados por la exposición a esta sustancia van a variar dependiendo de su vía de acceso al organismo, las principales vías y efectos son:

- *Inhalación*. vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náusea, pérdida de conocimiento, debilidad.

- *Piel*: Enrojecimiento.
- *Ojos*: Enrojecimiento, dolor conjuntivitis
- *Ingestión*: Dolor abdominal, vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náuseas, pérdida de conocimiento, debilidad.

Los efectos de la exposición de corta duración a esta sustancia, provoca irritación a los ojos, la piel y las vías respiratorias. La ingestión de líquido puede originar aspiración dentro de los pulmones con riesgo de neumonitis química (Ministerio de empleo y segurar social Gobierno de España., 2000).

### **2.3.9 Butadieno**

Aspecto gas licuado comprimido, incoloro, con olor característico, su punto de ebullición es de -4 °C, su punto de fusión es de -109 °C. Extremadamente inflamable.

Durante la exposición a esta sustancia sus vías de acceso y efectos al organismo son:

*Inhalación*. Sequedad de boca, garganta y nariz, tos, somnolencia, visión borrosa, náusea, pérdida de conocimiento, parálisis respiratoria.

*Ojos* Enrojecimiento, dolor visión borrosa.

*Efectos de exposición prolongada o repetida*: La sustancia puede tener efectos sobre la médula ósea y el hígado. Esta sustancia es posiblemente carcinógena para los seres humanos. Puede originar lesión genética de carácter hereditario. Puede producir disfunciones en la fertilidad masculina (sólo existen datos sobre animales). Puede originar defectos congénitos (Mexercd, 2003).

#### **2.3.1.2. Asfaltos**

Padilla (2011), define que los asfaltos son una mezcla compleja de hidrocarburos de peso molecular elevado, que se presenta en forma de cuerpo viscoso más o menos elástico, no

cristalino y de color negro. Son productos de la destilación natural o artificial del petróleo. Es el residuo sólido que queda una vez que se hayan extraído los componentes más ligeros y volátiles del petróleo.

Se distinguen dos tipos de asfaltos:

1. Tipo Sol (movimiento libre de las micelas): tienen una menor proporción de asfáltenos, que se encuentran agrupados en cadenas homogéneas perfectamente dispersas en el medio aceitoso formado por los máltenos y sus propiedades varían considerablemente con la temperatura. Experimentan fuertes deformaciones plásticas cuando se utilizan como ligante de una mezcla asfáltica.

2. Tipo Gel (estructura micelar empaquetada): tienen una mayor proporción de asfáltenos y resinas, que se disponen formando una estructura reticular muy compleja, dejando unos espacios libres, en los que se encuentran los máltenos. Esta estructura reticular rodeada de un fluido viscoso proporciona a este tipo de betunes un comportamiento bajo carga viscoelástico. Es menos susceptible a la temperatura y más adecuado para soportar las sollicitaciones del tráfico, es decir, son los empleados en la construcción de carreteras.

### **2.3.1.3. Betún**

Martinez, et al., (2008) afirma que el betún se manufactura a partir del crudo del petróleo. Se cree que el origen del crudo se encuentra en los restos de organismos marinos y vegetales depositados con el barro y las rocas en el lecho del océano, las propiedades fundamentales que debe tener un betún asfáltico para su utilización en carreteras son las siguientes:

- Buen comportamiento reológico.
- Buena adhesividad de los áridos.
- Resistencia al envejecimiento.

#### **2.3.1.4. Pétreos**

Se refiere a un conglomerado de partículas inertes de grava, arena, utilizados ya sea para la fabricación de mezclas asfálticas, concretos hidráulicos y materiales estabilizados. Dentro de las mezclas asfálticas, son los encargados de soportar las cargas impuestas por el parque automotor y transmitir las en menores proporciones a las capas subyacentes (Rondón, 2015).

#### **2.3.10 Pavimentos rígidos**

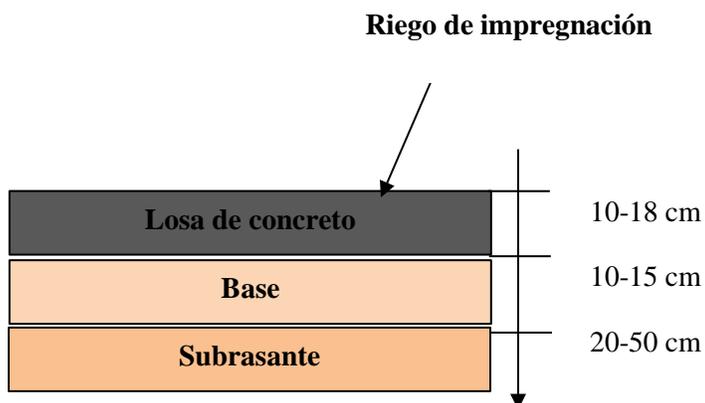
Los pavimentos rígidos se integran por una capa (losa) de concreto de cemento portland que se apoya en una capa de base, constituida por grava; esta capa descansa en una capa de suelo compactado, llamada subrasante. La resistencia estructural depende principalmente de la losa de concreto (Giordani & Leone, 2010).

Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Este punto de vista es el que influye en los sistemas de cálculo de pavimentos rígidos, sistemas que combinan el espesor y la resistencia del concreto de las losas, para una carga y suelos dados (Zagaceta & Romero, 2008).

Los tipos de pavimentos rígidos son:

- De concreto simple.
- De concreto simple con barras de transferencia de carga (pasajuntas).
- De concreto reforzado y con refuerzo continuo.
- De concreto presforzado.
- De concreto fibroso.

## Ilustración 4 Pavimento rígido



Fuente. (Leone, 2014).

### 2.4. Procedimiento constructivo del pavimento rígido

#### 2.4.1. Vaciado de concreto

El vaciado se hace por encima de la sub base granular compactada al porcentaje de la máxima densidad. El vaciado se hará directamente del mixer al afirmado y de ser necesario se usarán instrumentos que ayuden a sub-transportar el concreto (Salazar, 2016).

#### 2.4.2. Corte de juntas

El comportamiento dinámico del concreto produce fisuras en la losa las cuales se pueden controlar a través de juntas, las cuales se pueden realizar antes del vaciado o después del mismo. El corte de juntas se hace primero trazando ejes con instrumentación topográfica (Salazar, 2016).

#### 2.4.3. Curado

El curado del concreto es una etapa sumamente importante, ya que se hidrata el concreto, además de evitar la contracción de fragua, hasta que la mezcla de concreto alcance una

resistencia mínima, que le permita soportar las fuerzas internas. El curado, se podrá hacer con un curador químico o bien usando agua (Salazar, 2016).

## **2.5. Mezclas asfálticas en la construcción de vías con pavimentos flexibles**

Las mezclas asfálticas, también reciben el nombre de aglomerados, están formadas por una combinación de agregados pétreos y un ligante hidrocarbonato, de manera que aquellos quedan cubiertos por una película continua éste. Se fabrican en unas centrales fijas o móviles, se transportan después a la obra y allí se extienden y se compactan (Kraemer et al., 2004).

Las mezclas asfálticas se utilizan en la construcción de carreteras, aeropuertos, pavimentos industriales, entre otros. Sin olvidar que se utilizan en las capas inferiores de los firmes para tráfico pesados intensos (Padilla, 2001).

Las mezclas asfálticas están constituidas aproximadamente por un 90 % de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de polvo mineral (filler) y otro 5% de ligante asfáltico. Los componentes mencionados anteriormente son de gran importancia para el correcto funcionamiento del pavimento y la falta de calidad en alguno de ellos afecta el conjunto. El ligante asfáltico y el polvo mineral son los dos elementos que más influyen tanto en la calidad de la mezcla asfáltica como en su costo total (Padilla, 2001).

