



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGON**

**IMPACTO AMBIENTAL EN EL
PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE
CARRETERAS Y SUS RESPECTIVAS
MEDIDAS DE MITIGACIÓN**

**DESARROLLO DE UN CASO
PRÁCTICO**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

STALIN OCAMPO VALDERRAMA

D I R E C T O R D E P R O Y E C T O

M. en C. SERGIO A. MARTÍNEZ GONZÁLEZ



San Juan de Aragón, Edo. De México 2017.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

D E D I C A T O R I A S
Y
A G R A D E C I M I E N T O S

Esta trabajo y la culminación de mi carrera profesional se los quiero agradecer a todas las personas que a lo largo de mi vida y en etapas importantes estuvieron y están con migo para apoyarme.

Un agradecimiento especial a mi mama, nunca dejo de ayudarme, hasta en la cosa más mínima estuvo preocupada por mi carrera y que la pudiera culminar con éxito

A mi papa que cada día que llegaba me preguntaba cómo me había ido y de pequeño fue la inspiración para formarme profesionalmente.

A mi hermana, que de una u otra manera son la razón por la cual me vi en este punto de mi vida, a puertas del título profesional tan anhelado.

A mis profesores, a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias por prepararnos para un futuro competitivo no solo como los mejores profesionales sino también como mejores personas.

A todos ustedes. ¡Gracias!

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
<u>CAPÍTULO I</u>	<u>2</u>
<u>“VÍAS DE COMUNICACIÓN Y PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS CARRETERAS”</u>	<u>2</u>
I.1 DEFINICIÓN Y TIPOS DE CARRETERAS	3
I.2 TIPOS DE PAVIMENTOS.....	6
I.2.1 Clasificación de los pavimentos	6
I.2.1.1 Pavimentos flexibles o asfálticos.....	7
I.2.1.2 Pavimentos rígidos	8
I.2.2 Diferencias entre el pavimento flexible y rígido	8
I.3 FUNCIONES DE LAS DISTINTAS CAPAS DE UN PAVIMENTO Y TERRACERÍAS.....	9
I.4 PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE	11
I.5 PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO.....	24
<u>CAPÍTULO II</u>	<u>40</u>
<u>“IMPACTOS AMBIENTALES EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE UNA CARRETERA”.....</u>	<u>40</u>
II.1 DESCRIPCIÓN DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL EN UN PROYECTO CARRETERO ...	41
II.2 TIPOS DE IMPACTOS	43
II.3 IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LA CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO	45
<u>CAPÍTULO III</u>	<u>52</u>
<u>“MEDIDAS DE MITIGACIÓN”</u>	<u>52</u>
III.1 ETAPA DE PRE-CONSTRUCCIÓN.....	56
III.2 ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO	57
III.3 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.....	60
III.4 ETAPA DE CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
<u>BIBLIOGRAFÍA.....</u>	<u>80</u>

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es analizar las diferentes alteraciones ambientales que son producidas en las diferentes etapas de las cuales está conformada la construcción de una carretera ya sea del tipo flexible o rígido, se tratarán de generalizar los impactos ambientales, para identificar aquellas alteraciones que son un factor común en cada proyecto independientemente de las características del mismo y que siempre se encuentran presentes, además también se consideran solo aquellos impactos que pueden causar una diferencia relevante al medio ambiente. Considerando lo anterior, se buscará dar una solución viable a cada uno de los impactos ambientales detectados y considerando que no son todas las alteraciones al ecosistema que pueden existir en la construcción de un pavimento pero sí las que más daño causan, podrían garantizar la viabilidad del proyecto.

En el capítulo uno se realiza una clasificación conforme a la normativa mexicana de carreteras, el punto fundamental es la realización de una descripción del proceso constructivo en las diferentes etapas de un pavimento flexible y rígido.

El segundo capítulo se conforma de una explicación de las secciones que componen un estudio de impacto ambiental de un proyecto carretero, un segundo punto de igual importancia que se expone en el capítulo es la identificación de los posibles impactos ambientales que pueden ser ocasionados en las diferentes etapas de construcción tanto de un pavimento flexible como de un pavimento rígido.

En el tercer capítulo y último, que compone este caso práctico, está enfocado en buscar y dar una posible alternativa a las afectaciones causadas por la construcción de un pavimento ya sea rígido o flexible en sus diferentes etapas de construcción.

En general, la población no imagina los beneficios tanto económicos como sociales que genera la construcción de una carretera, sobre todo, cuando conecta zonas con altos potenciales productivos, en el marco industrial, comercial, turístico y agrícola de una nación.

CAPÍTULO I

“VÍAS DE

COMUNICACIÓN Y

PROCESO

CONSTRUCTIVO DE LAS

CARRETERAS”

El cometido fundamental de una vía de comunicación carretera, es proporcionar un acceso o conexión a todo el territorio de un país que presente concentraciones de habitantes o de alguna clase de actividad productiva, teniendo como resultado ayudarlos a su desarrollo.

I.1 DEFINICIÓN Y TIPOS DE CARRETERAS

Se le conoce como carretera a las vialidades que son utilizadas de una forma pública y que son realizadas principalmente para la circulación de vehículos como lo dice (Otero, Alberto Villarino) en el libro “Carreteras, 2011” del cual se basa en gran medida la definición de carretera que se profundiza a continuación.

No tendrán la consideración de carreteras:

1. Todas las ramificaciones y los que se consideran caminos de servicios o de complemento a la vía principal.
 2. Las vías que fueron consideradas para uso privado como los realizados dentro de fraccionamiento de una manera análoga a la carretera.
- Clasificación de las carreteras

Una carretera según la norma mexicana más reciente se puede clasificar tomando como referencia el Transito Diario Promedio Anual (TDPA) basándonos en el libro “Recomendaciones de actualización de algunos elementos del proyecto geométrico de carreteras, 2004” de Alberto Díaz, y del cual está basada en gran parte la clasificación de carreteras que aquí se describe:

1. A4, para un TDPA de 5 mil a 20 mil vehículos.
2. A2, para un TDPA de 3 mil a 5 mil vehículos.
3. B, para un TDPA de 1500 a 3 mil vehículos.
4. C, para un TDPA de 500 a 1500 vehículos.
5. D, para un TDPA de 100 a 500 vehículos.
6. E, para un TDPA de hasta 100 vehículos.

Las diferentes normas que rigen el mundo de los adelantos tecnológicos dan una clasificación funcional que aventaja a cualquier otra existente a la fecha, teniendo como principal función la de definir el funcionamiento óptimo de la vía en el contexto de la red de carreteras. Teniendo como referencia lo antes mencionado y basándonos en parte por lo dicho por Alberto Díaz en su libro, se propone una clasificación de carreteras para fines geométricos:

1. **TROCALES O PRIMARIAS:** Está conformada por secciones de corredores de transporte que se encarga de unir poblaciones importantes, las cuales se componen de por lo menos cincuenta mil (50,000) habitantes, que cuentan con actividades productivas o turísticas, se dividen en:

- Autopistas (AP).- Carreteras de sentidos separados físicamente por una faja central o mediana, control total de acceso, dos o más carriles por sentido de circulación y velocidad de proyectos en el rango de 80 km/h a 110 km/h. sus TDPA son mayores a 5000 vehículos.
 - Vías rápidas (VR).- Carreteras de sentidos separados físicamente por una faja central o mediana, y velocidad de proyecto en el rango de 80 km/h a 110 km/h; y que en relación con uno o varios de los demás elementos (control de acceso, números de carriles por sentido, etc.) no cumple con los estándares de las autopistas. Sus TDPA van de 3000 a 5000 vehículos.
2. **ARTERIAS O SECUNDARIAS:** Así se le conoce a las carreteras que se encarga de unir a poblaciones pequeñas o medianas con nodos de la red principal, que proporcionan en gran medida los viajes cortos a mediano en tiempo de recorrido. Las características de este tipo de vías es que se conforman solo de un cuerpo, un control parcial de acceso, un carril por sentido de circulación y con una velocidad promedio entre 70 km/h a 110 km/h, teniendo un tránsito promedio anual que va desde los 1500 a 3000 vehículos.
3. **ALIMENTADORAS:** Se considera como tal a todas las vías que tienen un tiempo de trayecto demasiado pequeño, las cuales se pueden dividir en:
- Colectoras (C).- Carreteras de un solo cuerpo, con control parcial de acceso, un carril por sentido de circulación, y velocidad de proyecto en el rango de 60 km/h a 100 km/h., sus TPDA van de 500 a 1500 vehículos.
 - Locales (L).- Carreteras de un solo cuerpo, sin control de acceso, un carril por sentido de circulación, y velocidad de proyecto en el rango de 50 km/h a 80 km/h. Sus TDPA van de 100 a 500 vehículos.
 - Brechas (Br).- Carreteras de un solo cuerpo, sin control de acceso, un carril de circulación, y velocidad de proyecto en el rango de 30 km/h a 70 km/h. Sus TDPA son menores a 100 vehículos.

Una peculiaridad que se puede tener tomando la clasificación anterior como lo son el trocal, las arterias y las alimentadoras, estas tres categorías son equiparables a otras clasificación de caminos y puentes para el reglamento de peso y dimensiones que está compuesta de (primaria, secundaria y alimentadora), de las cuales nos dice Alberto Mendoza Díaz en su libro que esta clasificación no es muy adecuada en las normativas avanzadas, pero se consideran indispensables ya que pueden garantizar que los vehículos para los cuales se están diseñando las vías son congruentes con los que operan el mismo.

Cabe señalar que en el reglamento de pesos y dimensiones vigentes, las carreteras se clasifican en los tipos ET, A, B, C y D, donde:

1. Carreteras tipo ET.- Se consideran como tal a las vías que son parte de los ejes establecidos de transporte por la Secretaría de Comunicación y Transporte (SCT), las cuales su singularidad tanto geométrica como estructural admiten la circulación de los vehículos para las que fue diseñada a su máxima capacidad, dimensiones y peso así como algunos extras que sean autorizados por la SCT y que su tránsito sea confinado a este tipo de caminos.
2. Carreteras tipo A.- Tiene la peculiaridad de aceptar el funcionamiento de aquellos vehículos que tienen las máximas dimensiones, capacidades y peso, no permitiendo la operación de los vehículos que sus características de dimensión y peso se clasifican en las carteras tipo ET, lo anteriormente mencionado está dada conforme a las características geométricas y estructurales de este tipo de carretera.
3. Carreteras tipo B.- Son aquellas vías las cuales constituyen la red primaria, este tipo de carreteras tienen la característica de comunicar estados, además de vincular el tránsito, esto conforme a las características geométricas y estructurales de este tipo de carretera.
4. Carretera tipo C. Red secundaria.- Son vialidades que sustituyen las arterias de comunicación dentro de un estado en distancias medias y que se conectan a la vía principal, y sus características geométricas y estructurales lo hacen viable para soportar esas actividades.
5. Carretera tipo D. Red alimentadora.- Este tipo de vías tienen características geométricas y estructurales no tan especializadas y rigurosas como la que cuenta la red primaria, ya que esta arteria se encuentran en un ámbito municipal y con conexiones a la red secundaria.

La norma oficial mexicana NOM-012-SCT-2-1995, la cual nos indica las características de todos aquellos vehículos con el peso y dimensiones máximas que pueden circular en los caminos y puentes de jurisdicción federal, que son publicados en el diario oficial de la federación, en esta norma no se establecen los pesos y dimensiones máximas para las carreteras tipo ET. Como contra parte, en el reglamento se establecen los pesos y dimensiones que se determinan para este tipo de vías, se contemplan el tránsito de todos aquellos vehículos que fueron autorizados en sus máximas capacidades, dimensiones y peso, para que los vehículos puedan transitar en las carreteras tipo ET deben de cumplir con las carreteras de una vía tipo A, que se indican en las normas, con la consideración de permitir el tránsito de vehículos como tracto camión-semirremolque, de longitud máxima de 23 m, tracto camión-semirremolque-semiremolque y camión-remolque, de longitud máxima de 31 m.

I.2 TIPOS DE PAVIMENTOS

Con base en el libro “Pavimentos” de los Ingenieros Claudio Giordani y Diego Leone, se puede definir que un pavimento está conformado por un grupo de capas intercaladas de material selecto, casi de una forma horizontal y con un espesor variado adecuadamente compactado, el cual se encuentra ubicado en el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, este estrato tiene la función de soportar las cargas del tráfico en un ciclo que se compone de varios años, sin ocasionar daños que puedan poner en riesgo la seguridad de los vehículos que transitan sobre él o a la propia integridad del firme, que tiene la función de proporcionar un tránsito con:

1. Seguridad.
2. Comodidad.
3. Costo óptimo de operación.
4. Superficie uniforme.
5. Superficie impermeable.
6. Color y textura adecuados.
7. Resistencia a la repetición de cargas.
8. Resistencia a la acción del medio ambiente.

Al paso del tiempo los materiales más adecuados y que pueden garantizar un buen rendimiento en el soporte permitiendo el libre tránsito de vehículos sin sufrir grandes alteraciones son las denominadas mezclas asfálticas y el concreto, además de ser los materiales más utilizados hasta fechas recientes.

I.2.1 Clasificación de los pavimentos

Tradicionalmente los pavimentos en los proyectos carreteros se han dividido en pavimentos flexibles y pavimentos rígidos, como hacen referencia los ingenieros Claudio Giordani y Diego Leone en su libro, esta clasificación puede provocar cierta limitación al momento de hacer una clasificación más detallada como se ve a continuación:

1. Pavimentos Flexibles: Son aquellos construidos con materiales asfálticos y materiales granulares.
2. Pavimento Rígido: Pavimentos construidos por concreto de cemento Portland y materiales granulares.
3. Como resultado de los pavimentos tanto flexible como rígido en la actualidad se está considerando un tipo de pavimento intermedio llamado pavimento semirrígido, que es básicamente un pavimento flexible con un grado de rigidización mayor producto de concentraciones mayores de cemento o asfalto.
4. Otros: Adoquines, empedrados y suelo cemento.

I.2.1.1 Pavimentos flexibles o asfálticos

Tomando como referencia la descripción de un pavimento flexible del libro “Pavimentos” de los ingenieros Claudio Giordani y Diego Leone, se indica que está compuesto por diferentes capas, la primera de ella es la mezcla asfáltica que descansa sobre la capa de base, la que a su vez está construida sobre la capa de sub-base y que por último se encuentra sobre una capa de suelo llamada subrasante.

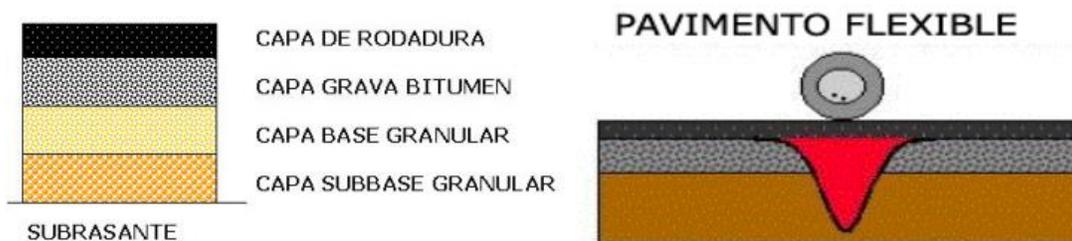


Figura 1.- Esquema de un pavimento flexible (Ing. Claudio Giordani, Ing. Diego Leone, pavimento)

Capa de rodadura: Esta es la capa última la cual al estar expuesta a las condiciones climatológicas y del tránsito se encuentra sometida a esfuerzos máximos.

Este tipo de pavimentos al ser de tipo flexible se pueden construir con un concreto bituminoso, mezclas de arenas y betún o mediante el tratamiento superficial de riegos bituminosos.

Capa de base: Esta capa es considerada esencial ya que tiene la función de distribuir adecuadamente las cargas que son transmitidas directamente de la capa de rodadura, esta capa de base se compone de materiales del tipo áridos los cuales pueden haber sido tratados con material estabilizador como lo son la cal, cemento portland etc., esta capa es fundamental que sea realizada con los mejores materiales y con las medidas de calidad más altas, ya que en ésta descasará la capa de rodadura.