### **2.5.1. Mezclas de pavimento asfáltico en caliente**

Se define como mezcla asfáltica (o bituminosa) en caliente a la combinación de áridos (incluido el polvo mineral) con un ligante, Las cantidades relativas de ligante y áridos determinan las propiedades físicas de la mezcla, el proceso de fabricación implica calentar el agregado pétreo y el ligante a alta temperatura, muy superior a la ambiental. Enseguida esta mezcla es colocada en la obra (Zuñiga, 2015).

Padilla (2001) afirma que constituye el tipo más generalizado de mezcla asfáltica y se define como mezcla asfáltica en caliente la combinación de un ligante hidrocarbonado, agregados incluyendo el polvo mineral y, eventualmente aditivos, de manera que todas las partículas del agregado queden muy bien recubiertas por una película homogénea de ligante. Su proceso de fabricación implica calentar el ligante y los agregados (excepto, eventualmente, el polvo mineral de aportación) y su puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior a la del ambiente.

Se emplean tanto en la construcción de carreteras, como de vías urbanas y aeropuertos, y se utilizan tanto para capas de rodadura como para capas inferiores de los firmes. Existen a su vez subtipos dentro de esta familia de mezclas con diferentes características.

### **2.5.2. Mezcla asfáltica en frío.**

La mezcla asfáltica en frío es una mezcla de agregado mineral con o sin relleno mineral, con asfalto emulsionado o rebajado, todo el proceso se lleva a cabo a temperatura ambiente (Jiménez, et al., 2009).

Las principales ventajas de utilizar este tipo de mezcla son: (Rondón, (2015)

- Ayuda a reducir el grado de accidentalidad en las vías debido a que disminuyen el fenómeno de hidro planeo al permitir el ingreso del agua a la mezcla durante lluvia.
- Buena textura superficial, mejorando la fricción neumático- pavimento.
- Son amigables con el medio ambiente ya que se fabrican a temperaturas inferiores a 80°C.

Así mismo, como desventajas de utilizar estas mezclas se pueden enunciar las siguientes:

- Por su alta porosidad son de baja rigidez y resistencia mecánica.

- El asfalto dentro de la mezcla se oxida y envejece rápidamente debido a la fácil entrada y posterior evaporación del agua
- Son por lo general de baja durabilidad.

### **2.5.3. Mezcla porosa o drenante.**

Constituyen capas de rodadura más confortables que las tradicionales y de menor impacto ambiental, por su baja sonoridad, eliminación total de las salpicaduras que originan el tráfico en las superficies mojadas de otros tipos de pavimentos, así como de los reflejos de las luces de los vehículos sobre dichas superficies en condición nocturna (Reyes & Figueroa, 2008).

### **2.5.4. Microaglomerados.**

Estas mezclas generan en el pavimento capas de rodadura de reducido espesor, las cuales buscan mejorar la resistencia al deslizamiento de un pavimento existente. Adicionalmente, son mezclas que sirven para mejorar irregularidades y deterioros superficiales del pavimento (Reyes & Figueroa, 2008)

### **2.5.5. Masillas.**

Son unas mezclas con elevadas proporciones de polvo mineral y de ligante, de manera que, si hay agregado grueso, se haya disperso en la masilla formada por aquellos, este tipo de mezcla no trabaja por rozamiento interno y su resistencia se debe a la cohesión que proporciona la viscosidad de la masilla (Padilla, 2001).

Las proporciones de asfalto son altas debido a la gran superficie específica de la materia mineral. Dada la sensibilidad a los cambios de temperatura que puede tener una estructura de este tipo, es necesario rigidizar la masilla y disminuir su susceptibilidad térmica mediante el empleo de asfaltos duros, cuidando la calidad del polvo mineral y mejorando el ligante con adiciones de fibras. Los asfaltos fundidos, son de este tipo, son mezclas de gran calidad, pero

su empleo está justificado únicamente en los tableros de los puentes y en las vías urbanas, incluso en aceras, de los países con climas fríos y húmedos (Padilla, 2001)

## **2.6. Aspectos ambientales en la etapa de pavimentación en la construcción de vías.**

Se refieren a las entradas en el sistema que se evalúa, todo aquello que se consume o utiliza tiene incidencia principalmente sobre la generación de salidas, por lo que se deben tener en cuenta no sólo los insumos que se utilizan en el proceso, también la demanda de recursos naturales y uso de maquinaria (Viloria, 2015).

## **2.7. Aspectos ambientales por uso de recursos naturales**

Se refieren a las entradas en el sistema que se evalúa, todo aquello que se consume o utiliza tiene incidencia principalmente sobre la generación de salidas, por lo que se deben tener en cuenta no sólo los insumos que se utilizan en el proceso, también la demanda de recursos naturales y uso de maquinaria, (Conesa, 2010); en la siguiente tabla se presentan las formas de estos aspectos ambientales y su relación con los parámetros ambientales:

**Tabla 1 formas de aspectos parámetros ambientales**

<b>Formas de aspectos Ambientales</b>	<b>Parámetros ambientales relacionados</b>
<b>Consumo de agua superficial o subterránea</b>	Dinámica fluvial, Caudal, Uso de un recurso natural.
<b>Consumo de minerales</b>	Características fisicoquímicas del suelo, Fenómenos de inestabilidad y remoción en masa, Procesos erosivos, socavación y pérdida de suelo, Compactación del suelo, Uso de un recurso natural.  Corredores

<b>Formas de aspectos Ambientales</b>	<b>Parámetros ambientales relacionados</b>
<b>Consumo de recurso flora</b>	Corredores biológicos, hábitat y matriz de vegetación, Ciclos y rutas migratorias
<b>Consumo de recurso suelo o extracción</b>	Concentración de microorganismos patógenos en agua y suelo, Calidad Microbiológica en agua y suelo, Abundancia y/o diversidad de especies, sistema de drenaje.

Fuente, (Concesa, 2010)

**Aspectos ambientales por emisiones:** serán todas aquellas salidas en el proceso, pueden ser líquidas, sólidas o gaseosas y emitidas al agua, el aire, el suelo o a un ser vivo a través de la ingestión/absorción o algún otro mecanismo (Conesa, 2010).

**Tabla 2 Aspectos ambientales por emisión**

<b>Formas de aspectos ambientales</b>	<b>Parámetros ambientales relacionados</b>
Emisión de gases a la atmosfera o el agua	Calidad de aire, neblinas y brumas
Emisión de partículas a la atmosfera o el agua	Calidad de aire, neblinas y brumas
Filtraciones y lixiviados	Calidad de agua, características fisicoquímicas del suelo, olores ofensivos, factores de riesgo, fenómenos de inestabilidad y remoción en masa.
Fuga de agua residual o cruda	Calidad de agua, características fisicoquímicas del suelo, olores ofensivos, factores de riesgo, fenómenos de inestabilidad y remoción en masa.
Generación de malos olores	Olores ofensivos, conflictos, manifestaciones, molestias y expectativas en la comunidad, masas microbianas en ambientes construidos
Generación de residuos solidos	Olores ofensivos, masas microbianas en ambientes construidos
Generación de ruido, sonido y vibraciones	Ruido ambiental
Introducción de organismos	Concentración de microorganismos patógenos en agua y suelo, calidad microbiológica en agua y suelo, abundancia y o diversidad de especies
Vertimiento	Calidad de agua, calidad de suelo

Fuente, (Concesa, 2010)

## 2.8. Impactos ambientales generales en la etapa de pavimentación.

Se compiló una lista de impactos ambientales basada en los posibles cambios que pueden tener los factores ambientales ya identificados, este listado se basó en revisión bibliográfica:

**Tabla 3 Impactos ambientales sección 1**

IMPACTOS AMBIENTALES		
Componente agua:	Componente atmósfera	Componente suelo
Alteración de la calidad fisicoquímica del agua	Aumento de los niveles de ruido ambiental	Alteración de las características fisicoquímicas del suelo
Disminución en la recarga de acuíferos.	Aumento en la dispersión de olores ofensivos.	Aumento en la presencia de fenómenos de inestabilidad,
	Deterioro de la calidad de aire: aumento en la concentración de gases y material particulado	Aumento en la presencia de procesos erosivos, socavación y pérdida de suelo
Afectación al sistema de drenaje desviación, obstaculización, pérdida de conectividad	Aumento en la presencia de nieblas, aerosoles o similares	Compactación del suelo
	Elevación de la temperatura local	

**Tabla 4 Impactos ambientales sección 2**

IMPACTOS AMBIENTALES	
Componente procariota	Componente eucariota
Aumento en la concentración de microorganismos patógenos en agua y suelo	Pérdida de corredores biológicos, hábitat y matriz de vegetación, fragmentación
Proliferación de masas microbianas en ambientes construidos	

Fuente: Elaboración propia a partir de (Alcaldía de Medellín, 2006), (Arboleda, 2008), (Conesa, 2010)

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1. Impactos ambientales en la construcción de vías de transporte terrestre.

Los principales impactos ambientales relacionados con la pavimentación de vías, son:

**Impacto sobre el medio atmosférico.** En esta etapa se incrementa las emisiones a la atmosfera debido a la utilización de maquinarias, transporte de material, explotación de canteras y operación de planta (Vega, 2002).

**Impacto sobre el clima.** El impacto que se produce en el clima es el cambio micro climático debido a la destrucción de la vegetación y la retractación del asfalto (Vega, 2002).

**Impacto sobre la geología y la geomorfología.** Las actividades como los movimientos de tierra, la explotación de fuentes y la ocupación de espacios, generan impactos como el riesgo de inestabilidad de laderas, incremento de procesos erosivos, la perdida de nacimientos de agua. Estos impactos si no son controlados desde la etapa de construcción pueden prolongarse durante la operación y generar afectaciones a los componentes del medio como el biótico y el social (Vega, 2002).

**Impacto sobre la hidrología superficial y subterránea.** Las actividades como el movimiento de tierra, desvió de caudales, utilización de aditivos, vertidos accidentales. Generan impactos en los cambios de la calidad del agua, caudales de circulación. Los efectos no se genera en el sitio donde se produce, sino que pueden generarse en zonas alejadas e incluso en extensiones bastante grandes, por lo que el ámbito a considerar deberá ser mucho más extenso que el área directa del proyecto (Vega, 2002).

**Impacto sobre los suelos.** Las actividades como el movimiento de tierra, explotación de material, generan impactos sobre los suelos (Vega, 2002).

**Impacto sobre la vegetación.** El impacto que se genera depende de la superficie ocupada por el proyecto. Las actividades como la realización de cortes y terraplenes, deforestación puede ocasionar la desaparición de especies endémicas, cambios climáticos, cambios del paisaje (Vega, 2002).

**Impacto sobre la fauna.** La fauna se ve afectada por las actividades como el movimiento de materiales, cortes de terraplenes, esto genera un impacto en el cambio de hábitat, la erradicación de zonas de reproducción y alimentación (Vega, 2002).

**Impacto sobre el paisaje.** Las actividades que afectan al paisaje principalmente es la etapa de construcción pues produce un cambio en la vegetación y morfología del lugar (Vega, 2002).

### **3.2. Descripción de impactos ambientales en la etapa de pavimentación con uso de pavimentos flexibles.**

A continuación, se realiza una descripción teórica de los impactos generados en la etapa de pavimentación, con el uso de pavimentos flexibles.

**Impacto:** Elevación de la temperatura local.

**Descripción:** El microclima en el área de actuación se verá afectado por la eliminación de la cubierta vegetal y la pavimentación de superficies, efectos que se verán parcialmente contrarrestados por la creación de zonas verdes. El ambiente urbano produce cambios complejos sobre el microclima como la disminución de la humedad relativa, el aumento de las temperaturas y la disminución de la velocidad del viento entre otros efectos. La intensidad

de las perturbaciones depende de la envergadura de la urbanización, en función directa con el número de habitantes, y de su densidad (González, 2015).

El tendido del asfalto genera dos tipos de alteraciones climáticas, el primero es el cambio micro climático en el derecho de vía debidos a la distinta refractancia del asfalto respecto a la superficie original (suelo), así como modificaciones meso climáticas generadas por la creación de pasillos entre valles, los cambios son más drásticos cuando se divide una zona con cubierta vegetal homogénea, ya que se crea un desequilibrio en el ecosistema deteriorándolo favoreciendo la formación de manchones aislados. El asfalto absorbe mucha mayor cantidad de calor que el suelo mismo, por tanto, al liberar este calor durante la tarde y noche genera un aumento en la temperatura local y su permanencia por un mayor número de horas. Los cambios micro climáticos y, en especial, los meso climáticos pueden ocasionar efectos secundarios sobre los ecosistemas como cambios en los regímenes de lluvia local, ocasionando problemas de inundaciones o sequías. Una de las características más importantes de estos proyectos es que abarcan más de un ecosistema y esto genera una diversidad de impactos que dependen de los recursos que se encuentran en cada uno. El impacto se considera, en general, poco significativo debido a que es local pero permanente. Sin embargo, de manera local pudieran existir características ambientales frágiles que vuelvan a este impacto como significativo (Hernandez et al., 2001).

**Impacto:** Modificación del patrón de drenaje del agua superficial.

**Descripción:** El sellado del suelo por pavimentación y la habilitación de zonas verdes dará lugar a una modificación de la capacidad de infiltración del agua de lluvia y, consecuentemente, un aumento de los caudales de escorrentía (González, 2015).

La construcción de la superficie de rodamiento creará una barrera para las escorrentías naturales y modificará su dirección, ocasionando el cambio de curso de los pequeños riachuelos, modificando la alimentación de cuerpos de agua, tanto loticos como lenticos. Este efecto es permanente y tiene efecto a distancias considerables del proyecto tan lejos como lleguen las escorrentías y ríos intermitentes definidos por el patrón modificado de drenaje, por tanto, el impacto resultante es adverso significativo, salvo en sitios donde el patrón de drenaje sea incipiente o nulo, como en algunas zonas planas, donde prevalecen los escurrimientos de tipo laminar (Hernandez et al., 2001).

**Impacto:** Disminución en la recarga de acuíferos.

**Descripción:** El sellado del suelo por pavimentación y la habilitación de zonas verdes dará lugar a una modificación de la capacidad de infiltración del agua de lluvia y, consecuentemente, un aumento de los caudales de escorrentía, con potenciales efectos sobre la recarga del acuífero y sobre el régimen de avenidas (González, 2015).

Al cubrir con asfalto el derecho de vía para construir la superficie de rodamiento, se disminuye la superficie de infiltración del agua al manto freático, además al obstaculizar los escurrimientos del agua se modifica su curso y en consecuencia se modifica también la tasa de infiltración. El impacto generado es adverso significativo debido a que es un impacto permanente y a la importancia creciente de las reservas hídricas en todo el país debido a su escasez sobre todo en la parte centro y norte del país (Hernandez et al., 2001).

Los cambios que afectan al ciclo del agua, tales como el incremento de la escorrentía y la modificación en el balance del acuífero son escasamente relevantes si se tiene en cuenta la magnitud relativa de la actuación propuesta (González, 2015).

**Impacto:** Contaminación de suelo.

**Descripción:** El suelo se verá afectado por eliminación de la capa superficial y desorganización de la estructura; en calzadas, aceras y aparcamientos (28.116,40 m<sup>2</sup>) se añade a estos efectos la cubrición por áridos, compactación y sellado por pavimentación (González, 2015).

Por otro lado, la cubrición mediante capas de áridos seleccionados, compactación y sellado por pavimentación, supone la pérdida de funcionalidad del suelo al tratarse de materiales inertes, inapropiados para la actividad biológica y desprovistos de banco de semillas (González, 2015).

Existe riesgo de contaminación por derrame o vertido de combustible o lubricante como consecuencia de averías o mantenimiento in situ de la maquinaria, los potenciales derrames y vertidos contienen hidrocarburos no biodegradables, capaces de formar una fina película cubriendo las interfases agua-atmósfera y suelo-atmósfera, impidiendo el intercambio de gases de forma persistente. A este efecto se une la presencia de sustancias tóxicas procedentes de los aditivos utilizados: fenoles, aminas aromáticas, terpenos, etc. (González, 2015).