Capa sub-base: Esta capa se considera a un nivel más especializado, como un complemento para reducir costos en los materiales de una mayor calidad que son utilizados en la capa de base, en algunos casos se ha llegado a considerar que esta capa no es necesaria y que solo la capa de base cumpliría con la función de las dos capas.

Una de las funciones que tiene, es la de transmitir las cargas a las capas inferiores y en algunos casos puede servir para ayudar al drenaje de la lluvia.

I.2.1.2 Pavimentos rígidos

Este tipo de pavimento como se visualiza en la “figura 2”, la cual se describe de una manera descendente, en primer lugar se constituye con una capa de concreto hecha de cemento portland que se encuentra construida sobre la capa de base, la cual a su vez se encuentra sobre la capa de subrasante.

Como lo dicen los ingenieros Claudio Giordani y Diego Leone, la resistencia estructural depende principalmente de la losa de concreto.

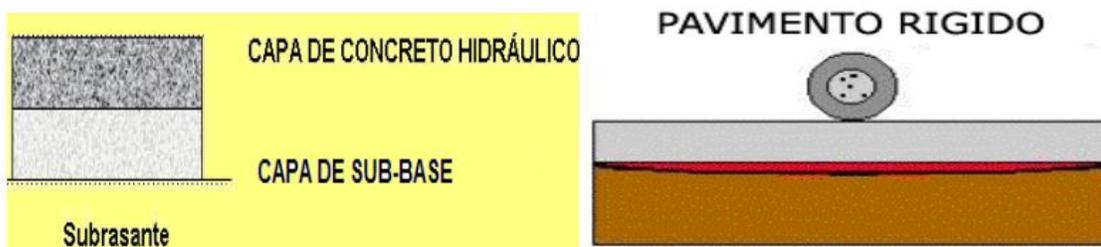


Figura 2.- Esquema de un pavimento rígido (Ing. Claudio Giordani, Ing. Diego Leone, pavimento)

I.2.2 Diferencias entre el pavimento flexible y rígido

La primera gran diferencia entre estos tipos de pavimentos dejando un poco de lado los materiales con los que son construidos, es la manera como pueden transmitir las fuerzas o cargas a las capas inferiores de la carretera, producida por los vehículos que transitan sobre cada uno de los pavimentos.

Pavimento rígido: Al estar construida la superficie de rodamiento por una losa de concreto con una nivel alto de rigidización le proporciona la característica de trabajar como una placa, que a su vez ayuda a distribuir la carga a una mayor área de la capa de subrasante. La superficie de rodadura al estar construida por concreto armado tiene la particularidad que por sí sola proporciona a la carretera la mayor capacidad estructural.

Pavimento flexible: En contraparte esta estructura se construye con materiales no tan resistentes en comparación con el concreto armado, tiene la característica de ser más deformable cuando son ampliadas las fuerzas producidas por los vehículos al transitar y las fuerzas que son transmitidas a la capa de subrasante son consideradas casi puntuales al compararlas a un pavimento del tipo rígido.

En alusión a lo mencionado por Claudio Giordani y Diego Leone, un pavimento flexible necesitaría de un mayor número de capas y de espesores mayores a los de un

pavimento del tipo rígido para poder transmitir y distribuir las cargas a la capa de subrasante de una manera más fiable para la estructura de la carretera.

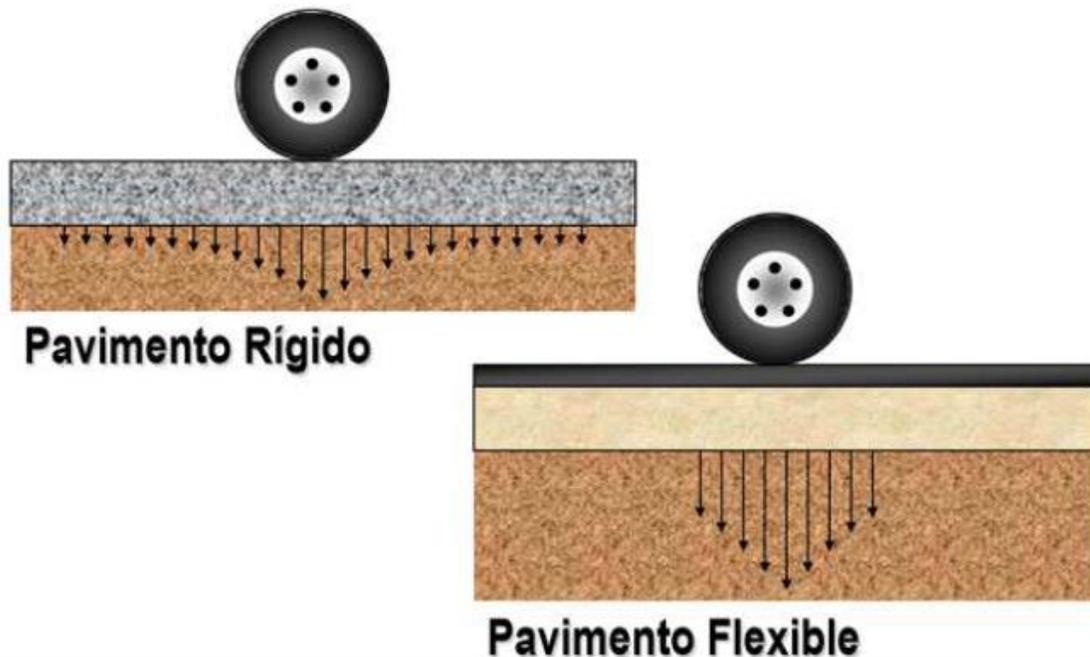


Figura 3.- Esquema de distribución de cargas de un pavimento rígido y uno flexible (Ing. Claudio Giordani, Ing. Diego Leone, pavimento)

I.3 FUNCIONES DE LAS DISTINTAS CAPAS DE UN PAVIMENTO Y TERRACERÍAS

1. **Terracerías:** Constituye la capa de inicio de cualquier estructura de una carretera, sea del tipo flexible o rígido y está conformada del terreno natural o de cimentación, cuerpo del terraplén y capa subrasante (Claudio Giordani y Diego Leone).
 - Terreno natural o de cimentación: Se define como la franja de terreno que es afectada por la construcción del camino y que su función es la de soportar las cargas de la construcción del pavimento y de las terracerías sin olvidar las cargas del tránsito.
 - Cuerpo del terraplén: La función del terraplén es proporcionar la altura necesaria a la carretera para albergar las obras de drenaje.

- Capas subrasante: Tiene múltiples funciones como la de recibir y resistir las cargas del tránsito transmitidas por las capas de pavimento y transmitir en forma adecuada a las capas inferiores; además:
 - Evitar que se contaminen las capas del pavimento cuando el cuerpo del terraplén o el terreno natural sea de material fino o arcilloso.
 - Evitar que sean absorbidas las capas superiores cuando se tienen terraplenes.
 - Evitar que se reflejen las imperfecciones en los cortes hacia las capas de pavimento para lograr espesores de pavimentos constantes.
- 2. **Pavimento flexible:** Este tipo de estructuras como ya se ha mencionado en este documento se compone de diferentes capas como lo son la sub-base, base y carpeta, las cuales tienen funciones específicas para la correcta distribución de las cargas producidas por el tránsito, con ayuda del libro “Generalidades y definiciones sobre los pavimentos” se describirán las diferentes funciones de las capas que constituyen a un pavimento flexible.

- Sub-base: Esta capa en particular a un nivel más especializado y crítico se podría considerar que una de sus funciones es la de reducir costos a la estructura, ya que en dado caso podría no existir en la construcción de la carretera y ser sustituida por completo por la capa de base haciéndola un poco más gruesa, la cual podría mejorar los niveles de calidad estructural de la vía, al ser construida con materiales de mejor calidad. Se trata entonces que esta capa conforme los espesores requeridas en los pavimentos con los materiales más económicos posibles.

Otra de las funciones que tiene esta capa es la de dar resistencia a las cargas producidas por el tránsito vehicular y transmitirlos de una manera más adecuada a las terracerías, es colocada también para absorber las posibles alteraciones en la estructura de la capa de subrasante.

Una de las funciones más relevantes de la sub-base es la de actuar como dren para retirar el agua que se infiltre de las capas superiores, e impedir la presencia de capilaridad procedentes de la terracería.

En conclusión es una capa de transición entre la capa de base que se compone en su conjunto de granos más o menos gruesos de material y la capa de subrasante.

Otra función de esta capa, es la de actuar como dren para desalojar el agua que se infiltra a través de las capas superiores y para impedir la ascensión capilar hacia la base, de agua procedente de la terracería.

- Base: La principal función que se le atribuye a la base es suministrar un elemento que complemente a la carpeta de rodamiento para así poder transmitir de una manera más eficiente las cargas a la sub-base y a su vez a la subrasante. Esta capa

también cuenta con la característica de poder drenar el agua que se puede filtrar por la carpeta así como poder impedir la capilaridad.

- **Carpeta:** La carpeta debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con la textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tráfico hasta donde sea posible ya que estará en contacto directo con él; además impedir hasta cierta medida el paso del agua a las capas inferiores.
3. **Pavimento rígido:** Este tipo de estructuras está compuesta por la capa de sub-base y losa, es considerado al pavimento rígido como el de más altas especificaciones y el más durable, es por eso que se utiliza para las carreteras más importantes y con las mayores características, con respecto a las funciones de las capas que conforman a este tipo de pavimentos.
- **Sub-base:** La función de esta capa es resguardar la losa de concreto de algún tipo de alteración en el volumen de la subrasante, pudiendo con esto introducir esfuerzos adicionales a la losa. Esta capa no tiene ningún fin estructural pues la losa debe ser suficiente para soportar la carga.
 - **Losa:** Las funciones de la losa en el pavimento rígidos son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soporte y transmitir a un nivel adecuado las cargas que se le apliquen.

I.4 PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

En este apartado se explicará el proceso constructivo en las diferentes etapas de una carretera del tipo flexible, cabe mencionar que la descripción del proceso está fundamentado en el libro “Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible, 2014” de (Solano, Gabriel Enrique Bonett), el cual se detalla a continuación:

❖ **Subrasante**

Esta se considera una capa fundamental, ya que al ser la capa de inicio en la construcción de la vía, es esencial su correcta construcción con las mayores especificaciones posibles y sobre la cual se construirá la capa de sub-base.

❖ **Escarificación y homogeneización de la subrasante.**

Esta técnica se puede describir como su mismo nombre lo dice, se esparce el suelo superficial en toda el área en la que será la construcción de la carretera a un nivel previamente especificado, formando un estado suelto. La maquinaria utilizada para la realización de estas actividades podría ser un tractor de oruga o en algunas otras condiciones utilizar gradas o discos para así poder escarificar el material. Como casi el 100% son suelos vírgenes siempre existirán elementos considerados gruesos que se pueden eliminar con rastrillos de piedra.

❖ Humectación del suelo de subrasante

Esta actividad se encarga de que el suelo que previamente fue escarificado y homogenizado se encuentre en una condición seca tomando como referencia la humedad óptima que se especifica del material a compactar. Es necesario que el material se encuentre en un rango de humedad del $\pm 2 \%$ con respecto a la humedad óptima calculada en el laboratorio.

❖ Aireación del suelo de subrasante

Esta actividad suele utilizarse mucho en lugares o zonas donde la humedad natural puede superar a la humedad óptima calculada en el laboratorio, en estas condiciones el material de suelo que fue removido se deberá airear con ayuda de maquinaria, esto ayudara a que el material pueda alcanzar las condiciones de humedad óptima que fueron calculadas y así poder llevar al elemento a un rango de $\pm 2 \%$.

❖ Compactación de la subrasante

En esta etapa de la construcción del pavimento, en la cual se realiza la nivelación de los terraplenes hasta la altura requerida de la capa de subrasante, hasta lograr una densidad con la del proctor, esto se puede alcanzar utilizando el método tradicional al utilizar rodillos del tipo para de cabra o rodillos vibratorios dependiendo en si del tipo de material que se compactara.

Una de las formas de verificar que la capa subrasante se encuentra terminada es que a simple vista no presente deformaciones en caso de detectarse alguno deberá ser corregido, aunque una manera más fiable de corroborar la calidad de la capa de subrasante es que el material sea controlado por el laboratorio asegurando la calidad del mismo y los niveles a cargo de la topografía.

❖ Recepción de la capa de subrasante

En el momento en que una sección ya construida es liberada, ésta deberá cumplir forzosamente con lo estipulado en las especificaciones técnicas del proyecto carretero, que serán:

- El grado de compactación de la capa subrasante.
- El espesor de la capa subrasante compactada.
- La calidad del material que cumpla con las especificaciones técnicas, realizadas por el laboratorio.
- Verificación de niveles de la superficie de subrasante.

Independientemente de lo anterior, el proyecto deberá tener inevitablemente una supervisión constante en todo el proceso de construcción de esta capa, lo cual dará como

resultado no tener imprevistos posteriores al momento de la recepción del tramo y así, garantizar la calidad del mismo.

❖ **Capa de sub-base**

La función primordial de esta capa es la de soportar, transmitir y distribuir lo más constante como sea posible, todas las fuerzas que son ocasionadas por todos los vehículos que transitan en la vía y transferirlas a las capas inferiores, en este caso la subrasante.

En lo que compete a la construcción de esta capa de sub-base, como se menciona en el libro “Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible, 2014” se realiza el suministro de agregados granulares para su colocación en conformidad con los alineamientos verticales, pendientes y dimensiones indicadas en los planos del proyecto o establecidos por el ingeniero supervisor.

❖ **Escarificación del material de protección de la subrasante.**

Para la realización de esta actividad se inicia disgregando todo el material que fue colocado en la superficie del terreno, para poder homogeneizarlo con el nuevo material que posteriormente será compactado para formar la capa de sub-base. Habitualmente se utilizará maquinaria como lo son las motoniveladoras para realizar los trabajos de escarificación.

❖ **Colocación del material de sub-base.**

Para la realización de este tipo de trabajo, siempre y como número uno el ingeniero residente deberá supervisar a detalle las diferentes etapas que conforman la actividad, asegurando un nivel de calidad óptima, iniciando por la colocación del material a utilizar sobre la capa subrasante donde se considere ideal para el inicio de las actividades. Como segundo punto, se deberá asegurar que por ningún motivo las diferentes capas que se construirán, sobrepasen de 20 cm como máximo y de 10 cm como mínimo de espesor, pudiendo en circunstancias muy particulares que las capas puedan salirse de este intervalo, siempre y cuando el ingeniero encargado de la actividad lo considere viable.

❖ **Distribución del material de sub-base.**

La distribución o esparcimiento de todo el material en estado suelto que forma a la capa de sub-base deberá de contar con ciertas características para su mayor aprovechamiento y que genere la mayor calidad posible como lo son el contenido de humedad que deberá estar en un intervalo de ± 2 %, esto es fundamental para garantizar que el material ya compactado alcance las mayores especificaciones posibles. Existen ciertas maquinarias como la Finisher o una motoniveladora que son ideales para este tipo de trabajo ya que producen una capa de espesor uniforme en todo el ancho requerido, cumpliendo fielmente a lo estipulado en el proyecto.

❖ **Compactación de la capa sub-base.**

Al llegar a esta etapa en la construcción de la capa de sub-base que ya sería la última fase de la edificación, la cual se realiza por medio de rodillos del tipo liso, rodillos con ruedas neumáticas o con algún otro equipo, que previamente fuese aprobado por garantizar las especificaciones técnicas estipuladas en el proyecto constructivo.

La compactación deberá avanzar gradualmente, en las tangentes, desde los bordes hacia el centro y en las curvas desde el borde interior al externo, paralelamente al eje de la carretera y traslapado uniformemente hasta lograr una densidad que cumpla con la del proctor, según la especificación, en todo el espesor de la capa.

❖ **Recepción de la capa de sub-base.**

Como último punto en la construcción de esta capa, se encuentra la liberación de la misma, la cual deberá rigurosamente cumplir con lo establecido en las especificaciones técnicas de construcción del proyecto, como lo son:

- El grado de compactación de la capa sub-base.
- El espesor de la capa sub-base compactada.
- La calidad del material que cumpla con las especificaciones técnicas, realizadas por el laboratorio.
- Verificación de niveles de la superficie de sub-base.