Cuando se coloca la carpeta asfáltica pero el pavimento no cumple con alguna de las especificaciones establecidas por la normatividad, se retira, por lo que se vuelve un residuo (escombros del pavimento retirado). Muchas veces este residuo se transporta y se dispone en sitios que no están acondicionados ni autorizados para la disposición final de este tipo de residuos. Esta actividad genera un impacto adverso al suelo que se esté afectando. La evaluación del impacto dependerá del volumen y características del residuo en particular, así como del uso del sitio de disposición (Hernández et al., 2001).

**Impacto:** Disminución calidad de aire.

**Descripción:** La calidad del aire se verá afectada por emisión de partículas de diverso calibre derivadas de los trabajos de preparación del terreno, así como de partículas, gases residuales de la combustión y compuestos orgánicos volátiles derivadas del uso de vehículos y maquinaria (Gonzáles, 2015).

La utilización de maquinaria y el tránsito de vehículos pesados dan lugar a la emisión de partículas de polvo de forma proporcional a la superficie de trabajo, la intensidad de la actividad y la proporción de partículas finas existentes en el suelo (Gonzáles, 2015).

Las operaciones de las plantas de asfalto generan emisiones de gases producto de la combustión incompleta de derivados de petróleo utilizados para el calentamiento de la mezcla asfáltica y vapores de sustancias volátiles utilizadas como aditivos en la mezcla que escapan de los equipos de control de vapores. Estas sustancias se incorporan a la atmósfera y se convierten en elementos disponibles para la asimilación por parte de los seres vivos. Por otro lado, la preparación de mezcla asfáltica involucra la utilización de materiales pétreos, por lo que existe un aumento de los niveles de emisión de partículas sólidas suspendidas, debido a los movimientos de esos materiales. El impacto generado es adverso significativo, debido a que los gases de combustión, compuestos orgánicos volátiles y partículas sólidas suspendidas son tóxicos y pueden tener una afectación directa en la salud de la población (Hernandez et al., 2001).

### **3.3. Descripción de impactos ambientales en la etapa de pavimentación con uso de pavimentos rígidos.**

A continuación, se realiza una descripción teórica los impactos generados en la etapa de pavimentación en la construcción de vías, con el uso de pavimentos rígidos.

#### **Impacto: Cambios en el microclima.**

**Descripción:** Los materiales empleados para la construcción del pavimento hidráulico, afectarán al microclima, ya que producirán un incremento de la temperatura local debido a que conducen el calor más rápido que el suelo. Lo anterior se ejemplifica con el hecho de que, aunque la temperatura del suelo al medio día pueda ser mayor a la del concreto o de otro material, al finalizar el día éste habrá absorbido mucho más calor que un volumen igual o similar de suelo sin pavimentar. Este calor será liberado al ambiente durante las horas posteriores al atardecer, provocando un aumento en las temperaturas locales o a nivel micro climático. Durante esos períodos también debe considerarse la longitud de la carretera debido a que puede ser que se vean afectados varios ecosistemas al formarse un corredor que fraccione esos ecosistemas, deteriorando la calidad de los mismos y ocasionando cambios climáticos a nivel regional o meso climático. Estos efectos se hacen más notorios donde la cubierta vegetal es abundante y homogénea, principalmente en sistemas de bosques y selvas. Por lo tanto, el impacto se considera negativo y los valores pueden variar de poco significativo a significativo, lo que dependerá del tipo de ecosistema en el que esté inmerso el proyecto (Hernandez et al., 2001).

### **Impacto: Modificación del patrón de drenaje del agua superficial**

**Descripción:** La construcción de la superficie de rodamiento creará una barrera para las escorrentías naturales y modificará su dirección, ocasionando el cambio de curso de los pequeños riachuelos, modificando la alimentación de cuerpos de agua tanto loticos como lenticos. Este efecto es permanente y tiene influencia a distancias considerables del proyecto, tan lejos como lleguen las escorrentías y ríos intermitentes definidos por el patrón modificado de drenaje, por tanto, el impacto resultante es adverso significativo, salvo en sitios donde el patrón de drenaje sea incipiente o nulo, como en algunas zonas planas, donde prevalecen los escurrimientos de tipo laminar (Hernández et al., 2001).

### **Impacto: Disminución en la recarga de acuíferos.**

**Descripción:** Al cubrir con concreto el derecho de vía para construir la superficie de rodamiento, se disminuye la superficie de infiltración del agua al manto freático, además al obstaculizar los escurrimientos del agua se modifica su curso y en consecuencia se modifica también la tasa de infiltración. El impacto generado es adverso significativo debido a que es un impacto permanente y a la importancia creciente de las reservas hídricas en todo el país debido a su escasez sobre todo en la parte centro y norte del país (Hernández et al., 2001).

### **3.4. Riesgos laborales que presenta el manejo de asfaltos y productos bituminosos.**

Además de los impactos al medio ambiente, la manipulación de los productos y materias primas utilizadas en la etapa de pavimentación en la construcción de vías conlleva riesgos laborales, tales como:

### **Asfalto:**

Se define como humos de asfalto a la nube de partículas creada por condensación del estado gaseoso, después de la volatilización de asfalto. Algunos de los humos de asfalto han sido analizados y presentan en su composición hidrocarburos aromáticos policíclicos (naftaleno, fluórenos, pireno, etc.), metano, monóxido de carbono, mercaptanos, fenoles, etc. (Falagán, 2002).

Para el asfalto en general, las dos vías principales de ingreso al organismo lo constituyen la inhalatoria y la dérmica. La probabilidad de inhalación de humos de asfalto es alta, ya que el 90 al 95 % de los asfaltos utilizados en el mundo, se aplican a temperaturas superiores a los 100 °C, sea para pavimentación de caminos, techados o colocación de pisos (Falagán, 2002).

El inhalar los humos del asfalto genera daños en el tracto respiratorio. Pueden generar bronquitis crónicas u otros desordenes respiratorios debido al tiempo de exposiciones prolongados u altas concentraciones de humo de asfalto diluido por el transporte de (gasoil, querosén). Asphalt fumes exposure during the application of hot asphalt to roofs. Department of Health and Human Services. Review Produced by NIOSH “Current Practices for Reducing Exposures

### **Brea y Alquitrán**

El alquitrán, la brea, la creosota y los compuestos volátiles de la brea – siempre provenientes del carbón- están integrados por sustancias de variadas características físicas y químicas. Estas propiedades y compuestos la mayoría de veces depende de la temperatura de la destilación destructiva (carbonización) y de la naturaleza del material que contiene el carbón (Falagán, 2002).

Por otro lado, tanto el alquitrán como los productos derivados de él, pueden ingresar al organismo por medio de la inhalación, ingestión y o contacto con la piel. (Falagán, 2002)

La ingestión de alimentos o agua que estén contaminados pueden generar quemaduras en la boca, la garganta y dolores de estómago. Una breve exposición a él puede generar irritaciones en la piel, problemas renales, irritación en las vías respiratorias, confusión mental, convulsiones, pérdida de conciencia o la muerte (ATSDR, 2002).

Una exposición crónica al alquitrán, la brea, o la creosota, sea por contacto en la piel o por exposición a los vapores de estas mezclas genera sensibilidad al sol o daños en la piel tales como enrojecimiento, ampollas o caída de la capa superficial de la piel. Cuando se habla de exposiciones prolongadas al alquitrán contiene alto riesgo ya que son volátiles, contienen hidrocarburos y un posible agente cancerígeno (ATSDR, 2002).

### **3.5. Análisis de estudios e impacto ambiental en la etapa de pavimentación de la construcción de vías en proyectos nacionales.**

Los estudios ambientales de los proyectos viales permiten ampliar el criterio de planeación, por los múltiples aspectos que abarca el impacto ambiental derivado de su construcción. Es de vital importancia que los analistas y diseñadores conozcan el alcance real que sobre la naturaleza y su entorno ejerce cualquier modificación por la dimensión que toman los problemas ambientales.

A continuación, se describen los proyectos viales de los cuales se recopiló y analizó los estudios de impacto ambiental

### 3.5.1. Estudio y diseño definitivo en fase III del proyecto ruta del sol tramo I – sector I

Trazado y diseño definitivo en Fase III, de la vía en doble calzada entre el Intercambiador el Cune en cercanías al casco urbano del municipio de Villeta y la Intersección San Miguel, ubicada en la vereda del mismo nombre y localizada en el municipio de Guaduas; en una longitud aproximada de 23 kilómetros. Dicho corredor se nombró como Tramo 1, el cual hace parte del Sector 1 (en una longitud aproximada de 78.5 km) de la carretera denominada Ruta del Sol y estructurada por el Gobierno Nacional, como un corredor de vital importancia para conectar el centro del País y costa Caribe. HELIOS, C. V. (2015).

La evaluación de impactos permite establecer una línea base para identificar potenciales cambios debido al desarrollo de las actividades propias del proyecto HELIOS, C. V. (2015).

**Tabla 5 Impactos ambientales fase III del proyecto ruta del sol tramo 1 sector 1**

<b>Impactos ambientales relacionados con las actividades de pavimentación de vías.</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Recurso afectado</b>	<b>Efecto</b>	<b>Impacto</b>
Construcción de estructuras de pavimento	Suelo	Disminución de elementos mayores, cambio de textura y permeabilidad.	Erosión del suelo.
	Fauna	emigración de especies	Alteración del hábitat
	Aire	Generación de emisiones atmosféricas – Material particulado.	Alteración en la calidad del aire
	Paisaje	cambio que puede tener el valor escénico en cuanto a visibilidad	Alteración de los valores escénicos

Fuente: recopilación a partir de la identificación de impactos ambientales de HELIOS, C. V. (2015).

### **3.5.2. Consultoría especializada para la estructuración de concesiones viales grupo 4 estructuración de concesiones viales diagnóstico ambiental de alternativas variante corozal, 1–24.**

Se ubica en el departamento de Sucre, localizado, de acuerdo con la nomenclatura del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, sobre la Ruta 25, entre los PR11+800 y 25+000. Las actuaciones previstas consideran el mejoramiento de la calzada existente, y en geometría en aquellos puntos en los cuales se haya detectado problemas de accidentalidad (CIP, INYPSA, & Q&A, 2014).

El desarrollo de las diferentes actividades comprendidas para el mejoramiento de la construcción de la variante corozal, implicaron la presencia de diferentes aspectos ambientales negativos, los cuales se vieron reflejados en la aparición de impactos sobre los recursos naturales los cuales se enunciaran a continuación: debido al cambio de la ubicación del cauce por la presencia de vertimientos, alteración en las propiedades físicas y químicas del suelo, cambio en los usos actuales del suelo, eliminación y poda de flora nativa, ausencia de fauna por emigración y muerte, debido al cambio en la estructura natural de los demás recursos de este ecosistema (CIP, et al., 2013).

**Tabla 6 Impactos ambientales variante corozal**

<b>Impactos ambientales relacionados con las actividades de pavimentación de vías.</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Recurso afectado</b>	<b>Efecto</b>	<b>Impacto</b>
Aplicación capa asfáltica	Suelo	Erosión, endurecimiento.	Alteración de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas.
		pérdida de protección boscosa, ganadera, agrícola	Cambios en el uso actual del suelo
	Aire.	Generación de gases y Material particulado.	Cambios en la calidad del aire
		Enfermedades auditivas	Perturbación a los niveles de presión sonora
Fauna	cambio que se pueda apreciar especialmente en las aves por la pérdida o ganancia de vegetación	Alteración de hábitats de especies	

Fuente: recopilación a partir de la identificación de impactos ambientales de (CIP et al., 2013)

### 3.5.3. Estudio de impacto ambiental actualizado conexión vial Aburrá – oriente

El proyecto se ha denominado conexión vial Aburrá oriente, cuenta con la viabilidad ambiental otorgada por la licencia ambiental ordinaria dada por Cornare desde el año 2.002 con la Resolución 1764, y ajustada con la Resolución 112-0741 de 15 de febrero de 2010. El proyecto inicia en el seminario conciliar de Medellín, sobre la doble calzada de las Palmas, terminando en la glorieta de Sajonia en el municipio de Rionegro, evitando el ascenso hasta los 2.600 metros de altura para salvar la cordillera por medio de un Túnel de 8.187 metros, el cual se constituirá junto con el Túnel de la línea en los túneles más largos e importantes del país (Concesión Túnel Aburrá-Oriente. S.A., 2013).

A partir de las características propias del proyecto, se definieron las actividades a desarrollar que son relevantes para la identificación y calificación de impactos generados por el proyecto sobre el entorno abiótico, biótico y socioeconómico del área de influencia, como resultado de la interrelación de las diferentes actividades con el medio (Concesión Túnel Aburrá-Oriente. S.A., 2013).

**Tabla 7 Impactos ambientales conexión vial Aburrá - oriente**

<b>Impactos ambientales relacionados con las actividades de pavimentación de vías.</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Recurso afectado</b>	<b>Efecto</b>	<b>Impacto</b>
Construcción estructuras de pavimento flexible y rígido	Suelo	Erosión y endurecimiento del suelo.	Cambio en las propiedades físico químicas del suelo
		pérdida de protección boscosa, ganadera, agrícola	Cambio en el uso del suelo

<b>Impactos ambientales relacionados con las actividades de pavimentación de vías.</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Recurso afectado</b>	<b>Efecto</b>	<b>Impacto</b>
		Generación de ruido	Incremento en los niveles de vibración
	Aire	Contaminación del aire.	Incremento de la concentración de material particulado
		emisiones de gases como los óxidos de Nitrógeno y de Carbono	Incremento en la concentración de gases contaminantes
		Generación de ruido.	Incremento en los niveles normales de presión sonora
	Paisaje	Perdida de la calidad visual paisajística	Alteración de la calidad visual del paisaje

Fuente: recopilación a partir de la identificación de impactos ambientales de (Concesión Túnel Aburrá-Oriente. S.A., 2013)

#### **3.5.4. Estudio de impacto ambiental para la construcción de la segunda calzada**

##### **Bucaramanga-Cúcuta del pr 17+754 al pr 42+726**

La Doble Calzada Bucaramanga – Cúcuta, se localiza entre los Departamentos de Santander y Norte de Santander; en el sector Bucaramanga-Cuestaboba, exactamente entre

el PR 17 + 754 hasta al PR 42+726, en los municipios de Tona y Floridablanca al Nororiente de Colombia

Se describen los impactos susceptibles de ocurrir como consecuencia de las obras y/o actividades del proyecto (MHC, 2009).

**Tabla 8 Impactos ambientales segunda calzada Bucaramanga-Cúcuta**

<b>Impactos ambientales relacionados con las actividades de pavimentación de vías.</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Recurso afectado</b>	<b>Efecto</b>	<b>Impacto</b>
Imprimación, colocación de asfalto	Flora	Afectación positiva o negativa que tiene la vegetación existente por las obras	Alteración de la cobertura vegetal
	Suelo	Erosión y deslizamientos	Cambios en las propiedades fisicoquímicas de los suelos.
		Cambios en el uso actual o permitido del suelo que se da por la ejecución de las obras.	Alteraciones en el uso actual del suelo
	Fauna	Cambio que se pueda apreciar especialmente en las aves por la pérdida o ganancia de vegetación.	Alteración de fauna terrestre
	Aire	Cambios en las concentraciones de material particulado por las actividades antrópicas.	Alteraciones en la calidad del aire
		Incremento de gases contaminantes.	Contaminación del aire.