En el momento de la recepción de la capa, se corroborará que cumple con los estándares de calidad, se deberá preparar la superficie para la colocación de una capa protectora, la cual consta de 10 cm de espesor compuesto por material selecto para base, que al terminar de ser tendida tiene que compactarse adecuadamente. El objetivo de este proceso es el de proteger la capa de sub-base de una posible lluvia o la circulación de algunos vehículos inesperadamente que puedan causar daños a dicha capa.

❖ **Capa de base**

Esta capa tiene dos propósitos fundamentales, la primera de ellas es dar soporte a la capa de rodamiento, ya que sobre la capa de base será construida y como segundo punto es la de distribuir y transmitir de manera uniforme aquellas fuerzas que son producidas por el tránsito vehicular a las diferentes capas inferiores.

❖ **Proceso constructivo.**

En la construcción de la capa de base, se deberá utilizar material con un muy alto grado de calidad como lo son los agregados y los suelos en estado natural, estos deberán ser colocados conforme a los lineamientos verticales, de pendiente y dimensiones que se indican en el proyecto.

❖ Colocación del material de base.

Esta etapa tiene mucha similitud a la que se realiza en la construcción de la capa de sub-base, ya que en esta se deberá colocar cuidadosamente el material a utilizar que posteriormente se convertirá en la capa de base evitando la segregación del mismo, se deberá asegurar que por ningún motivo las diferentes capas que se construirán sobrepasen de los 20 cm como máximo y de 10 cm como mínimo de espesor, pudiendo en circunstancias muy particulares que las capas puedan salirse de este rango siempre y cuando el ingeniero encargado de la actividad lo considere viable.

❖ Distribución del material de base

La distribución o esparcimiento de todo el material en estado suelto que forma a la capa de base deberá de contar con ciertas características para su mayor aprovechamiento y que genere la mayor calidad posible, como lo son el contenido de humedad que deberá estar en un intervalo de $\pm 2\%$, esto es fundamental para garantizar que el material ya compactado alcance las mayores especificaciones posibles. Existen ciertas maquinarias como la Finisher o una motoniveladora que son ideales para este tipo de trabajo, ya que producen una capa de espesor uniforme en todo el ancho requerido, cumpliendo fielmente a lo estipulado en el proyecto.

❖ Compactación de la capa de base

Al llegar a esta etapa en la construcción de la capa de sub-base que ya sería la última fase de la edificación, la cual se realiza por medio de rodillos del tipo liso, rodillos con ruedas neumáticas o con algún otro equipo que previamente fuese aprobado por garantizar las especificaciones técnicas estipuladas en el proyecto constructivo.

La compactación deberá avanzar gradualmente, en las tangentes, desde los bordes hacia el centro y en las curvas desde el borde interior al exterior, paralelamente al eje de la carretera y traslapando uniformemente la mitad del ancho de la pasada anterior.

El procedimiento continuará alternadamente hasta lograr una densidad que cumpla con la del proctor T-180 o T-99, según la especificación, en todo el espesor de la capa.

❖ Recepción de la capa de base

Como último punto en la construcción de esta capa, se encuentra la liberación de la misma, la cual deberá rigurosamente cumplir con lo establecido en las especificaciones técnicas de construcción del proyecto, como lo son:

- El grado de compactación de la capa base.
- El espesor de la capa base compactada.
- La calidad del material que cumpla con las especificaciones técnicas, realizadas por el laboratorio

- Verificación de los niveles de la superficie de base.

Para facilitar la liberación de la capa, en el transcurso de la construcción se deberá de llevar una supervisión, la cual deberá contar con un control muy estricto que garantice la calidad de construcción conforme a lo que establece el plano de construcción de la capa de base.

❖ **Riego de imprimación**

Esta fase en la construcción de una carretera es crucial, ya que la función del riego de imprimación es penetrar en la superficie de la base para cerrar todos los huecos que la capa pudiera tener, así como ayudar a que la superficie asfáltica se pueda adherir de una mejor forma, este riego debe cubrir en su totalidad a la capa de base para garantizar una mayor calidad de ligazón al momento de la construcción de la carpeta asfáltica.

❖ **Material estabilizado para capas de pavimento**

El suelo estabilizado suele utilizarse cuando los materiales no cuentan con la resistencia de soporte que es necesaria para la construcción del pavimento.

Hay muchos agentes estabilizadores como lo son el cemento, la cal, emulsiones asfálticas etc., que al ser combinadas con el suelo maximizan las propiedades mecánicas y portantes. Para tener la certeza que las propiedades del suelo se potencien al máximo, dependerá que el laboratorio realice la mejor dosificación posible con el agente que fue seleccionado para la estabilización.

En lo general, las capas que fueron estabilizadas trabajan de la misma forma como si no lo estuvieran y su función primordial es la de transmitir y distribuir de manera eficiente todas las cargas que fueron producidas por el tránsito vehicular a las capas inferiores, ya que en la estructura de un pavimento no es permitido estabilizar una subrasante y dejar sin estabilizar la sub-base o la base; ya que a la capa que se le debe agregar el agente estabilizante es aquella que está más próxima a la superficie del pavimento, donde se generan los máximos esfuerzos causados por el tráfico vehicular, por lo cual, se pueden efectuar una de las bases siguientes:

- Agregar un agente estabilizante a la base, dejando en condición granular la sub-base y la subrasante.
- Agregar un agente estabilizante a la base y la sub-base, dejando en condición granular la subrasante.
- Agregar un agente estabilizante a la base, la sub-base y la subrasante.

❖ **Capa de subrasante estabilizada**

Por lo general, esta capa necesitará que le sean agregados agentes que ayuden a mejorar las propiedades, tanto mecánicas como portantes del suelo. La estabilización de esta capa será realizada in-situ con algún estabilizante como lo son el cemento, la cal o algún tipo

de emulsión asfáltica. La razón del porque en la mayoría de los casos es necesario emplear estos métodos es que los suelos con los que se realiza esta capa son suelos vírgenes que muy a menudo son inadecuados, ya sea por su granulometría o propiedades plásticas.

❖ **Mezclado y homogenización del material**

Se describirán los procedimientos de mezclado y homogenización con algunos agentes estabilizadores como lo son:

- **Dosificación del cemento:** El objetivo del proceso de dosificación es garantizar la mayor uniformidad al momento de colocar y distribuir todo el material que será utilizado, garantizando las porciones de cemento que fueron calculadas en el diseño de la mezcla por el laboratorio, pudiéndose utilizar cualquiera de los siguientes procedimientos como lo describe (Solano, Gabriel Enrique Bonett) en su libro del cual nos basaremos a continuación:
 - **Dosificación del cemento en sacos:** Muy empleada en obras donde no se cuenta con un equipo para realizar este proceso y consiste en colocar los sacos o bolsas de cemento de un peso determinado (generalmente de 50 kg) sobre la superficie de la capa de material suelto, a una distancia tal que corresponda a la dosificación determinada previamente en el diseño de mezcla. Posteriormente, los sacos se abren y el contenido es distribuido uniformemente sobre la superficie del material selecto. Esta actividad es realizada con personal entrenado y protegido, pues el proceso genera cantidades considerables de polvillo, el cual es nocivo en exposiciones largas de tiempo.
 - **Dosificación del cemento a granel:** Este proceso requiere de un equipo esparcidor, el cual puede ser mecánico o automático. El esparcidor mecánico puede ser cualquier vehículo con capacidad de almacenamiento de cemento, al cual se le adapta un esparcidor en la parte trasera. El esparcidor automático tiene un sistema que equilibra la velocidad del carro con la de un tornillo sinfín dispuesto en el cuarto de almacenamiento, el cual empuja el cemento hacia un rociador que tiene en su parte posterior y éste, a su vez, se encarga de homogenizar la caída del cemento. Este equipo ofrece una mayor confiabilidad que el equipo mecánico. La utilización de este método depende en gran medida de la disponibilidad del equipo.
- **Mezclado del suelo cemento:** Esta técnica es muy utilizada, ya que al realizar este método se puede garantizar la máxima compactación del suelo a su máxima densidad, al realizar una mezcla homogénea que se compone de suelo con el cemento y agua. Para garantizar que el trabajo a realizar cuente con la mayor eficiencia posible, es necesario cumplir con ciertas características como lo son; que el operador de la motoniveladora tenga la experiencia necesaria que garantice que la homogenización de la mezcla sea la adecuada, la cual debe estar en un intervalo de ± 2 % en la humedad óptima y es recomendable que este procedimiento sea realizado en proyecto pequeños por la complejidad del mismo.

- **Dosificación y mezclado del suelo-cal:** El proceso de mezclado del suelo-cal in-situ se realiza siguiendo los procedimientos que se detallan a continuación:
 - **Dosificación de la cal en sacos:** Este procedimiento es muy similar al realizado con cemento, pero en este caso se utilizarán bultos de cal, que generalmente, son de 25 kg y serán extendidos sobre la capa a trabajar de una forma manual y se dividirá en 2 etapas que se describen a continuación:
 - Colocación de los sacos en la superficie de la subrasante, según el cuadrulado efectuado con anterioridad a objeto de cumplir la dosificación establecida.
 - Apertura de los sacos y extendido de la cal con rastrillos.
- **Mezclado del suelo cal:** Consiste en mezclar la cal, una vez extendida con el material de subrasante a estabilizar conforme a la finura y homogeneidad requerida por la naturaleza de la labor a realizar. La estabilización por este método se realiza en la capa de subrasante y es recomendable realizarse en secciones relativamente cortos. Otra característica es que para garantizar la mayor calidad es realizar un gran número de pasadas con la motoniveladora para voltear el material dando como resultado una mayor uniformidad, este material debe contar con un rango en la humedad óptima de $\pm 2\%$.
- **Dosificación y mezclado del suelo emulsificado:** Para realizar este proceso, en primer lugar se recomienda que un laboratorio con reconocida experiencia en el proceso realice la dosificación más adecuada, el cual garantizará la calidad del proceso y como segundo punto, se buscará el mezclado y distribución con las maquinarias adecuadas de la emulsión asfáltica, con un grado de uniformidad muy alto.
- **Mezclado del suelo con emulsión asfáltica:** El proceso tiene como objetivo lograr un mezclado lo más adecuadamente posible del suelo con la emulsión asfáltica y el agua, para obtener una mezcla homogénea que pueda trabajarse y compactarse a su máxima densidad. Cuando se utilizan maquinarias como Motoniveladoras en un proceso de este tipo es rotundamente necesario contar con un operador calificado y con la experiencia necesaria que pueda garantizar que el material llegue a estar en un rango en la humedad óptima de $\pm 2\%$ y además al estar mezclado con la emulsión asfáltica alcance un máximo en el nivel de homogenización en el material. Esta operación se realiza dos o tres veces con tantas pasadas de la motoniveladora como sea necesarias. Los cortes del material con la motoniveladora deben conseguir que se realice la mezcla de componente mineral, agua y emulsión lo más uniformemente posible.

❖ **Proceso del riego de la imprimación**

Este proceso se realiza sobre la capa de base, siempre y cuando ya se encuentre 100% compactada, todo esto se hace para proporcionarle una protección a la superficie, el riego de imprimación es realizado con un material asfáltico y cuando las características de la obra así lo ameriten. Para garantizar las especificaciones técnicas del proyecto se podrá colocar agregado al material asfáltico.

El riego de imprimación es una aplicación de emulsiones asfálticas que cubren la capa de base. Tienen diversos propósitos:

- Ayudar a prevenir la posibilidad de que se desarrolle un plano de deslizamiento entre la capa de base y la capa superficial.
- Evitar que el material de base se desplace bajo las cargas de tránsito, durante la construcción antes de que se coloque la capa asfáltica.
- Protege la capa de base de la intemperie.
- Impermeabilizar la superficie.
- Cerrar los espacios capilares.
- Revertir y pegar sobre la superficie las partículas sueltas.
- Endurecer la superficie.
- Facilitar el mantenimiento.
- Promover la adherencia entre la superficie sobre la cual se coloca la primera capa de mezcla asfáltica sobre ella colocada.

❖ **Materiales empleados en la imprimación.**

Todo material que será utilizado para realizar el riego de imprimación deberá cumplir con lo especificado en la AASHTO M-82, otra de las característica que se deberá cumplir es que dependiendo de la textura de la superficie a imprimir se determinará el tipo de curado medio, ya sea MC-70 o MC-250. La dosificación que se deberá utilizar para la creación del material de imprimación, la cual deberá calcularse por un laboratorio especializado. Esta dosificación debe estar en un rango de 1.00 y 1.75 L/m², utilizando la que en las pruebas que se realizaron en el laboratorio puedan garantizar su absorción en un 100% en un pazo de 24 horas por el suelo.

Los intervalos en los que deberán estar los diferentes tipos de rebajaos posibles a utilizar en la temperatura para que puedan garantizar la máxima penetración recomendada en el proyecto.

(MC-70) de 54°C a 88°C, (MC-250) de 79°C a 113°C, o lo que indiquen los resultados de pruebas de viscosidad, tomando como limites los valores de 60 segundos y 15 segundos.

❖ **Condiciones meteorológicas.**

Este es un punto fundamental, ya que si no se llegara a respetar, el riego de imprimación podría tener graves afectaciones, las características que se deben cumplir para obtener los mejores resultados al momento de su aplicación son:

- 1.- No se podrá aplicar el riego de imprimación cuando haya riesgo de lluvia.
- 2.- Se aplicará el riego de imprimación solo cuando la temperatura a la sombra supere los 10 °C.
- 3.- La superficie en donde se aplicará el riego de imprimación debe estar razonablemente seco.

❖ **Factores que afectan una aplicación uniforme.**

- Temperatura de aspersión del asfalto

Para garantizar que el asfalto cuente con la temperatura ideal, los distribuidores de asfalto deberán contar con tanques térmicos para evitar la posible pérdida de calor y si la temperatura del asfalto disminuye, los distribuidores también contarán con equipo especial que puede elevar la temperatura del material a la ideal para su aplicación.

- Presión del líquido a lo largo de la barra de aspersión

Es necesario que en todo el desarrollo de la actividad se tenga en las tuberías de aplicación, una presión constante, es por esta razón que se usarán bombas con potencia independiente que garantizarían una presión continua en la totalidad de los ductos.

- Ángulo de aspersión

Antes de iniciar los trabajos de riego de imprimación es necesario establecer el ángulo de aspersión, que generalmente se encuentra en un ángulo de 15° y 30° tomando como referencia el eje horizontal.

- Velocidad del camión imprimador

No se tiene una velocidad establecida que deberá tener el camión al momento de realizar la actividad, pero esta velocidad se podrá establecer cuando la relación de aplicación y velocidad garantice la correcta aplicación del ligante.

- Altura de aspersión de los agujeros

Es necesario calcular la altura que tendrán los agujeros sobre la superficie en donde se aplicará, ya que dependiendo de esto se determinará el ancho de los flujos individuales.

❖ **Equipo utilizado para realizar la imprimación.**

El equipo para la imprimación estará compuesto por barredoras o sopladores mecánicos, montados sobre llantas neumáticas, escobillones de mano y distribuidora de material asfáltico a presión del tipo de autopropulsión. La distribuidora deberá tener llantas neumáticas, estar provistas de los controles y medidores necesarios en buenas condiciones de trabajo, además deberá estar diseñada, equipada, calibrada y ser operada de tal manera que sea capaz de distribuir el material asfáltico, con una variación que no exceda de 0.1 L/m² de superficie.

❖ **Riego del material asfáltico sobre la superficie.**

Para poder realizar el riego de imprimación la superficie debe contar con ciertas características:

- 1.- Se deberá quitar todo el material que se encuentra en estado suelto.
- 2.- Solo si es necesario se podrá rociar con agua las zonas que estén muy secas.
- 3.- Se podrá aplicar el riego de imprimación cuando la superficie de aplicación tenga la apariencia de estar seca.
- 4.- La aplicación del material se deberá realizar en las horas del día donde la temperatura sean las más altas posibles.
- 5.- La penetración del riego de imprimación estará en un intervalo de 8 a 10 mm, se podría considerar aceptable una penetración inferior, siempre y cuando la adherencia sea la adecuada.
- 7.- Terminando el riego la vía deberá cerrarse al tránsito 24 horas y si las condiciones obligan a abrirla la circulación del tránsito en un tiempo inferior a las 24 horas, la vía deberá protegerse con arena y no se podrá transitar en un plazo menor a 4 horas.

❖ **Mezcla asfáltica**

Es la última capa que es colocada en la construcción de un pavimento, la cual tiene la función principal de dar soporte al tránsito vehicular de manera cómoda y transmitir de forma eficiente las cargas ocasionadas por el tránsito a las capas inferiores.

Para tener los mejores resultados al momento de colocar esta capa es necesario tomar en cuenta dos factores externos que se convierten en decisivos para garantizar los mayores estándares de resultados, la temperatura y el tiempo de aplicación, implicando con esto la necesidad del conocimiento de la tecnología del material.

Las mezclas asfálticas se pueden fabricar en caliente o en frío, siendo más comunes las primeras, por lo que se enfocará el estudio hacia las mezclas asfálticas en caliente.

❖ **Proceso constructivo.**

La mezcla asfáltica en caliente es sin duda la más utilizada para la construcción de un pavimento del tipo flexible, este tipo de asfalto se realiza en plantas industriales especializadas, en donde los agregados son combinados, calentados, secados y mezclados con cemento asfálticos para producir una mezcla asfáltica en caliente.

La fabricación en planta del asfalto se puede dividir en dos métodos continuos y discontinuos, el primero de ellos cuenta con las siguientes etapas continuas como lo son la dosificación del agregado, homogenización, secado, elevación y almacenamiento, en el caso del discontinuo como su nombre lo dice, no es un proceso obligadamente secuencial y continuo, el cual puede componerse de la combinación de los materiales, secado y el mezclado con el cemento asfáltico para producir una mezcla en caliente.

❖ **Transporte.**

El acarreo del material a la obra se realiza generalmente en camiones de volteo, los cuales, para realizar esta actividad con la mayor eficiencia posible deben cumplir con ciertas características como son:

- 1.-El interior de la caja debe cubrirse con un producto que impida la adherencia sin alterar la composición química del mismo.
- 2.-Cuando la mezcla ya es colocada en la caja se debe cubrir con lonas para evitar pérdida de temperatura.
- 3.- Cuando se tiene el material en la obra, se debe verificar la temperatura antes de que sea vertida en la Finisher.

Una de las formas de identificar algunas de las características del material, al momento de su llegada a la obra, es que personal calificado realice una inspección visual del cemento asfáltico, la cual podrá identificar ciertas deficiencias como son:

- Humo azul: El humo azul que asciende de la mezcla del camión puede ser un indicador de que se ha sobrecalentado la mezcla.
- Apariencia dura: Una carga que aparezca dura o presente un pico alto puede estar fría para cumplir con especificaciones.
- Apariencia opaca y magra: Una mezcla con estas características puede contener muy poco asfalto o contener un exceso de fino

- Vapor ascendente: Esta es una característica del material cuando se tiene un exceso de agua.
- Segregación: La segregación de agregados puede ocurrir durante la pavimentación debido a un manejo inadecuado de la mezcla o puede ocurrir antes de que la mezcla llegue a la finisher.

❖ **Extensión.**

La extensión de la mezcla asfáltica es una de las etapas finales en la construcción del pavimento y es considerada fundamental, ya que la correcta ejecución garantizaría una mayor calidad al momento de su compactación definitiva.

Para garantizar una extensión de la mezcla en la totalidad de la vía, es necesario utilizar maquinaria especializada como son las autopropulsadas, las cuales generan en la vía una pre-compactación a lo ancho y genera un espesor que servirá como base en la siguiente etapa de construcción.

Se ha demostrado que si la mezcla al momento de ser extendida conserva una temperatura uniforme y su densificación es homogénea, el nivel en relación a la caída se eleva muchísimo si estas condiciones no se pueden mantener al momento de la ejecución del procedimiento.

❖ **Compactación.**

En el proceso de compactación la capa de rodamiento obtendrá la resistencia total que puede alcanzar la mezcla y se establece la lisura y textura de la carpeta.

Al ser la compactación la fase última de la construcción del pavimento, lo que se busca generar es cerrar todos los espacios por donde pueda penetrar el agua y el aire, pudiendo causar efectos adversos como capilaridad, desprendimiento o envejecimiento.

- La compactación de la mezcla asfáltica se realiza en tres fases:
 - Compactación inicial: Es la primera fase donde se darán las primeras pasadas al material recién colocado, es necesario utilizar compactadores estáticos o vibradores para un mayor resultado.
 - Compactación intermedia: Es fundamental que esta fase de la compactación se realice antes del enfriamiento de la mezcla, la cual garantizaría la mayor densidad e impermeabilidad que se requieren según el proyecto.
 - Compactación final: El tiempo es fundamental en esta fase, ya que aquí se eliminará cualquier imperfección que podría haberse producido en las etapas anteriores y es necesario que la mezcla este todavía lo suficientemente caliente.

- **Parámetros de calidad de compactación:** Como se menciona anteriormente, el nivel en la calidad que podrá obtener el pavimento depende en gran parte del éxito obtenido en la etapa de compactación. Al haber realizado todos los pasos para construir el pavimento, la supervisión podrá aprobar o no la carpeta terminada tomando en consideración tres criterios:
 - **Textura superficial:** Los defectos que aparezcan durante la compactación y que no puedan ser corregidos con pasadas adicionales, se deben remplazar con mezcla caliente fresca antes de que la temperatura de la carpeta que esté alrededor, baje hasta un punto que no sea trabajable.
 - **Tolerancia de la superficie:** Las variaciones en la carpeta no deberán exceder 6 mm bajo una regla de 3 mm colocada perpendicularmente a la línea central y 3 mm cuando sea colocada paralelamente a la línea central.
 - **Densidad:** Se deben hacer pruebas de densidad para determinar la efectividad de la compactación. Estas pruebas se pueden hacer removiendo un núcleo ya terminado y analizándolo en laboratorio o utilizando un densímetro de núcleos, que mide la densidad directamente sobre la superficie del pavimento. La densidad debe ser mínima de 98% de la densidad media obtenida en laboratorio, que es la densidad de referencia.

I.5 PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO

La construcción de un pavimento rígido, tiene la peculiaridad que sus fases se pueden realizar de una forma separada y con un alto grado de precisión, como hace referencia José Hayasaka Reyes y Fernando Peñafiel Solo en su libro “Pavimento de concreto hidráulico en carreteras, 1996”, del cual se basará en gran parte para la descripción de las diferentes etapas de construcción de este tipo de carreteras, así como las maquinarias que se utilizarán para cada etapa, las cuales se detallan a continuación.

❖ **Construcción y acabado de la subrasante.**

Se debe garantizar la durabilidad y la correcta distribución de las cargas producidas por el tránsito vehicular, ya que la capa de subrasante tiene como función la de proporcionarle un apoyo uniforme a la capa de rodadura de concreto en su estado terminado y además la vida útil de la capa de subrasante debe ser superior a la capa de rodamiento.

Es común que al momento de la construcción de la capa de subrasante se presenten varios problemas que pueden retrasar la construcción del mismo como son:

- 1.- Los suelos presentan una resistencia inadecuada al corte.
- 2.- Suelos con un alto contenido orgánico.

3.- Suelos con alteraciones frecuentes en su volumen.

4.- Suelos alcalinos.

5.- Suelos con un mal drenaje.

Si el sitio de construcción presenta algunas de estas problemáticas es necesario que el ingeniero residente tome medidas correctivas, ya que de no hacerlo el concreto que forma parte de la capa de rodamiento podría ser inestable y sufrir graves daños.

Unas de las alternativas que pueden ser empleadas para mejorar la calidad del suelo al momento de la construcción de la capa de subrasante son:

1.- La colocación de una capa de suelo extraída de otro sitio que será colocada por encima de la ya existente.

2.- Estabilizar el suelo existente con algún agente estabilizador, ya sea cemento portland, materiales asfálticos o materiales granulares.

Por otro lado, así como pueden existir suelos inadecuados como los antes mencionados, en particulares casos, el suelo puede presentar condiciones que faciliten la construcción de la capa de subrasante, el cual solo requerirá de la compactación y de un drenaje adecuado antes de ser colocada la siguiente capa para la formación del pavimento.

Es esencial que la capa de subrasante cuente con un acabado final adecuado y con lo que se establece en las especificaciones del proyecto. En la actualidad, se usan las niveladoras finas de control eléctrico para esta operación. Esta máquina opera teniendo como guía un alambre tensado. El corte se realiza por medio de unas hojas cortadoras colocadas en un tambor giratorio. En algunos casos, el corte de la subrasante va acompañado de una compactación final con rodillos lisos. En general, en esta etapa se utiliza una plantilla ralladora para verificar el acabado final de la subrasante.

❖ **Construcción y acabado de la sub-base.**

Cuando se está construyendo un pavimento de tipo rígido y se llega a la etapa de la construcción de la capa de sub-base, es necesario analizar si es indispensable la construcción de esta capa o si se puede utilizar alternativas menos costosas, pero al mismo tiempo cumpliendo las necesidades que se recomiendan en las especificaciones del proyecto para la construcción del pavimento.

Tomando como referencia que la función principal de la capa de sub-base es la de evitar o prevenir el bombeo, así mismo existen alternativas como sub-base no tratada, sub-base tratadas con cemento, sub-base de concreto pobre, sub-base permeables, todas estas alternativas son más económicas que realizar una sub-base tradicional. Algunas de las características que deben cumplir cualquiera de las alternativas ya mencionadas es que al momento de su compactación deben de alcanzar un alto grado de densidad, estabilidad y un drenaje adecuado.

1.- La capa de sub-base no tratada: La característica principal es su versatilidad en la variedad que tendrán los materiales que se podrán emplear, ya que su granulometría permite que con el equipo de compactación se alcance un alto grado de uniformidad y estabilidad.

Se debe tomar en cuenta que uno de los efectos negativos al momento de utilizar materiales granulares en la construcción de una capa de sub-base es el reacomodo que podrían tener al aplicarle una cierta vibración que es ocasionada por el paso vehicular, para garantizar que esto no pase es necesario compactar la sub-base con un peso volumétrico muy elevado.

Los espesores recomendables para la sub-base se encuentran en el intervalo de 10 a 15 cm, los cuales son especificados en proyecto comunes de pavimentos y como mínimo para garantizar el bombeo se podría utilizar de 5 a 7.5 cm de espesor.

2.- Capa de sub-base tratada con cemento: Las ventajas más notables al realizar la capa de sub-base por este método es que a pesar de que son tratadas con cemento es la que menos cemento utiliza en el proceso a comparación de los otros métodos y al momento de ser comparadas con el método de construcción de la sub-base no tratada tiene una consistencia mucho más seca.

La característica en lo que compete a la construcción de la capa de sub-base tratada con cemento es que existen dos métodos, los cuales son el mezclado en el lugar o en una planta. El proceso de construcción en el lugar consiste en colocar la cantidad adecuada de cemento con una maquinaria extendedora, habiendo realizado esto es necesario mezclar el material realizando varias pasadas o bien se puede utilizar un tipo de maquinaria especial que ejecuta todo el proceso en una sola pasada, cuando se realiza este mismo método pero utilizando una planta, el material se transporta a la obra por medio de camiones de volteo y se utilizan extendedoras mecánicas para terminar el proceso en campo.

El objetivo consiste en alcanzar el nivel y la corona del proyecto con un grado de precisión alto. Una vez concluidas las operaciones de acabado se aplicará a la capa de sub-base una rociada ligera de nebulizado de agua y se aplica un material de curado asfáltico, siempre y cuando la humedad superficial que se pierda a través de la evaporación durante el proceso del acabado lo amerite y deberá ser reemplazado.

3.- Capa de sub-base de concreto pobre: Este método es igual que el proceso constructivo que se utiliza en una sub-base tratada con cemento, teniendo ciertas diferencias como la utilización de un mayor volumen de agua y cemento, una característica más de este proceso es que se realiza con el mismo equipo y maquinaria que son utilizadas en cualquier pavimento normal de concreto, las diferencias más relevantes son:

- El sistema de juntas.
- El tratamiento de la superficie de la sub-base de concreto pobre.

Al decidir utilizar este procedimiento es necesario tener en cuenta que no se considera necesaria la instalación de juntas en la sub-base de concreto pobre. Aunque se presenten

grietas por contracción, la experiencia ha demostrado, que las grietas generalmente no se reflejan en la superficie de concreto, se recomienda usar el tratamiento entre capas, que consiste en dejar la superficie del concreto pobre sin texturizar, a fin de evitar la adherencia mecánica a la superficie de concreto y además, se debe aplicar un compuesto de curado con base en cera como antiadherente. Se aplica inmediatamente una capa como curada y otra poco antes de que se coloque el recubrimiento de concreto.

4.- Capa sub-base permeable: El proceso constructivo se inicia perfilando el material permeable de la sub-base con maquinaria autopropulsada con una tolva adaptada o bien con una pavimentadora, una manera alterna para realizar lo antes descrito es colocando el material con camiones, extenderlo con una cuchilla e inmediatamente enrazarlo y darle la sección transversal con una maquina perfiladora.

Existen dos métodos muy reconocidos para realizar el curado de este tipo de capas que son tratadas con cemento, la primera de ellas es rociarla con agua varias veces al día y una segunda opción es cubrir la capa con hojas de polietileno durante 3 a 5 días, con esto se podrá garantizar que no se presenten fisuras.

Los pavimentos se pueden construir de dos formas con o sin bombeo, la primer gran diferencia es que el pavimento que si cuenta con bombeo transversal cuenta con drenes en la orilla a todo lo largo del pavimento, disminuyendo con esto el tiempo que tardaría la capa de sub-base en poder drenarse, en contra parte los pavimentos que no cuentan con bombeo solo cuenta con un dren en el lado de la elevación reduciendo sustancialmente el costo de la construcción.

En algunos casos el bombeo interno de la zanja se localiza directamente debajo de la junta de acotamiento del pavimento; sin embargo, el método preferido consiste en colocar la zanja a una distancia de 60 a 90 cm para evitar problemas de asentamientos o aplastamientos del tubo del drenaje al paso del equipo de construcción. En algunos casos, se extiende la sub-base permeable por debajo del acotamiento y el dren lateral se coloca en la parte exterior del bombeo del mismo.

Una recomendación habitual que se realiza es cuando se deja la capa de sub-base expuesta a la intemperie como parte del talud de la zanja del drenaje, ocasionado con esto que la maleza crezca pudiendo obstruirse, en estos casos se recomienda la instalación de drenajes laterales que deberán estar separados en un intervalo de 90 a 150 m para garantizar un drenaje óptimo.

El espesor de la sub-base permeable varía entre 7.5 y 15 cm, siendo el más común el de 10 cm. El espesor de 10 cm para sub-base permeables se considera el más adecuado para pavimentos de carreteras.

Cuando se llega a la etapa de compactación de la capa de sub-base, se recomienda utilizar los métodos tradicionales, para materiales sin tratar y los trabajos con asfaltos se usan de 1 a 3 pasadas con compactador de rodillo liso de 4 a 10 toneladas en la modalidad estática. Los materiales con cemento se compactan de la misma manera o mediante el uso de placas o enrazadoras vibratorias.

❖ **Dosificación de agregados y cemento.**

La etapa de dosificación para realizar la mezcla ideal de concreto, se iniciará seleccionando los bancos de materiales pétreos (arena y grava), para garantizar que los agregados a utilizar sean los idóneos, tanto estructural como económicamente, es necesario realizar exploraciones cercanas a la obra de los probables bancos que se podrían utilizar, estos pueden ser depósitos de materiales aglomerados o conglomerados o rocas y de tipo playones de río o arroyos de los cuales el laboratorio deberá realizar las pruebas de clasificación necesaria.

Habiendo seleccionado previamente los agregados a utilizar, es necesario elegir el tipo y marca de cemento portland idóneos, así como los aditivos a utilizar, teniendo todos los materiales, el laboratorio se encargará de realizar la dosificación más adecuada, garantizando con esto, que el concreto alcance las mayores características como la resistencia.