	Paisaje	Cambio que puede tener el valor escénico en cuanto a visibilidad, intervención antrópica y calidad paisajística.	Alteración del valor escénico
--	---------	--	-------------------------------

Fuente: recopilación a partir de la identificación de impactos ambientales de (MHC, 2009)

### 3.5.5. Evaluación de impacto ambiental para la rehabilitación de la vía y construcción de obras hidráulicas entre el tramo astilleros – Tibú, norte de Santander

Para la identificación de los posibles impactos que puedan presentar con la ejecución del proyecto para la rehabilitación de la vía y construcción de obras hidráulicas entre el tramo Astilleros – Tibú, Norte De Santander, en el cual se determinan los impactos al medio ambiente generados por la realización de la obra, tomando como base las actividades que deben ejecutarse para el desarrollo de cada actividad del proyecto (ACOSTA, 2015).

**Tabla 9 Impactos ambientales astilleros – Tibú, norte de Santander**

<b>Impactos ambientales relacionados con las actividades de pavimentación de vías.</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Recurso afectado</b>	<b>Efecto</b>	<b>Impacto</b>
Construcción de pavimentos	Agua	Perturbación de las propiedades fisicoquímicas del agua.	Contaminación de corrientes de agua superficial y subsuperficial
		Alteración a la capacidad de transporte.	
	Suelo	Erosión, endurecimiento.	Alteración de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas.
	Aire.	Generación de gases y Material particulado.	Cambios en la calidad del aire

<b>Impactos ambientales relacionados con las actividades de pavimentación de vías.</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Recurso afectado</b>	<b>Efecto</b>	<b>Impacto</b>
		Enfermedades auditivas	Perturbación a los niveles de presión sonora

Fuente: recopilación a partir de la identificación de impactos ambientales de (ACOSTA, 2015)

### **3.5.6. Estudios y diseños estructuración corredor vial Bucaramanga – Barrancabermeja – Yondó**

Los estudios de impacto ambiental se centraron en la calificación y cuantificación del estado actual del medio ambiente, considerando perspectivas de desarrollo regional y local, dinámica socioeconómica, preservación y manejo de recursos naturales y consecuencias que, para los ecosistemas presentes en la zona, tienen las actividades antrópicas y naturales propias de la región.

Esta vía contempla un único tramo entre el puente Guillermo Gaviria, localizado sobre el río Magdalena, comunicando los municipios de Yondó (Antioquia) y Barrancabermeja (Santander), pasando por el sector denominado la virgen, localizado hacia la salida del municipio de Barrancabermeja sobre la ruta nacional 66 y el sector rancho Camacho que se encuentra ubicado en el PR 128 + 250 de la troncal del Magdalena que comunica con el antiguo corredor de la vía Barrancabermeja – San Vicente de Chucuri en una longitud de 15 kilómetros al punto conocido como La Virgen (CACAO, C. R. DEL. 2016).

**Tabla 10 Impactos ambientales corredor vial Bucaramanga – Barrancabermeja – Yondó**

<b>Impactos ambientales relacionados con las actividades de pavimentación de vías.</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Recurso afectado</b>	<b>Efecto</b>	<b>Impacto</b>
Mantenimientos de pavimentos flexibles	Agua	Contaminación de los cuerpos de agua.	Cambios en la calidad del agua superficial
		Represamiento de agua, avalanchas.	Alteración en la capacidad de transporte de agua.
	Suelo	Contaminación del suelo.	Pérdida o ganancia de suelo.
		Cambios en el uso actual o permitido del suelo que se da por la ejecución de las obras.	Cambio en el uso del suelo
	Aire.	Afectación en la salud de las personas.	Cambios en los niveles de ruido.

<b>Impactos ambientales relacionados con las actividades de pavimentación de vías.</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Recurso afectado</b>	<b>Efecto</b>	<b>Impacto</b>
	Paisaje	Deterioro del valor escénico del paisaje.	Alteración del estado primario de los diferentes recursos naturales.
	Fauna	Desplazamiento y muerte de especies faunísticas.	Modificación de hábitats.

Fuente: recopilación a partir de la identificación de impactos ambientales de CACAO, C. R. DEL. (2016).

#### **4. RELACION DE IMPACTOS EN LOS DIFERENTES PROYECTOS VIALES NACIONALES.**

Durante la etapa de recolección y análisis se compilo la información de 6 estudios en una tabla final, con el fin de relacionar los impactos de mayor incidencia en la etapa de pavimentación en la construcción de vías, los estudios relacionados en la tabla hacen referencia a procesos o contratos a nivel nacional, en los cuales se identifica que los pavimentos utilizados con mayor frecuencia en el país y directamente en los estudios son los flexibles, aplicados por medio de pavimentación en caliente.

**Tabla 11 Relación de impactos en los diferentes proyectos viales nacionales.**

COMPONENTE	IMPACTO	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL SEGUNDA CALZADA BUCARAMANGA -CUCUTA	ESTUDIO EN FASE III DEL PROYECTO RUTA DEL SOL TRAMO I - SECTOR 1	DIAGNOSTICO AMBIENTAL VARIANTE COROZAL	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ACTUALIZADO CONEXIÓN VIAL ABURRÁ ORIENTE	ESTUDIOS BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA – YONDÓ	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL TRAMO ASTILLEROS – TIBÚ, NORTE DE SANTANDER
<b>Geomorfología</b>	Modificación Paisajística	<b>X</b>			<b>X</b>	<b>X</b>	
	Alteracion de la morfologia					<b>X</b>	
	Estabilidad Geotécnica.				<b>X</b>		
<b>Suelo</b>	Cambio en las condiciones físico químicas del suelo			<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>
	Perdida de suelo					<b>X</b>	
	Alteraciones en el uso actual del suelo	<b>X</b>		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	
<b>Aire</b>	Aumento en decibeles de ruido		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>

COMPONENTE	IMPACTO	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL SEGUNDA CALZADA BUCARAMANGA -CUCUTA	ESTUDIO EN FASE III DEL PROYECTO RUTA DEL SOL TRAMO I - SECTOR 1	DIAGNOSTICO AMBIENTAL VARIANTE COROZAL	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ACTUALIZADO CONEXIÓN VIAL ABURRÁ ORIENTE	ESTUDIOS BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA – YONDÓ	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL TRAMO ASTILLEROS – TIBÚ, NORTE DE SANTANDER
<b>Aire</b>	Incremento en los niveles de vibración y sismicidad local				<b>X</b>		
	Generación material particulado		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		
	Incremento en los niveles de partículas, CO, NOx, SOx, HC			<b>X</b>	<b>X</b>		
	Alteración de la calidad del aire	<b>X</b>	<b>X</b>				<b>X</b>
<b>Recurso hídrico</b>	Deterioro de la calidad del agua superficial				<b>X</b>	<b>X</b>	
	Deterioro de la calidad del agua Subterránea				<b>X</b>		<b>X</b>
	Alteración en la capacidad de transporte de agua					<b>X</b>	<b>X</b>

COMPONENTE	IMPACTO	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL SEGUNDA CALZADA BUCARAMANGA -CUCUTA	ESTUDIO EN FASE III DEL PROYECTO RUTA DEL SOL TRAMO I - SECTOR 1	DIAGNOSTICO AMBIENTAL VARIANTE COROZAL	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ACTUALIZADO CONEXIÓN VIAL ABURRÁ ORIENTE	ESTUDIOS BUCARAMANGA – BARRANCABERMEJA – YONDÓ	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL TRAMO ASTILLEROS – TIBÚ, NORTE DE SANTANDER
	Perturbación a las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas		X				X
	Alteración del cauce			X			
Fauna	Afectación de fauna terrestre	X		X			
	Afectación de especies migratorias, endémicas, restringidas a un hábitat		X			X	
Flora	Alteración de cobertura vegetal	X		X			

Autor: María Fernanda Aparicio – Andres V. Archila Acelas

#### **4.1. Análisis de estudios**

A continuación, se realiza un análisis de los principales impactos relacionados en los estudios analizados a nivel nacional:

**COMPONENTE:** Aire

**IMPACTO:** Aumento en decibeles de ruido

Dentro de los seis estudios analizados, se encuentra que el aumento en decibeles de ruido en el área es el más significativo, relacionándolo en cinco de estos estudios, esto significa que el 83.33% de los estudios de impacto ambiental en el ámbito nacional relaciona este impacto como el de mayor relevancia durante la etapa de pavimentación.

Las actividades desarrolladas involucran un movimiento constante de maquinaria pesada y camiones de carga, lo que genera niveles de ruido alto y variable. Este ruido ahuyenta a la fauna y en algunos casos ocasiona problemas de salud como sordera temporal o permanente donde existe exposición prolongada a altos niveles de ruido, puede sufrir estrés u otras alteraciones psicosomáticas relacionadas con él, este impacto no es permanente dado que se genera solo durante esta etapa, una vez se finalice la pavimentación el impacto producido por esta actividad desaparece.

**IMPACTO:** Alteración calidad del aire.

La generación de material particulado, al igual que gases de procesos de combustión y gases desprendidos de los procesos de pavimentación con asfaltos calientes, alteran significativamente la calidad del aire local, las propiedades toxicológicas descritas anteriormente en este documento son las causantes de problemas de salud en los trabajadores y pobladores de áreas cercanas al proyecto.

El movimiento de materiales de construcción y la operación de maquinaria pesada inciden directamente en detrimento de la calidad del aire, por las emisiones de partículas suspendidas totales a la atmosfera, Durante la operación los vehículos que transitan por la carretera generan gases de combustión que se incorporan a la atmosfera contribuyendo al incremento en la contaminación.

El 50% del estudio lo relacionan dentro de los impactos generados durante la etapa de pavimentación de los diferentes proyectos.

**COMPONENTE:** Suelo

**IMPACTO:** Alteraciones en el uso actual del suelo

Las implicaciones que trae la aplicación del tendido asfáltico llevan consigo el cambio del uso del suelo, el cual, al tener un proceso previo de remoción de tierra, compactación, canalización entre otras altera las propiedades del suelo y por ende el uso del mismo, el cual se destinara única y exclusivamente al tránsito vehicular, este impacto es relacionado por el 66.6% de los estudios nacionales relacionados en este documento.

**IMPACTO:** Cambio en las condiciones fisicoquímicas del suelo

Los componentes de carpeta asfáltica cuentan con una gran variedad de componentes altamente tóxicos, que, al contacto con el suelo del área contaminante mediante los procesos de infiltración, también durante la pavimentación se generan residuos al contacto con el suelo alteran las condiciones fisicoquímicas del suelo. Este impacto es relacionado por el 50% de los estudios a nivel nacional.

**COMPONENTE:** Agua

**IMPACTO:** Deterioro de la calidad del agua superficial.

El escurrimiento y transporte de los residuos de la pavimentación llevado a cabo por acción del agua y el viento, son los principales factores que hacen que los contaminantes lleguen a las fuentes hídricas cercanas, contaminando y alterando la calidad fisicoquímica de este recurso, este impacto genera que los cuerpos de agua no sean aptos para consumo o potabilización para ingesta humana, al igual que altera las condiciones para la vida de microorganismos, el 33.3% de los estudios relacionan este impacto en la etapa de pavimentación en la construcción de vías a nivel nacional.

**COMPONENTE:** Geomorfología

**IMPACTO:** Modificación Paisajística

El 50 % de los estudios relacionan este impacto dada al cambio en la geomorfología del terreno, al incluir la capa asfáltica se modifica visualmente el terreno, la capa asfáltica pasa a ser parte del paisaje siendo un impacto permanente durante la vida útil del proyecto.

Para el aprovechamiento de material se eligen generalmente cerros, resultando que la explotación puede ser tan severa que desaparezcan parcial o completamente convirtiendo la zona en una serie de depresiones en el terreno con roca desnuda. Es imposible recuperar las condiciones iniciales

## 5. CONCLUSIONES

- Los principales impactos ambientales relacionados a la etapa de pavimentación con pavimentos flexibles están relacionados al recurso aire, siendo los impactos a este recurso los de mayor citación en los diferentes estudios.
- Teniendo en cuenta los seis estudios de impacto ambiental analizados en este documento, se concluye que el impacto de mayor relevancia es el aumento del ruido, este impacto es generado por obras y maquinaria utilizada para esta fase, se genera solo durante la etapa de pavimentación y una vez finalizada dicha etapa los efectos e impactos generados desaparecen de la zona afectada.
- Los proyectos a nivel nacional no tienen en cuenta el ciclo de vida de los compuestos utilizados en las diferentes mezclas asfálticas, omitiendo factores como su composición toxicológica y efectos a la salud humana.
- De la revisión literaria uno de los impactos más relacionados en los estudios, es el cambio del microclima o aumento de la temperatura local, pero en los estudios de impacto ambiental realizados a nivel nacional no es tenido en cuenta, omitiendo que los materiales empleados para la fabricación del pavimento producirán un incremento de la temperatura debido a que conducen el calor más rápido que el suelo, siendo un impacto significativo teniendo en cuenta la susceptibilidad de los ecosistemas locales al cambio de temperatura.
- La etapa de pavimentación genera un número mayor de impactos a lo que se han encontrado relacionados en los estudios nacionales, en este análisis bibliográfico, se reconoce los peligros toxicológicos a los que se encuentra expuesto el medio ambiente

y la salud humana al entrar en contacto con compuestos derivados del petróleo como el alquitrán entre otros aditivos utilizados en el proceso de pavimentación.

- Desde la perspectiva ambiental el pavimento rígido genera un menor impacto al medio ambiente, dada la ausencia de materiales derivados del petróleo, donde las emisiones de gases, el aumento de la temperatura local o cambio de microclima disminuyen y en algunos casos desaparecen de la lista de impactos ambientales generados por la etapa de pavimentación en la construcción de vías.

## 6. RECOMENDACIONES

- Se requiere crear una base de impactos ambientales generados durante la fase de pavimentación y demás fases derivadas en la construcción de vías, identificando los compuestos y materias primas que se utilizan y sus respectivos impactos al medio ambiente.
- Profundizar los estudios de impacto ambiental de los diferentes proyectos viales a nivel nacional, teniendo en cuenta el ciclo de vida de compuestos y materiales, así como la disposición final de los residuos generados durante las diferentes fases del proyecto.
- En continuación a este proyecto se debe seguir la línea de análisis literario de los costos – beneficios de la utilización de pavimentos rígidos en la etapa de pavimentación en la construcción de vías a nivel nacional.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abarca, C. G. (2012). Guía práctica para realizar el Estudio de Impacto Ambiental en una obra civil ejemplarizado en una obra Hidráulica.
2. ACOSTA, L. (2015). Evaluación De Impacto Ambiental Para La Rehabilitación De La Vía Y Construcción De Obras Hidráulicas Entre El Tramo Astilleros – Tibú, Norte De Santander. Retrieved from <http://www.umng.edu.co/web/guest/programas-academicos/facultad-ingenieria/posgrados/especializaciones/especializacion-planeacion-ambiental>
3. Argos. (2013). Esfuerzos Térmicos En Pavimentos De Concreto. Blog 360° En Concreto, 1–5. Retrieved from <http://blog.360gradosenconcreto.com/esfuerzos-termicos-en-pavimentos-de-concreto/>
4. Asphalt fumes exposure during the application of hot asphalt to roofs. Department of Health and Human Services. Review Produced by NIOSH “Current Practices for Reducing Exposures
5. ATSDR. (2016). Resúmenes de Salud Pública – Estireno. Recuperado de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs53.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs53.html)
6. CACAO, C. R. DEL. (2016). Concesión Ruta Del Cacao Estudio De Impacto Ambiental Construcción Corredor Vial Bucaramanga – Barrancabermeja – Yondo, capítulo 1.
7. Cantor, Y. (2008). Alternativas En Infraestructura Sostenible Para La Conexión Vial Colombia – Panamá Y De Las Americas En Zonas Ambientalmente Sensibles Como El Tapón Del Darién. Universidad De La Salle Facultad De Ingenieria

Ambiental Y Sanitaria Impacto Ambiental Bogota D.C, 1.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