Una de las características que se tendría si los agregados a utilizar son conglomerados o rocas, es el uso de explosivos para poder realizar su extracción del banco, habiendo hecho esto al material se le aplicara tratamientos previos como lo son el cribado, el lavado y el triturado. Como último paso es necesario transportar el material extraído al lugar de mezclado, que puede ser a una planta dosificadora o en ocasiones a la obra utilizando mezcladoras portátiles con capacidad de 1 a 3 sacos.

A lo largo de la historia la evolución en la forma de producción del concreto ha sido notable, en tiempos no tan lejanos en la mayoría de las obras se prefería que el agregado y el cemento fueran mezclados y dosificados en seco a una distancia conveniente de la obra, la cual era transportada a la obra y mezclada con agua in-situ, llegando a ocasionar retrasos y algunas alteraciones a la dosificación calculada. En la actualidad esto ha cambiado mucho en la mayoría de las obras de proyectos de este tipo, se decide que el concreto sea dosificado en planta garantizando en su mayoría la calidad del mismo, agregado a lo anterior el concreto fresco tiene un límite de entrega de la planta a la obra evitando los retrasos que se pudieran tener.

❖ **Mezclado y colocación del concreto hidráulico**

Como se ha mencionado anteriormente, en este documento la evolución que ha tenido la producción de concreto, en la actualidad los proyectos de grandes proporciones como la construcción de una carretera, se dosifica y se mezclan todos los ingredientes en una planta para poder garantizar las características del concreto según proyecto.

Existen diferentes tipos de plantas de producción de concreto. Un claro ejemplo son las plantas ubicadas en áreas urbanas las cuales tienen como característica en su mayoría de ser estacionarias las cuales tienen la peculiaridad de producir mezclas muy variadas para diferentes fines, las plantas viajeras o semitransportables tienen la característica de ser transportadas de un sitio a otro de una manera fácil y su nivel de producción está rondando las 500 yardas cúbicas por hora con un mezclador único.

Toda planta de producción de concreto, será capaz de producir y suministrar el concreto ininterrumpidamente a la alimentación de la pavimentadora y el cual no podrá ser inferior a 60 m/h de avance en el colado.

Actualmente, casi todas las plantas modernas de concreto son automatizadas y equipadas con sistemas de registros. Un solo operador, en un tablero de control ejecuta los pasos simples que controlan todas las funciones de carga, mezcla y descarga. La proporción de los ingredientes pueden controlarse con discos selectores, cintas o grupos de clavijas preestablecidas. El sistema de control incorpora un sensor automático de la humedad en el agregado fino; los ajustes en la cantidad de las proporciones, para corrección, por los cambios en la humedad, se hacen en forma automática. Una planta también puede estar equipada con un medidor de revenimiento, el cual mide la corriente requerida para que gire la mezcladora; el medidor está calibrado con pruebas de revenimiento y da una certificación inmediata sobre la consistencia del concreto.

Las plantas permanentes tienen sistemas de control más elaborados que perciben y gobiernan el flujo de todos los materiales desde las pilas de material, pasando por las plantas, hasta la descarga del concreto; con relativa frecuencia se despachan los camiones con la mezcla lista por medio de un radio que se localiza en una ubicación central.

Tomando lo anterior como base, dependiendo de las características del proyecto y de la zona en donde se ubicará, se podrá elegir de una planta de concreto continua o una discontinua.

De acuerdo con las normas de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.), las plantas deberán contar con los siguientes dispositivos que permitan satisfacer los siguientes aspectos operativos.

- El cemento se pesará en una báscula independiente a la utilizada para los agregados. Los mecanismos de carga y descarga deberán disponer de dispositivos de seguridad que impidan el cierre o apertura antes de que se obtenga el peso correcto del cemento, el cual no debe diferir en un intervalo de $\pm 1\%$ del especificado. El recipiente que contenga el cemento debe ser a prueba de agua.
- Los agregados podrán dosificarse mediante pesas acumuladas en una sola tolva, o mediante pesas en tolvas independientes para cada fracción. En todos los casos, se deberá contar con dispositivos de seguridad que impidan el cierre o apertura antes de que se obtenga el peso correcto individual o acumulado de los agregados, el cual no debe diferir en un intervalo de $\pm 1\%$ del peso acumulado o en promedio $\pm 2\%$ del peso individual de cada fracción. De igual manera, los dispositivos deberán impedir que se inicie una nueva dosificación hasta que las tolvas de pesado estén vacías, las compuertas de descarga cerradas y los indicadores de las basculas se encuentren en cero, con una tolerancia de $\pm 0.3\%$ de su capacidad total. Los mandos del dosificador

deberán estar en un compartimiento accesible y que puedan ser cerrados con llave.

- El agua se dosifica en peso o volumen, con una tolerancia de $\pm 1\%$ de la cantidad total requerida.
- Los aditivos en polvo se dosificarán en peso y los que estén en forma de líquido o pasta, en peso o volumen, con una tolerancia de $\pm 3\%$. Los recipientes que contengan los aditivos deben ser a prueba de agua.

Un aspecto crucial es el acarreo del concreto en estado fresco de la planta a la obra, para lo cual se debe de hacer un estudio en donde se pueda trazar la ruta de entrega, el cual pueda garantizar un suministro constante, en cualquiera de los casos no podrá ser menor que la correspondiente a una velocidad de avance de la pavimentadora de 60 m/h.

Tomando como referencia la descripción dada en el libro “Pavimento de concreto hidráulico en carreteras, 1996” de los autores José Hayasaka Reyes y Fernando Peñafiel Solo, los transportes más usados para el acarreo de concreto con capacidad de cuatro metro cúbicos o más:

- Camiones no agitadores, con caja o tina estanca y con equipo para levantarla para su descarga. Este tipo de unidad es adecuado para transportar concretos secos o de bajo revenimiento, en trayectos cortos y en caminos en buen estado. En el caso del concreto compactado con rodillo, el tiempo de transporte no será mayor de 15 minutos.
- Camiones con sistemas de agitación y equipo de elevación para su descarga. Estos vehículos pueden transportar concreto cuyos revenimientos estén dentro de los valores límites de manejabilidad, y a una distancia cuyo tiempo de recorrido permita su descarga en la obra en un lapso máximo de 1.5 horas.
- Camiones revolvedores o mezclador. Con este equipo se puede prescindir del mezclado en plantas centrales y sólo se requiere una planta dosificadora, tiene como limitación que el revenimiento debe ser superior a seis centímetros, para que no se dificulte la descarga del concreto. Sin embargo, existen equipos diseñados especialmente para descargar concretos con revenimientos inferiores. Al igual que en los camiones con sistema de agitación, la distancia de acarreo está gobernada por el requisito de que pueda descargarse el concreto en la obra en un período máximo de uno punto cinco horas.

Existen las siguientes modalidades para el empleo de este tipo de camiones:

- Transportar los componentes mezclándolos en seco y en la obra agregar el agua y volver a mezclar antes de la descarga.
- Transportar y completar durante el traslado el mezclado del concreto, parcialmente mezclado en planta.
- Transportar a velocidad de agitación el concreto dosificado y mezclado en planta.

En resumen, los equipos más eficaces para realizar trabajos con cimbras deslizantes, son los camiones con caja fija y expulsor hidráulico, los cuales cuenta con una velocidad de descarga controlada.

❖ **Extendido y acabado del concreto hidráulico**

Se está comenzando en las últimas etapas de la construcción de un pavimento rígido, el extendido del concreto hidráulico y el acabado se pueden realizar por varios métodos diferentes.

La evolución de este proceso a medida de que avanza la tecnología y las exigencias de un proyecto carretero, han hecho que el uso de una pavimentadora de cubeta y aguilón con cimbras laterales ya no sean utilizadas en la actualidad, al ser métodos que requieren mucho tiempo para su realización, hoy en día se utilizan pavimentadoras con cimbras deslizantes, los cuales suelen ser usados casi exclusivamente para este tipo de proyectos.

Las ventajas de utilizar cimbras deslizantes en la construcción de un pavimento rígido son:

- 1.- Solo es necesario el operador de la maquinaria para realizar el trabajo.
- 2.- Se reducen los trabajos de acabado hecho a mano.
- 3.- El nivel de uniformidad que presenta el pavimento es de muy alta calidad.

En la actualidad las pavimentadoras de cimbras deslizantes, se pueden encontrar en diferentes modelos, las cuales pueden variar en detalle de diseño y operación, aunque resaltando que todas operan con el mismo principio. Cada una de las máquinas cuenta con un sistema de conducción electrónico que opera teniendo como grúa un alambre para mantener la línea y el nivel.

El proceso de extendido se inicia colocando el concreto sobre la sub- base, por delante de la pavimentadora y se extiende a un espesor razonablemente uniforme, después, se quita el exceso con una barra oscilante. Entonces, se somete el concreto a una vibración en gran

escala y se le fuerza a pasar a través del espacio comprendido entre las cimbras laterales desplazables, que son parte de la pavimentadora, de la sub-base, y de una viga (o vigas) transversal en la parte posterior de la máquina. La viga forma la superficie de la losa y se puede ajustar para que de la sección deseada. Algunas máquinas de este tipo tiene cimbras laterales colgantes de longitud variable detrás de la máquina para confinar el concreto fresco, en tanto que la maquina se mueve en forma lenta hacia adelante; algunas otras máquinas no cuentan con este tipo de cimbras. Para obtener resultados favorables es esencial tener un control cuidadoso de la consistencia (un revenimiento común de 2.5 a 4 cm) y del contenido del aire atrapado.

Uno de los puntos al tener en cuenta es en la separación del acero de refuerzo, el cual si no se realiza conforme a proyecto puede generar complicaciones al momento de la colocación del concreto.

El concreto se puede transportar sobre el camino existente y colocarse directamente sobre la actual superficie enfrente de la pavimentadora. Cuando se usen canastillas de pasa juntas, puede que sea necesario contar con un camino de acceso lateral para permitir que las canastillas se coloquen antes del paso de la pavimentadora. Si no resulta practico un camino lateral, las canastillas se pueden colocar en su sitio después de haberse descargado el concreto de los camiones. Con el equipo de inserción de la pasa junta se despeja toda la superficie del camino por delante de la pavimentadora de cimbra deslizante para facilitar la entrega del concreto.

Por lo regular, durante las operaciones de acabado se verifica el pavimento con un escantillón largo de aluminio, acero o madera, y se corrige cualquier irregularidad.

Como se mencionó anteriormente, el trabajo que es realizado al darle el acabo es mínimo, ya que al utilizar maquinaria con cimbras deslizantes le genera al pavimento un acabado preliminar.

El acabado final en la superficie se logra por medio del movimiento transversal de una banda, por barrido, la cual se arrastra sobre la superficie. En la actualidad, es común el uso de las escobas mecánicas. El acabado por el arrastre se obtiene jalando una en sentido longitudinal a lo largo del pavimento, produciendo así una superficie con canaladura poco profundas. A las juntas y aristas se les puede dar un acabado final. Por lo general, se hace con herramientas de mano, mientras los obreros trabajan sobre puentes, según las especificaciones.

Es necesario que el pavimento ya cuando se encuentra fraguado deberá ser revisado para buscar cualquier irregularidad que pudiera tener, aquellas imperfecciones que podría ser aceptables serian hasta de 1/8 de pulgada en la superficie y aquellos defectos mayores podrán corregirse con un esmeril.

El equipo para la instalación automática de juntas, deberá tener un dispositivo que señale automáticamente la posición de las pasa juntas, con el de verificar que las barras queden centradas en las losas, con una tolerancia máxima de 50 mm, de acuerdo con las normas de la S.C.T. (Manual IX Pavimentos Rígidos). También se dispondrá de un enrazado

Una de las características desfavorables que se pueden presentar en una carretera en específico una de alta velocidad, es la existencia de tramos muy sinuoso, para los cuales es necesario mayor resistencia al derrape, en los cuales se pueden utilizar maquinaria con sierra de disco de diamante, con algún dispositivo que controle la separación y profundidad del corte, como se ve en la tabla:

TIPO DE USO	ESPACIAMIENTO (mm)	PROFUNDIDAD EN (mm)	ANCHO DEL CONCRETO EN (mm)
CARRETERAS	13 a 25	6.4	3.2
AEROPISTAS	29 a 51	6.4	6.4

Basándose en lo dicho por José Hayasaka Reyes y Fernando Peñafiel Solo hacen mención de otras formas de texturizado, los cuales son:

- El texturizado por la incrustación de agregados de graduación controlada y resistente al pulir sobre la superficie terminada del concreto fresco.
- El texturizado por el denudado mecánico, que consiste en deslavar el mortero superficial dejando los agregados expuestos.
- Otra forma de obtener una textura superficial adecuada, consiste en golpear la superficie del concreto endurecido con objetos duros, como un chorro de granalla, consistente en esferas de acero con diámetros de 0.8 a 1.4 mm.
- El texturizado por el procedimiento de denudación química.
- Por medio del procedimiento de drenado se podrá corregir defectos de acabado superficial como salientes, escalonamientos entre juntas, etc.

Una de las formas de medir la rugosidad del pavimento, es el uso de perfilómetros o indicadores de rugosidad, los cuales determinan las variaciones que podría tener la vía, la manera más habitual de expresar la rugosidad es en pulgadas por milla.

❖ Curado de la losa de concreto hidráulico

Todo pavimento construido con concreto hidráulico necesita un proceso de curado en el cual se deben establecer y respetar con precisión las indicaciones del proceso, las cuales nos dirán el tiempo de curado y el tipo de procedimiento al que será sometido el pavimento. La necesidad de este procedimiento es para que el concreto tenga un fraguado de una manera adecuada evitando cualquier alteración del concreto.

El procedimiento de curado tiene por objeto prevenir la pérdida desproporcionada de humedad en el pavimento, pudiendo ocasionar agrietamiento al pavimento por contracción del mismo. Es estrictamente necesario que al terminar los trabajos de texturizado se inicie la

aplicación de un compuesto que inicie la etapa de curado previniendo las afectaciones antes mencionadas.

Basado en los estudios realizados, se recomienda, que el curado sea realizado en las primeras horas de la colocación del concreto ya que de no hacerse de esa manera el pavimento tiende a perder resistencia a casusa de la temperatura y la perdida de humedad inadecuada, ya que la resistencia que se pierde no se podrá recuperar. Una de las características de los pavimentos que son curados en tiempo y forma es que por lo general alcanzan resistencias altas, que a su vez se traduce en una resistencia mayor al intemperismo.

En la actualidad existen diversos métodos de curado, los cuales son válidos para ser utilizados en los proyectos carreteros de pavimento rígido, ya que al ser bien empleados en tiempo y forma se tendrían muy buenos resultados. Tendiendo como referencia la descripción de algunos métodos de curado del libro “Pavimento de concreto hidráulico en carreteras, 1996” de los autores José Hayasaka Reyes y Fernando Peñafiel Solo.

- **Capa molecular:** Los productos empelados para este fin, se rocían sobre la superficie del concreto, para formar una membrana que retardada la evaporación en condiciones de secado adverso en climas cálidos. La aplicación de dichos productos debe hacerse cuando la superficie de concreto aún tiene agua y conserva su brillo superficial.
- **Mantas afelpadas de algodón:** Éstas deben cubrir completamente la superficie y los costados del pavimento. Antes de colocarlas, deberán sobresaturarse con agua y podrán colocarse hasta que la superficie haya alcanzado la dureza superficial, para evitar que se peguen a ella. Se deben mantener húmedas y en su posición. En tanto se coloquen las mantas, la superficie se mantendrá húmeda aplicando agua en forma de neblina.
- **Papel impermeable:** Tan pronto como el concreto alcance la consistencia necesaria para evitar que el papel se adhiera a su superficie, el pavimento debe ser totalmente cubierto con el papel impermeable. Debe colocarse sobre la superficie húmeda y en caso de que ésta se encuentre seca, se debe humedecer con un riego de agua atomizada sin causarle daño. Las tiras de papel, deben ser lo suficientemente anchas para poder proporcionar traslapes, de por lo menos 30 centímetros y para cubrir los costados después de que se remuevan las cimbras, debiendo mantenerse en estrecho contacto con toda la superficie del pavimento, incluyendo los costados, durante el período de curado.
- **Tiras de polietileno:** Deben colocarse cuando la superficie del concreto esta húmeda; si esta seca se debe humedecer previamente con un riego de agua automatizada. Deben ser lo suficientemente grandes para cubrir el pavimento totalmente, con traslapes, de por lo menos cuarenta y cinco centímetros. El espesor mínimo recomendado para polietileno es de un centímetro. Para evitar que el viento levante el polietileno deberá fijarse con clavos, además de ser

lastrado para que este en contacto con la superficie del pavimento, durante el período de curado.

- **Compuestos líquidos que forman membranas de curado:** Este procedimiento de curado es el más común y se aplica inmediatamente después de que la película de agua ha desaparecido de la superficie del pavimento, o antes si las condiciones ambientales son adversas. Deberá cubrirse la superficie uniformemente con el compuesto líquido para membranas de curado, mediante un procedimiento adecuado de aspersión, que lo aplique a razón de un litro por cada tres metros cuadrados de superficie o bien, la recomendación por el fabricante aprobada por el supervisor.

Se deben tomar medidas especiales durante las épocas de calor, de frío o de lluvia.

Es necesario tomar medidas al momento de realizar el proceso de curado, en primero lugar restringir el tránsito tanto al público como el de los operadores de maquinaria de la obra. El tiempo total de curado según lo indicado, el período debe transcurrir antes de abrir el pavimento al tránsito, que estará en un intervalo de 7 a 14 días. Para evitar que el pavimento pueda ser usado antes de tiempo es necesario el uso de señales luminosas de advertencia, bandereros y barracas.

Por lo general, cuando el pavimento es abierto al tránsito, se basará para tomar la decisión cuando se alcance una resistencia mínima que pueda garantizar que el pavimento no sufriría daños por el tránsito vehicular y no podrá ser tomada la decisión de abrir la vialidad tomando como base un período arbitrario de tiempo.

❖ **Aserrado y sellado de juntas**

Cuando se realizan construcciones en las que existen pavimentaciones de grandes extensiones, es necesario realizar cortes de juntas transversales y en ocasiones cortes de juntas longitudinales.

Para realizar esta actividad se pueden utilizar cortadoras de concreto autopropulsadas o cortadoras de hojas múltiples, las cuales van soportadas directamente sobre el pavimento, esta herramienta es del tipo manual. La evolución que ha tenido este proceso, se ha optado por el uso de jutas de paso bajo, las cuales tienen una ranura más ancha en la superficie y son realizadas por dos o más cortadoras operadas en tándem. Claro está que todas las juntas que fueron realizadas deberán ser rellenas y selladas, las características de las ranuras hechas en su mayoría indicaran el material equipo y lineamientos de ejecución para su sellado.

Es importante resaltar que el período para desarrollar esta actividad estará en un intervalo de 4 a 24 horas después de haber realizado el texturizado al pavimento, esto ayudará a que cuando se realiza el corte no haya desprendimientos de concreto a los lados de la sierra de corte.

El equipo necesario para efectuar el aserrado de las losas de concreto es el siguiente:

- Sierras especiales para corte de concreto, con una potencia mínima de 30 caballos, en número suficiente para seguir el ritmo de la construcción, teniendo una de reserva.
- Las sierras deben estar provistas de discos abrasivos reforzados o de metal con punta de diamante, con el espesor apropiado para ejecutar los cortes con el ancho indicado con el proyecto.

Luego de aserrado, se deberá sellar lo más pronto posible las ranuras, para evitar que entren en ellas partículas extrañas que puedan provocar concentraciones de esfuerzo y posibles depostillamientos de las orillas de las losas.

Por tal motivo, es necesario proceder al sellado de las juntas, con materiales y productos que eviten la entrada de agua y de materiales incomprensibles.

Existen dos clases de materiales que se pueden utilizar para el sellado y relleno de las juntas:

1.- Materiales líquidos: Tienen la característica de que pueden ser o no calentados y sus resultados dependerán en la capacidad de poder adherirse a las caras de las juntas en un largo plazo de tiempo.

2.- Materiales preformados: Tienen la característica de aplicar una presión lateral en toda la sección de la junta a un largo plazo de tiempo.

La elección de algunos de estos materiales para poder ser utilizados en el sello y relleno de juntas dependerá de factores como es el costo, el tipo de juntas, etc., sin duda el mayor requerimiento a cumplir es el nivel de calidad mínimo que se establece en el manual de la S.C.T.

En el caso de las juntas de expansión, se considera a los rellenos preformados que, a manera de insertos, bandas o tiras, se utilizan para formar y rellenar las juntas. Los insertos son elementos preformados de metal o plásticos que se utilizan como sustitutos de las juntas aserradas, colocándose en los sitios convenientes cuando el concreto aún se encuentra fresco. Los rellenos preformados en forma de banda o tiras, son fabricados de neoprenos, celotex, polivinilo, etc., que se adhieren o sujetan a las paredes de una losa colocada antes de colar la siguiente, a manera de formar el reservorio o las juntas mismas.

Para la preparación de la ranura y ser rellena y sellada, no deberán ser limpiadas con productos químicos que pueden perjudicar la adherencia de los selladores.

El procedimiento recomendado es el siguiente:

- Terminado el corte, con un chorro de agua se remueve el polvo producido al cortar.
- La arena, polvo y suciedad de la junta se remueven con aire comprimido, inmediatamente antes de colocar el sello, para asegurar que éste se aplique sobre una superficie extremadamente limpia. El compresor debe filtrar la humedad del aire, proporcionar un flujo de por lo menos 3.5 metros cúbicos por minuto y desarrollar una presión de aplicación mínima de 6.3 kg/cm².

Después de la limpieza de la ranura se insertará un elemento preformado, constituido por un material que debe ser compatible con el producto de sellado. El preformado debe tener un diámetro 25% mayor que la abertura de la ranura y debe introducirse por medio de un dispositivo hasta la profundidad deseada. Debe cuidarse además que el factor de forma no sea mayor que uno, para sellantes colocados en caliente o de 0.5 para sellados de silicón.

Después se procede a instalar el sellador, el cual deberá aplicarse cumpliendo con las recomendaciones que al respecto indique el fabricante. En la tabla siguiente se proporcionan algunas recomendaciones generales para diferentes tipos de selladores.

Recomendaciones típicas de temperatura de aplicación y períodos de curado para selladores comunes:

TIPO DE SELLADOR	TEMPERATURA MÍNIMA DE COLOCACION EN °C	PERÍODO NORMAL DE CURADO DEL CONCRETO, EN DÍAS	TIEMPO PARA ABRIR AL TRANSITO
Aplicados en caliente			
• Base de asfalto	• 10	• 7 (1)	Al enfriarse
• PVC con alquitrán	• 10	• 7 (1)	
• Polímero de bajo módulo	• 4.5	• 7 (1)	
Aplicados en frío			
• Silicón	• 4.5	• 7 (1)	30 minutos (2)
Sellador preformado	• -1.0	Ninguno	De inmediato

Nota:

- 1) Únicamente para pavimentos nuevos. Durante este lapso deberá protegerse si se llegara a presentar lluvias. Los fabricantes pueden proporcionar recomendaciones para casos especiales, como para aperturas rápidas al tránsito.
- 2) El período de curado de producto varía con la temperatura y la humedad. El tiempo indicado corresponde a 24 °C y humedad relativa de 50%, a 4°C, requiere un período de dos a cuatro horas.

Los selladores líquidos deben colocarse uniformemente, rellenando la ranura del fondo hacia arriba para eliminar burbujas, debiendo quedar a un nivel de seis a diez milímetros debajo de la superficie del pavimento. El aplicador del sellado debe penetrar en la ranura y proporcionar el acabado superficial en el caso de selladores autonivelantes; cuando no lo son, el acabado debe proporcionarse con una espátula, en un lapso máximo de diez minutos después de su instalación, antes de que el sellador empiece a curar.

Los selladores aplicados en caliente, no deben colocarse a temperaturas menores que las recomendadas. La colocación de selladores preformado a compresión, requieren la aplicación previa de un producto lubricante y adhesivo al sellador y/o a las paredes de la ranura, que facilite su inserción y lo mantenga en su lugar. Durante la instalación debe vigilarse que el sellador no se estire más de un 3%, ni se tuerza o se corte y es lo que recomienda la mayoría de los fabricantes para su colocación. Los selladores preformados más adecuados son los de cinco celdas, debiendo seleccionarse de acuerdo con el tipo de junta y dimensiones de la ranura. Para evitar la entrada de agua, deben reducirse al mínimo las juntas entre tiras de sellador.

Debe prestarse atención al sellado de las juntas con el acotamiento, tanto de concreto hidráulico como de pavimento flexible.

La elección del producto para sellado dependerá del tipo de pavimento, aspectos económicos y de mantenimiento, etc. Por otra parte, debe tenerse en cuenta que un sellador colocado en caliente tiene una vida útil del orden de cinco años, uno de silicón puede durar hasta unos diez años y el preformado puede alcanzar hasta veinte años, si son colocados adecuadamente.

El sellador colocado, debe cumplir con los requisitos de acabado y del factor de forma indicados en los proyectos, vigilando además que haya quedado adherido a las paredes de la junta.

CAPÍTULO II

“IMPACTOS

AMBIENTALES EN LA

ETAPA DE

CONSTRUCCIÓN DE UNA

CARRETERA”

Este capítulo está basado en diversos estudios de impactos ambiental realizados a proyectos carreteros como lo son la construcción del libramiento la Galarza-Amatitlán el cual se localiza en la zona suroeste del estado de Puebla, inicia en el municipio de Tepeojuma, sobre la carretera federal MEX-190 Puebla-Huajuapán de León, con dirección a la carretera federal MEX-160 Santa Barbara-Izúcar de Matamoros, la cual tendrá un longitud de 14.73 km, carretera federal Coatzacoalcos-Villahermosa la cual cuenta con 209 km y Querétaro-San Luis Potosí federal No. 57, la cual inicia en el estado de Guanajuato, y de Sur a Norte los municipios de: Querétaro, en Querétaro, San Diego de la Unión, San Luis de la Paz y San José Iturbide en Guanajuato así como San Luis Potosí, Santa María del Río, Villa de Reyes y Zaragoza en San Luis Potosí, la cual cuenta con 314.20 km, a las cuales se hizo un análisis para identificar los impactos ambientales que siempre se encuentran presentes y los más perjudiciales, sin importar lo contrastante de los ecosistemas en que se encuentran en las diferentes zonas en donde fueron construidos.

II.1 DESCRIPCIÓN DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL EN UN PROYECTO CARRETERO

Un estudio de impacto ambiental ayudará a identificar y describir las afectaciones que podrían existir al momento de la ejecución de un proyecto carretero, como se indica en el manual de la S.C.T. “Conceptos que conforman el proyecto ejecutivo de carreteras, 2011” con base en el cual se definirán las características de un estudio de impacto ambiental.

El estudio para la Manifestación del Impacto Ambiental debe elaborarlo personal especializado en temas ambientales. Tradicionalmente han sido Biólogos los profesionales encargados de hacerlo; sin embargo, recientemente se han creado carreras universitarias relacionadas con la Ingeniería Ambiental que se estarán incorporando a la realización de esta tarea. De cualquier manera, estos profesionales deben conocer perfectamente el proyecto de carreteras y también deben estar involucrados en los aspectos de su construcción para que sean tomados en cuenta en el estudio de Impacto Ambiental.

La SEMARNAT tiene un instructivo de cómo debe presentarse una MIA¹ para proyectos de vías generales de comunicación, que es necesario seguir puntualmente para que la Secretaría puede revisarlo y, en su caso, aprobarlo.

En primer lugar se debe preparar un documento titulado “Caracterización de las Obras y Actividades” en el cual se debe informar de los temas siguientes:

- Características generales
- Parámetros de operación
- Infraestructura adicional

¹ MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL (MIA)

CAPÍTULO II

- Túneles
- Puentes

Mediante este primer informe, se pretende que la secretaria se percate de la magnitud y alcance de la obra y al mismo tiempo tenga una primera idea de los impactos ambientales, tanto positivos como negativos que se pudieran generar.

En el capítulo de características generales, se debe informar a la SEMARNAT todos los datos que identifiquen al tipo de carretera que se va a construir, como son su longitud total, ancho de corona y carriles de circulación, velocidad de operación, tipo de pavimento, pendientes máximas y mínimas, grados de curvatura, etc.

En el apartado parámetros de operación se informa sobre el tránsito de diseño de la carretera y los tipos de vehículos que circulan. En el relacionado de infraestructura adicional, deben describirse los entronques, pasos a desnivel, paraderos, casetas, rampas, etc. En los apartados de túneles y puentes, deben incluirse además de los planos constructivos, los estudios geotécnicos e hidrológicos que se hayan realizado.

Se requiere también un segundo informe titulado “Obras y Actividades Provisionales Asociadas”, aquí se deben describir detalladamente las obra provisionales como caminos de acceso, almacenes, campamentos, dormitorios, instalaciones sanitarias, bancos de materiales, plantas de tratamiento de aguas residuales, ductos, subestaciones eléctricas, líneas de transmisión, etc.

Estas obras provisionales asociadas son de importancia fundamental en los impactos ambientales; basta como ejemplo los bancos de materiales para la construcción y los caminos de acceso, cuya longitud la mayoría de las veces rebasa con mucho la propia longitud del camino que se construirá. La Secretaria prestará mucha atención en la vigilancia de que estas obras provisionales tengan un tratamiento adecuado, en cuanto a minimizar los impactos ambientales negativos y a la aplicación estricta de medidas adecuadas de mitigación.

Un tercer informe se titula “Actividades del Proyecto para la Preparación del Sitio”. En este informe se describen con detalles las actividades siguientes: desmontes y despalmes, excavaciones, compactaciones y/o nivelaciones, cortes, rellenos en zonas terrestres y rellenos en cuerpos de agua en zonas de inundación, dragados, desviaciones de cauces y cualquier otro tipo de actividades que ameriten la construcción de la carretera.

Se presentará para su análisis a la SEMARNAT un juego de planos constructivos completos de la carretera y de cada una de las obras asociadas como puentes, túneles, entronques y pasos a desnivel; así como un informe de los impactos ambientales, tanto positivos como negativos y las medidas de mitigación propuestas. Con toda esta información se producirá el dictamen correspondiente, ya sea aprobando las medidas de mitigación propuestas o estableciendo nuevas medidas, producto de su análisis.

Durante la construcción, la SEMARNAT tiene inspectores que están al tanto de que se cumpla con lo dictaminado, y que no se tengan excesos en cuanto a las áreas de proyecto para caminos de acceso, bancos, etc.

Como ya se ha visto, es necesario preparar un informe completo de la carretera, con planos, cálculo de áreas, de volúmenes y hacer una descripción detallada de los procedimientos de construcción, y sobre todo establecer con detalle la magnitud de las afectaciones o impactos ambientales negativos a la flora y a la fauna en todas las áreas de la construcción (carretera, caminos de acceso, bancos, campamentos, almacenes, etc.).

Esto significa un enorme trabajo y sobre todo requiere un profundo conocimiento en asuntos ambientales. Para la elaboración de estos estudios se requiere la participación de un equipo de Biólogos o Ingenieros Ambientales, los cuales preparan el informe y lo presentan y gestionan ante la SEMARNAT hasta obtener la aprobación correspondiente.

II.2 TIPOS DE IMPACTOS

Una alteración ambiental se define como la modificación del entorno biótico, abiótico y humano, como consecuencia de la ejecución en sus diferentes etapas de cualquier proyecto. Típicamente, la valoración ambiental se puede dividir en Impacto primario, Impacto secundario, Impacto a corto y largo plazo, Impacto acumulativo, Impacto inevitable, Impacto reversible, Impacto irreversible, Impacto residual, Impacto mitigado, los cuales por lo general, al tener identificados los probables daños al ecosistema resultan más adecuados clasificarlos y así indicar a cada impacto ambiental una posible medida de mitigación.