8. CIP, INYPSA, & Q&A. (2013). Diagnóstico Ambiental De Alternativas Variante Corozal, 1–24.
9. CIP, INYPSA, & Q&A. (2014). Concesiones Viales Grupo 4 Corredor 7 Cruz Del Vizo – Arjona Sahagun – Sampues Cienaga De Oro – La Ye Corozal – Puerta De Hierro, Informe Ejecutivo.
10. Concesión Túnel Aburrá-Oriente. S.A. (2013). Estudio De Impacto Ambiental Actualizado Conexión Vial Aburrá - Oriente Capítulo. Estudio de Impacto Ambiental Actualizado. Conexión Vial Aburrá - Oriente., 165. Retrieved from [https://www.cornare.gov.co/Audiencias\\_Publicas/Caracter\\_Ambiental/Tunel\\_de\\_Oriente/EIA-2013/capitulos/Capitulo\\_5.pdf](https://www.cornare.gov.co/Audiencias_Publicas/Caracter_Ambiental/Tunel_de_Oriente/EIA-2013/capitulos/Capitulo_5.pdf)
11. Conesa, V. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental.
12. De, departamento de salud y servicios para personas mayores. (1996). Hoja Informativa Acetato De Etilo.
13. Duravia. (2011). Estructura Del Pavimento | Duravia. Retrieved April 21, 2018, from <http://www.duravia.com.pe/hello-world/>
14. Falagán, M. (2002). Prevención Riesgos laborales derivados del uso del asfalto y / o productos bituminosos (II), (Ii).
15. FERMIN, P., & ZABALA, M. (2008). Análisis De Los Impactos De Tipo Ambiental Generados En Construcciones De Túneles Viales”.
16. Fernando, O. (1994). Estructuración de vías terrestres.

17. Flexicon. (2015). Negro de Humo - Materiales Manejados - Flexicon Corporation. Retrieved April 21, 2018, from <http://www.flexicon.es/Materiales-Manejados/Negro-de-Humo.html>
18. Giordani, C., & Leone, D. (2010). Pavimento. Artículo, 1(encofrado), 1–6. Retrieved from [https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1\\_ano/civil1/files/IC I-Pavimentos.pdf](https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_ano/civil1/files/IC_I-Pavimentos.pdf)
19. Gonzáles, F. (2015). Estudio de impacto ambiental proyecto de urbanización del polígono industrial sector 11 – collet II.
20. HELIOS, C. V. (2015). Estudio del trazado y diseño definitivo en fase III del proyecto Ruta del Sol Tramo 1 sector 1, 400.
21. Hernández, J. L., Sánchez, V. M., Castillo, I., Damián, S., & Téllez, R. (2001). Impacto ambiental de proyectos carreteros. Efectos por la construcción y conservación de superficies de rodamiento: II pavimentos rígidos. Publicación Técnica No. 173, (173), 120. [https://doi.org/Publicación Técnica No. 173](https://doi.org/Publicación_Técnica_No.173)
22. Hernandez, J., Sanchez, V., Castillo, I., Damián, S., & Telles, R. (2001). Impacto ambiental de proyectos carreteros. Efectos por la construcción y conservación de superficies de rodamiento: I. pavimentos flexibles. Publicación Técnica No. 163, (163), 167. Retrieved from <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt163.pdf>
23. Higiene, instituto nacional de seguridad e. (2011). Acetato de vinilo.
24. Jiménez, M., Sibaja, D., & Molina, D. (2009). Mezclas asfálticas en frío en Costa Rica, conceptos, ensayos y especificaciones. *Infraestructura*, 21, 18–29.

25. Kraemer, C.; Del Val, M.A.; Pardillo, J.M.; Rocci, S.; Romana, M.G.; Sánchez, V. (2004). *Ingeniería de Carreteras*. Vol II. Mc Graw Hill, Madrid.
26. Lanchas, S. (2013). *Fibras De Celulosa Aditivadas Para Mezclas Tipo Sma Con Propiedades Mejoradas*, 1–12.
27. León, J. D. (2002). *Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos de Desarrollo*. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/1706/1/71688714.20021.pdf>
28. Martínez, A. (2015). *Análisis Del Ciclo De Vida De Los Pavimentos Asfálticos*.
29. Martínez, A., & Damián, S. (1999). *Catálogo de impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación*, (133).
30. Martínez, A., Martín, N., Gómez, A., & Paez, A. (2008). *betunes asfálticos*, 43–52.
31. Mexercd. (2003). *Butadieno HDS (Hoja de Datos de Seguridad) P-4571-E*, 1–8. Retrieved from <http://www.praxair.com.mx/-/media/documents/safety-data-sheets/13butadieno-hds-p4571e-2003.pdf>
32. MHC. (2009). *Estudio De Impacto Ambiental Para La Construcción De La Segunda Calzada Bucaramanga-Cucuta Del Pr 17+754 Al Pr 42+726 Mario*, (656).
33. Ministerio de empleo y seguridad social. Gobierno de España. (2000). *Estireno*. Retrieved from [www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0073.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0073.pdf)
34. NIH. (20 de marzo 2015). *Instituto nacional del cáncer. Butadieno*. Recuperado de <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/butadieno>

35. Padilla, A. (2011). Materiales básicos., 35.
36. Reyes, F., & Figueroa, A. (2008). uso de desechos plásticos en mezclas asfálticas, síntesis de la investigación colombiana, 82.
37. Rodríguez, R., Castaño, V., & Martínez, M. (2001). Emulsiones Asfálticas. Documento Técnico, (23), 48. Retrieved from <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt23.pdf>
38. Rojas-Ardila, D. M. (2016). Desarrollo vial en Colombia y el impacto de las vías de Cuarta Generación. Universidad Militar Nueva Granada, I, 28.
39. Rondón, H., & Reyes, F. (2015). Pavimentos. materiales, construcción y diseño.
40. Salazar, J. (2008). Evaluación De La Factibilidad Del Uso En Costa Rica De Polímeros Modificantes De Asfalto Incorporados En Planta, (506).
41. Salazar, M. (2016). Evaluación Comparativa Del Impacto Ambiental, De Pavimentos Flexibles Frente A Los Pavimentos Rígidos, Mediante El Análisis De La Variación De Temperatura. (Tesis De Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú
42. Sánchez, S. E. (2006). Pavimento Flexible, 5–29. Retrieved from [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/sanchez\\_r\\_se/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/sanchez_r_se/capitulo2.pdf)
43. Senjen, R. (2012). Pavimentos Saludables Y Sostenibles Selección de un pavimento resiliente para el sector sanitario europeo.
44. Silva, O. (n.d.). Las fibras en el concreto. Retrieved April 21, 2018, from <http://blog.360gradosenconcreto.com/las-fibras-en-el-concreto/>
45. Toxicological profile for wood creosote, coal tar creosote, coal tar, coal tar pitch, and coal tar pitch volatiles”. U.S. department of health and human services. Public

- Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 394 páginas. September 2002.
46. Vega, G. (2002). Importancia de los estudios ambientales en la proyección de vías, un estudio comparado de caso. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
47. Vilorio, M. (2015). Metodología para la Evaluación de Impacto Ambiental aplicado al ciclo de vida de proyectos de infraestructura en Colombia, 167.
48. Zagaceta, I., & Romero, R. (2008). El Pavimento De Concreto Hidráulico Premezclado En La Modernización Y Rehabilitación De La Avenida Arboledas. Unam, 261.
49. Zapata P., D. M., Londoño B., C. A., González, C., & Idarraga, J. (2010). Metodología general para la presentación de estudios ambientales. Ministerio de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial., 8(5), 713–740. Retrieved from [http://www.anla.gov.co/documentos/normativa/metodologia\\_presentacion\\_ea.pdf](http://www.anla.gov.co/documentos/normativa/metodologia_presentacion_ea.pdf)
50. Zuñiga, R. (2015). Mezcla Asfáltica en caliente, 52. Retrieved from <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/MezclasAsfálticas.pdf>