A continuación se definen los impactos ambientales más comunes y presentes en las infraestructuras carreteras con base en gran medida en la clasificación hecha por América Martínez Soto y Sergio Alberto Damián Hernández en el libro “Catálogo de impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación, 1999”.

- **Impacto Primario:** Son todos los resultados en el entorno biofísico o socioeconómico que inicia como consecuencia de las diferentes etapas de construcción de la carretera, sus efectos son los siguientes:
 - 1.- Destrucción del ecosistema.
 - 2.- Alteración de las características del agua subterránea.
 - 3.- Modificación o destrucción de las áreas históricas.
 - 4.- Reubicación de domicilios o servicios.
 - 5.- Generación de empleos temporales.
 - 6.- Incremento en la generación de contaminantes a causa de la ejecución de la obra.
- **Impacto Secundario:** Son alteraciones en las cuales entran todos los efectos adicionales que son producto no necesariamente de la construcción de la obra

en sí, sino del resultado de obras adicionales, los efectos podrían ser los siguientes:

- 1.- Aumento del tránsito.
 - 2.- Construcciones adicionales.
 - 3.- Aumento de la demanda creativa y otros tipos de impactos ocasionados por actividades de instalación.
- **Impactos a Corto Plazo y Largo Plazo:** Las alteraciones ambientales se clasifican en corto y largo plazo dependiendo de su duración. Un ejemplo de un impacto a corto plazo es la pérdida de una vegetación herbácea corta en un área, ya que el área podría revegetarse en un período corto de tiempo, un impacto de largo plazo se podría considerar la pérdida de un bosque maduro y se considera como tal por que para realizar su reforestación un bosque hasta su etapa madura se necesita un período de tiempo muy largo.
 - **Impacto Acumulativo:** Se considera como tal a la combinación o acumulación de impactos dando como resultado un Impacto acumulativo. Un posible resultado que produce o podría producir impacto acumulativo sería la afectación que podría tener el agua como consecuencia de actividades propias de actividades de la construcción del proyecto la cual puede ser una combinación de varias acciones y da como resultado un acopio de varias afectaciones.
 - **Impacto Inevitable:** Son todas aquellas alteraciones al medio ambiente que no se pueden evitar total o parcialmente y por tal motivo se requiere implementar acciones mitigantes por defecto.
 - **Impactos Reversibles:** Son todos los impactos cuyas alteraciones que producen en el ecosistema se pueden contrarrestar hasta sus condiciones originales, siempre y cuando se implanten las medidas de mitigación adecuadas.
 - **Impacto Irreversible:** Son aquellas alteraciones al medio ambiente que permanecerán permanentemente, en todos estos casos es necesario las aplicaciones de medidas que mitiguen en lo posible las afectaciones que esas actividades generan al ecosistema.
 - **Impacto Residual:** Los efectos que provocan los diferentes impactos serán permanentes en el ecosistema por lo cual se implementarán medidas de mitigación para compensar en parte la afectaciones generadas.
 - **Impacto Mitigado:** Son todos aquellos impactos que con la adecuada medida de mitigación se puede atenuar o hasta controlar.

II.3 IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LA CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO

En los proyectos de infraestructura carretera, al momento de su construcción, ocasiona serios daños a los ecosistemas naturales. Por esta misma razón, es vital conocer los efectos, el grado de afectación originada con estos proyectos y solo así manifestar opciones con las cuales compensar el daño.

Si bien en cada uno de los proyectos que se realizan sin importar las circunstancias de construcción, siempre existirán impactos moderados y severos. Se expondrán a continuación una serie de impactos ambientales que afectan a los proyectos carreteros con el fin de buscar una alternativa viable, ya que al ser afectaciones que siempre existirán es fundamental disminuir los impactos al medio ambiente.

IMPACTOS AMBIENTALES

- Disminución en la calidad del aire
 1. Una alteración en la calidad del aire es ocasionada por la producción de partículas sólidas suspendidas debido a la actividad de desmonte y despalde.
 2. Emisión de partículas producidas por maquinaria durante la explotación de los bancos de materiales alterando las condiciones del aire al momento de transportar el material de la planta a la obra. Estas acciones, generan nubes de polvo que tienen afectaciones diversas dependiendo en su totalidad de las condiciones climáticas.
 3. El transporte de material genera partículas suspendidas en el aire, producto de actividades de mantenimiento, transporte de material, alterando la calidad del aire originado por combustiones incompletas y produciendo gases como CO₂, SO_x, NO_x, los cuales pueden ocasionar enfermedades o alteraciones químicas al suelo al ser absorbidas con ayuda de la lluvia.
 4. La producción de ruido, es una alteración más a la calidad del aire, ocasionado por la circulación de maquinaria y los trabajos que realizan, por ejemplo, excavaciones, transporte de materiales, nivelaciones, etc.

- Deterioro de la calidad del agua
 1. Al reducirse la cantidad de vegetación en la zona durante los procesos de desmontes y despalme, también se reduce la capacidad de infiltración de agua al suelo, además al ser colocado el pavimento se altera el cauce de escurrimiento del agua, es considerado un impacto permanente y además, no mitigable.
 2. Cuando el agua es contaminada por desechos procedentes de actividades previas como el desmonte y el despalme, la presencia de personal y excavaciones que se pudieran hacer, se provoca la alteración de los ciclos en su equilibrio químico, teniendo como resultado la eutrofización de cuerpos de agua y la muerte de organismos vivos.
 3. Al existir trabajos de compactación en el proyecto se ocasiona la disminución de una superficie de recarga del manto friático.
 4. Un punto fundamental es la posible contaminación de los mantos acuíferos ocasionada por residuos de aceites, hidrocarburos, residuos orgánicos producidos por los trabajadores en obra; a causa de un proceso de lixiviación que se puede hacer más severo durante la explotación de los bancos de materiales.

- Contaminación del suelo
 1. Existe un drástico cambio en la calidad de suelo debido a los trabajos de desmonte y despalme.
 2. El depósito inadecuado de combustibles y fugas al momento de realizar trabajos con maquinaria pesada, puede ocasionar alteraciones físico-químicas al suelo. El combustible derramado penetra al suelo, con ayuda de la gravedad o por la lluvia, produciendo alteraciones en la oxigenación, afectando a la flora y la fauna existente en la zona. La afectación se puede clasificar de poco significativa a muy significativa, dependiendo del tipo y volumen de contaminación.
 3. La alteración de la topografía, el retiro de la zona agrícola, cambios en los relieves todo esto ocasionado por el aprovechamiento de los bancos de materiales, cortes y nivelación, así como actividades de excavaciones, originan la disminución de la fertilidad por no contar con una cubierta vegetal, se considera un impacto severo debido a que

su rehabilitación de la zona se producirá en un período muy largo de años.

- Alteración de la flora y la fauna
 1. Se reduce la presencia de vegetación por el desmonte y despalme, la explotación de bancos de materiales, ya que es necesario retirar la capa vegetal para así aprovechar el material, ocasionando la extinción de grandes cantidades de especies de flora.
 2. Destrucción de la flora debido a la circulación de maquinaria pesada en las diferentes etapas de la construcción del pavimento y por personal en áreas no delimitadas. Otra causa que influye mucho en la alteración del ecosistema existente es la posible contaminación del suelo ocasionado por la producción de residuos generados en la ejecución de la obra. El colocado del pavimento produce un efecto barrera generando la desaparición de zonas de apareo, caza y del establecimiento de madrigueras. El impacto se considera severo por que será permanente.
 3. La producción de ruido es inevitable en todos los proyectos, el ruido en niveles altos puede ocasionar grandes afectaciones en especies de flora y fauna de la zona, daño o la migración de especies ocasionado por la alteración del hábitat existente.
 4. El desequilibrio del microclima ocasionado por el retiro de la capa vegetal, pues se requiere aprovechar el sitio, ya sea para la operación de maquinaria o la explotación de los bancos de materiales. En los casos donde la vegetación es abundante no es posible recuperar las condiciones iniciales del sitio.
 5. Cambios en el paisaje a causa de la remoción de la vegetación por actividades de desmonte y despalme, construcción y establecimiento de los pavimentos o la alteración de los relieves por los cortes y nivelación o las excavaciones.

El señalamiento de una afectación ambiental, corresponde a quien vaya a explotar el banco de material, por lo que si se trata de uno que se encuentre en su estado natural (virgen), los impactos ambientales causados y las medidas de mitigación deberán sumarse a los impactos causados por la construcción de las carreteras. En lo que corresponde a la explotación de bancos de materiales, el impacto ambiental es considerado de alta prioridad ya que éste es una de las etapas que más afecta al medio ambiente y por tal motivo la alteración se ha dividido en significativo y no significativo como se puede apreciar en las siguientes tablas. (Damian Hernandez, Martinez Soto, & Aguirre Perez, 2000)

TABLA No. 1 IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS

CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE	ACTIVIDADES DE LA OBRA	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS
Selección y preparación del banco		
TIERRA		
1) Suelo	Despalme y limpieza.	Eliminación de la cubierta vegetal y suelo superficial. Impacto irreversible y permanente.
CALIDAD DE VIDA		
1) Empleo	Despalme y limpieza, afloje de material.	Generación de empleo.
2) Operación		
TIERRA		
1) Relieve	Excavación con explosivo y con equipo, explotación del material, carga y transporte del material.	Disminución del recurso impacto irreversible y permanente.
CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE	ACTIVIDADES DE LA OBRA	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS
AGUA		
1) Aguas subterráneas	Excavación con equipo y excavación con explosivos.	Modificación de los drenajes naturales.
FLORA		
1) Hierbas y pastos	Explotación del material y carga, así como su transporte.	Eliminación de la flora características. Disminución de la productividad primaria de la vegetación aledaña a caminos de acceso y de la zona de influencia del proyecto, por la deposición de polvo en el área foliar, con disminución de la función fotosintética y respiratoria de las plantas.

Impactos ambientales significativos (tomado del manual de la SCT "Impacto ambiental de proyectos carreteros. Efectos por la exploración de bancos de materiales y construcción de cortes y terraplenes.)

CAPÍTULO II

TABLA No. 2 IMPACTOS AMBIENTALES NO SIGNIFICATIVOS

CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE	ACTIVIDADES DE LA OBRA	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS
FAUNA		
Aves, animales terrestres e insectos.	Exploración, análisis y muestreos, despalme y limpieza, afloje de material.	Desplazamiento de la fauna por pérdida de eslabón primario de la cadena alimenticia (Vegetación).
ESTETICO Y DE INTERES HUMANO.		
1) Vistas panorámicas y paisajes.	Excavación con equipos, explotación de material, carga y transporte de material y abandono del banco.	Pérdida de la armonía visual.
SERVICIOS		
1) Red de transportes.	Carga y transporte de material.	Creación de caminos de acceso.
CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE	ACTIVIDADES DE LA OBRA	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS
TIERRA		
1) Recursos minerales, materiales de construcción y suelos.	Localización, explotación, análisis y muestreo, despalme y limpieza, afloje de material, excavación con equipo, abandono.	Agotamiento del recurso.
AGUA		
1) Recarga de acuíferos, calidad y aguas subterráneas.	Explotación del material.	Modificación de los patrones naturales de recarga de aguas y drenajes subterráneos, con posible disminución del recurso.
AIRE		
1) Ruido	Excavación con equipo, con explosivos y durante la carga y transporte del material.	Generación de ruido durante la utilización de maquinaria y explosivos.
FLORA		
1) Vegetación	Explotación, análisis y muestreo, despalme y limpieza, afloje de material.	Pérdida de la cubierta vegetal.

Impactos ambientales no significativos (tomado del manual de la SCT "Impacto ambiental de proyectos carreteros. Efectos por la exploración de bancos de materiales y construcción de cortes y terraplenes.)

A partir del conocimiento de las etapas de construcción y operación de los cortes y terraplenes, se considera que los impactos ambientales significativos de forma general que se presenta sobre los factores ambientales se muestran en la Tabla siguiente. (Damian Hernandez, Martinez Soto, & Aguirre Perez, 2000)

TABLA No. 3 IMPACTOS SIGNIFICATIVOS EN FORMA GENERAL CORTES Y TERRAPLENES

FACTOR	IMPACTO
a) Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Modificación de uso del suelo por la ocupación del mismo. • Pérdida de la cubierta del suelo y de la vegetación asociada. • Erosión hídrica y eólica del suelo por degradación del mismo y por desaparición de la cubierta vegetal que contribuye a retener el suelo. • Compactación del suelo y modificación del drenaje natural, del contenido de oxígeno en el suelo, con la consiguiente desaparición de los microorganismos.
Relieve	<ul style="list-style-type: none"> • Modificación del relieve con la siguiente alteración de los patrones de drenaje natura. Modificación por la explotación de bancos de material no autorizados.
a) Vegetación	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de la cubierta vegetal Pérdida de especies de valor ecológico, (protegidas, amenazadas, raras y en peligro de extinción).
b) Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> • Modificación irreversible del paisaje por la desaparición de aspectos de banco de material no autorizados.
c) Recursos minerales	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción y agotamiento de recursos minerales por la explotación de bancos de material no autorizados.

CONTINUA TABLA No. 3

FACTOR	IMPACTO
d) Hidrología	<ul style="list-style-type: none"> • Modificación de las corrientes y caudales por la modificación del drenaje natural. • Modificación de las tasas de infiltración de mantos de aguas subterráneas. • Contaminación de cuerpos de aguas superficiales por la descarga de sólidos en todas sus formas sobre los mismos, modificando la turbidez y la transferencia de oxígeno.

Impactos significativos en forma general cortes y terraplenes (tomado del manual de la SCT "Impacto ambiental de proyectos carreteros. Efectos por la exploración de bancos de materiales y construcción de cortes y terraplenes.")

Se considera que los impactos ambientales no significativos de forma general que se presentan sobre los factores ambientales se muestran en la tabla siguiente. (Damian Hernandez, Martinez Soto, & Aguirre Perez, 2000)

TABLA No. 4 IMPACTOS NO SIGNIFICATIVOS EN FORMA GENERAL CORTES Y TERRAPLENES

FACTOR	IMPACTO
1) Aire	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de contaminantes por el uso de maquinaria y equipo. • Emisión de polvo por la remoción y acarreo de materiales • Ruido.
2) Fauna	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento de la fauna por pérdida de la cubierta vegetal. • Perdida de microorganismos.
FACTOR	IMPACTO
3) Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación por residuos sólidos y materiales de construcción. • Residuos peligrosos.

Impactos no significativos en forma general cortes y terraplenes (tomado del manual de la SCT "Impacto ambiental de proyectos carreteros. Efectos por la exploración de bancos de materiales y construcción de cortes y terraplenes.")

CAPÍTULO III

“MEDIDAS DE MITIGACIÓN”

La alteración de los paisajes así como del ecosistema en la zona son los resultantes inevitables de la construcción de cualquier vía de comunicación carretera.

Si bien los impactos ambientales producidos pueden llegar a convertirse de una afectación moderada a una severa y en algunos casos decidir la viabilidad de la construcción de la obra. Es importante señalar que a estas alturas del desarrollo tecnológico y científico, tomando en cuenta las pérdidas de flora y fauna que se pudiera tener en cada proyecto, existen alternativas que incluso pueden llegar a compensar algunos impactos que están siempre presentes en todas las obras de este tipo y que son consideradas fundamentales por la alteración que podrían ocasionar al ecosistema de la zona. A continuación e independientemente de las afectaciones prioritarias mencionadas en el capítulo anterior, se listará una serie de alternativas que si se llegaran a cumplir, podrían garantizar la viabilidad de cualquier proyecto no importando el tipo de zona en la que se necesite construir y así garantizar lo que marca artículo 35 de la LGEEPA.

- Disminución de la calidad del aire
 1. Para evitar que los camiones dispersen partículas contaminantes, se deberán cubrir con lonas el material que se transporta durante el envío de materiales a la obra, se destinarán vías exclusivas para el traslado de material. Si es posible y las condiciones geológicas de la zona son viables, se podrán habilitar bancos de materiales cercanos a la obra reduciendo como consecuencia el tiempo de transporte.
 2. Como en la totalidad de los proyectos y más de este tipo, se realizan en épocas de secas es conveniente implantar un programa que utilice agua tratada para el riego de las zonas de paso de vehículos, reduciendo la presencia de partículas de polvo en el aire.
 3. Para actividades desarrolladas en las ciudades, es importante implementar horarios específicos de trabajos, indicando que la operación de las maquinarias y los vehículos no será constante.
 4. Es fundamental que los vehículos y maquinaria cuenten con un programa de mantenimiento preventivo y correctivo (afinación y carburación), para evitar la generación de residuos que podrían afectar el ecosistema existente o evitar cualquier accidente y asegurar su correcto funcionamiento.
 5. Para las afectaciones por los niveles altos de ruido es necesario que los vehículos y todas las maquinarias se les proporcione un mantenimiento adecuado y si las condiciones lo exigen instalar silenciadores a las maquinarias.

- Deterioro de la calidad del suelo
 1. Al momento de realizar actividades obligatorias como el desmonte y despalme, es necesario realizar trabajos de recuperación de la capa fértil alrededor, ya sea de los bancos de materiales o de la misma vía en construcción, para implementar actividades de reforestación y compensar en gran medida las graves afectaciones que esa etapa del proyecto genera al suelo.
 2. La modificación físico-química del suelo es sin duda una de las afectaciones que siempre existen en obras de este tipo, una de las razones es la implementación de programas de manejo tanto de residuos peligrosos como no peligrosos, pero que alteran la composición química del suelo. Alternativas viables como la colocación de recipientes deberán identificarse con letreros para que al momento de realizar el depósito de los desechos pueda ser debidamente separado La colocación de letrinas conforme a normas desde las etapas de preparación del sitio para evitar cualquier alteración que los desechos biológicos pudieran generar al suelo, retirar del proyecto todo remanente líquido o sólido que se produce durante la obra.
 3. En lo que corresponde a la modificación topográfica y de relieves, se aplicarán medidas compensatorias como la utilización de materia orgánica para usarlos en la rehabilitación del suelo y utilizar solo las áreas delimitadas, ya sea en la obra o en los bancos de materiales sin invadir zonas más allá de las delimitadas previamente.

- Deterioro de la calidad del agua
 1. Un punto muy grave que afecta a la calidad del agua es la reducción de la vegetación en la zona por actividades propias de la construcción de la vía, para lo cual se llevará a cabo un programa de reforestación, principalmente en puntos estratégicos alrededor de toda la vía construida y en bancos de materiales en la zona.
 2. La contaminación de los mantos acuíferos a causa de los escurrimientos con aguas contaminadas, es una afectación que puede ser mitigable si se toman las medidas necesarias como es la designación de un área para el almacenamiento temporal de todos los residuos peligrosos. Evitando que se viertan en lugares que pudieran afectar cuerpos o corrientes de aguas existentes. Aunado a lo antes mencionado, se debe de implementar un programa que se encargue, en

primer lugar de concientizar a los trabajadores de grave daño que se le puede ocasionar al medio ambiente si no se le cuida apropiadamente y en segundo lugar, el programa se debe de encargar del retiro y el manejo de todos los residuos considerados peligrosos para el medio ambiente.

3. Se debe evitar en su totalidad cualquier derrame de combustible, aceite o aditivo que sean utilizados en los vehículos o en cualquier equipo requerido para la construcción de la obra, por lo cual, se hace indispensable la implementación de un programa eficaz de mantenimiento con personal calificado para evitar daños al medio ambiente.
- Alteración a la flora y fauna
 1. Para remover la menor cantidad de vegetación, se deberán delimitar las áreas que se utilizarán para la construcción o utilización para bancos de materiales. Así mismo, todo el material que ha sido retirado se depositará en áreas específicas cuidando que su colocación no dañe otras áreas naturales. Posteriormente, el material será utilizado para rehabilitar otras zonas del suelo con programas de reforestación.
 2. Se designarán rutas específicas por las cuales tanto las maquinarias y vehículos transitarán, evitándose el daño a la flora y la fauna causada por un tránsito sin control en los recorridos que se tendrán a la obra.
 3. Un punto fundamental es la concientización del personal, realizando pláticas de educación ambiental, implementando reglamentos que especifiquen las medidas a tomar si el personal no cumple con las medidas de protección y conservación del medio ambiente.
 4. Las maquinarias y los vehículos utilizados en la construcción que no cuentan con un programa de mantenimiento pueden generar niveles muy altos de ruido, trayendo como consecuencia alteraciones muy severas a la fauna silvestre de la zona. Por lo anterior, es fundamental un programa de mantenimiento eficaz que pueda mitigar esas afectaciones.
 5. Una acción que podría modificar el hábitat por completo y todo el ecosistema de la zona, es el manejo de residuos contaminantes que se generan en la obra, ya sean sólidos o líquidos y como se ha mencionado en anteriores ocasiones es fundamental realizar programas de concientización hacia el personal para que por ningún motivo, ninguna clase de residuo sea depositado en áreas no

autorizadas para su almacenamiento, así como retirar todo agente contaminante generado en la obra por personal calificado.

Las medidas de mitigación que se propondrán para su implementación en las diferentes etapas de la construcción de una carretera hacen referencia a América Martínez Soto y Sergio Alberto Damián Hernández en el libro “Catalogo de impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación, 1999” del cual se basará en gran medida las diferentes etapas en las cuales se ha dividido la ejecución del proyecto y que aquí serán descritas.

La etapa de pre-construcción incorpora las diferentes actividades de protección y las afectaciones, la segunda etapa es donde el sitio de construcción se prepara para la ejecución de la obra, por lo que las afectaciones al ecosistema se consideran independientes, la siguiente etapa está conformada por la construcción de la carretera y en la última etapa se incluye la operación y mantenimiento del pavimento.

Es importante señalar que las acciones tomadas para contrarrestar de alguna forma las alteraciones al medio ambiente no se clasifican por la relevancia que podría o no tener para el ecosistema, sino por la magnitud del proyecto o la zona donde se encuentre, un ejemplo claro son los caminos rurales, ya que al no ser una vía primaria presentan un presupuesto bajo o en su defecto, porque el proyecto no presenta el estudio de impacto ambiental señalado y aquí en donde toma relevancia la zona en la que se ejecutará la vía.

III.1 ETAPA DE PRE-CONSTRUCCIÓN

Se conoce a la etapa de pre-construcción, como todos los trabajos que se desarrollan hasta la entrega del proyecto ejecutivo que se debe implementar, incluyendo la liberación del derecho de vía.

En el desarrollo de la planeación se da por entendido que se ha completado hasta la etapa de prefactibilidad del proyecto, en las cuales fueron determinadas las posibles afectaciones al medio ambiente y de igual manera se le dio una posible alternativa de solución. Como punto fundamental, se determinó que en todas y cada una de las posibles afectaciones no se encontraron impactos adversos al ecosistema, considerando también que es precisamente en esta fase donde se decide si la obra es viable o no de realizar.

Esta etapa de pre-construcción se divide en dos actividades, “proyecto y afectaciones”, es aquí como se ha mencionado donde se detectan las posibles alteraciones al ecosistema que se puede ocasionar por la construcción de la vía. También en esta etapa se encarga de darle una posible alternativa a cada una de las posibles alteraciones que podrían existir con el fin de reducir al máximo los impactos. Actividades como el drenaje, la construcción del pavimento, señalamientos, entre otras, no son consideradas en esta etapa, ya que sus posibles afectaciones solo tomarían su importancia en la etapa de construcción.

Como resultado de lo anterior, las mejores alternativas toman en consideración factores de gran relevancia como la medioambiental, social, técnica y económica dentro de las posibles manifestaciones de mitigación.

En la siguiente tabla se presentan las posibles actividades que se pueden realizar en esta etapa y que podrían tener algún tipo de impacto en el ecosistema, indicando el tiempo y las medidas de mitigación correspondiente, así como las observaciones permanentes.

TABLA No. 5 ETAPA DE PRE-CONSTRUCCIÓN

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	ONSERVACIONES
Ejecución del proyecto	Deslaves, hundimientos, deslizamientos y demás movimientos masivos en los cortes	Trazar ruta de tal manera que se eviten las áreas inherentemente inestables incluir la estabilidad de cortes con estructuras como paredes de concreto, albañilería seca, gaviones, etc.	Adverso
	Afectación a la actividad agropecuaria	No mitigable	Adverso
	Afectación de propietarios terrenos	Compensación económica, Reubicación de propietarios	Adverso, puede llegar a ser benéfico
	Inducción de migraciones y cambios en la densidad de población	No mitigable	Adverso
	Afectación sobre el uso de suelo habitacional	Compensación económica, Reubicación de propietarios, Modificación del trazo	Adverso, puede llegar a ser benéfico

ETAPA DE PRE-CONSTRUCCIÓN (tomado del manual de la SCT “Catalogo de impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación”).

III.2 ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO

En esta etapa se agrupan todas las actividades necesarias para que se habilite el sitio para dar inicio a la construcción de la vía. La principal actividad que se realiza en esta etapa es el desmonte y despalme, para la preparación del terreno natural, el cual tiene la función de reparar el territorio que servirán para habilitar los caminos de acceso que servirán de tránsito a las maquinarias y equipo, estos accesos no cumplen con especificaciones técnicas y se clasifican como temporales, ya que una vez terminada la obra se inhabilitan o en la mayoría de las veces son abandonados.

Como ya se ha mencionado, la actividad que produce una alteración mayor al ecosistema en esta etapa son los trabajos de desmonte y despalme, por lo que se debe poner mayor atención al proponer las medidas que podrían mitigar cualquier efecto causado, ya sea en el agua, la topografía, el aire, el ruido, el suelo, microclima, fauna y/o paisajes.

Un punto fundamental del grado negativo que pueden causar ciertas actividades es la modificación topográfica, la cual es considerada un impacto no mitigable. Entendiéndose que la única medida que podría ayudar a reducir, de cierta manera, el impacto es la modificación del proyecto. Por lo cual, se optó en considerar el impacto generado de estas actividades, ya que la importancia del proyecto en muchas ocasiones se sobrepone a ciertos efectos o daños colaterales que se podrían presentar en pos del desarrollo humano.

De las 2 actividades que se incluyen en esta etapa, se determinaron 16 impactos al medio ambiente, de los cuales 2 son benéficos y 4 son no mitigables, presentando 18 posibles medidas de mitigación para los 10 impactos adversos.

En la tabla siguiente se presentan las actividades, indicando el tipo y las medidas de mitigación correspondientes, así como las observaciones pertinentes.

TABLA No.6 ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Desmonte y despalme	Afectación de las corrientes de agua por malas disposición del material removido	Disposición del material lejano a las corrientes de agua	Adverso
	Contaminación de la corriente de agua superficial	Disposición del material lejano a las corrientes de agua, Colocación de malla sobre los cuerpos de agua para evitar sólidos suspendidos, Establecer presas de decantación para que los sedimentos en suspensión sean retenidos.	Adverso
	Obstrucción de ríos y arroyos	Disposición del material lejano a las corrientes de agua	Adverso
	Contaminación del suelo	Evitar el uso de herbicidas o agroquímicos	Adverso

CONTINÚA TABLA No. 6

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Desmonte y despalme	Erosión	Inducir vegetación en las áreas aledañas a los desmontes y despalmes para detener la erosión, reutilización de la capa orgánica sobre el derecho de vía, una vez terminada la construcción de la carretera, programar las obras en época de estiaje para evitar la erosión hídrica.	Adverso
	Modificación de la topografía	No mitigable	Adverso
	Contaminación del aire por humos	Evitar la quema de la vegetación, acatamiento a la norma oficial mexicana NOM-CCAT-007-ECOL-1993 para unidades que utilizan diésel como combustibles.	Adverso
	Cambios en el microclima	Los efectos pueden minimizarse estableciendo vegetación, al concluir las obras, en camellones y a ambos lados de los cuerpos.	Adverso
	Ruido	No mitigable	Adverso
	Remoción de la capa de suelo fértil	Realizar un programa de rescate de flora, previo al desmonte, especialmente la que sea de última en la región, Reutilización del material para posteriores actividades como arroje de taludes, reforestación, etc.	Deberá prestarse especial cuidado en el manejo del material seco, ya que su acumulación puede contribuir a los incendios forestales

CONTINÚA TABLA No. 6

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Desmante y despalme	Afectación del hábitat de fauna silvestre	No mitigable	Adverso
	Perturbación y desplazamiento de la fauna silvestre	Evitar los trabajos en época de reproducción, sobre todo en casos de especies en peligro de extinción o de alto valor para la región, evitar la caza furtiva, realizar el desmante de manera paulatina para permitir el desplazamiento de la fauna.	Adverso
	Modificación del paisaje	No mitigable	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico
	Incremento en el consumo de bienes y servicios locales		Benéfico, aunque puede ser adverso si hay escasez
Caminos de acceso	Remoción de la capa vegetal	Recolección y conservación de la capa vegetal, que será utilizado en la revegetación de estos caminos, previa escarificación	Adverso

ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO (tomado del manual de la SCT “Catálogo de impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación”.)

III.3 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Al detectarse una posible afectación al medio ambiente y al determinar su medida de mitigación correspondiente, para llegar a este punto se tiene que pasar por un proceso de selección en las cuales se proponen diversas alternativas al posible impacto descubierto y de las cuales se desechan la mayoría ya sea por sus limitaciones o por el presupuesto que se tiene destinando y no es suficiente, hasta ser seleccionado la más óptima.

Toda alteración al ecosistema en mayor o menor grado y en si la calidad de la estructura depende en principio de la calidad del terreno, y como complemento la experiencia de los trabajadores y la calidad de la supervisión. En consecuencia si se tiene lo anterior mencionado simplifica y reduce la necesidad de un mantenimiento que trae como resultado

una disminución en los impactos ambientales al verse menos afectados la pérdida del suelo, fallas en los drenajes o alcantarillas del camino.

En esta etapa se consideraron las siguientes actividades:

- Campamentos y oficinas de campo
- Excavación y nivelación
- Obras de drenaje y subdrenaje
- Cortes y terraplenes
- Excavación de bancos de material
- Acarreos de material
- Operación de maquinarias y equipo
- Plantas de asfalto, concreto, trituradoras, talleres y patios de servicios
- Pavimentación
- Puentes y pasos vehiculares
- Obras complementarias de drenaje y subdrenaje
- Manejo y disposición de residuos de obra
- Señalamientos
- Servicios adicionales al usuario

El punto central que se debe considerar prioritario en la construcción de la vía son los problemas que podrían existir en el drenaje para el cual se debe diseñar lo más preciso posible. Al tener problemas con los drenajes trae como consecuencia la erosión y sedimentación del lugar y la grave alteración en la calidad de las aguas tanto superficiales como subterráneas, otro problema que se podría suscitar como consecuencia es la posible inestabilidad de los taludes que podría poner en serias complicaciones al proyecto.

En el análisis resultaron 75 impactos ambientales y 105 posibles medidas de mitigación, como se muestra en la siguiente tabla.

TABLA No. 7 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Campamentos y oficinas de campo	Contaminación de las corrientes superficiales de agua	Instalación de sanitarios portátiles, incluyendo el tratamiento de aguas residuales y eliminación de químicos, en caso de existir una población cercana se deberá conectar al drenaje municipal, vigilar que no existan vertimientos de agua residuales, desechos de obra, ni fecalismo en ríos, arroyos o canales de riego, el agua de lavado de los trabajadores se debe captar en tambos o bien en el sistema de drenaje municipal.	Adverso
	Extracción de agua	Proporcionar agua potable a los trabajadores, evitando la toma indiscriminada de diferentes fuentes de abastecimiento superficial o subterráneo.	Adverso
	Contaminación del suelo	Se colocaran botes para el almacenamiento de los residuos sólidos, vigilando su transportación periódica al basurero municipal, al término de la obra se deberá limpiar el terreno y adicionar una capa de tierra vegetal producto del desmonte y despalme.	Adverso
	Contaminación del aire	Evitar las fogatas	Adverso, esta práctica implica un riesgo
	Contaminación del aire provocando por los motores de las plantas generadoras de luz	Que los motores a Diésel o gasolina cumplan con las normas correspondientes.	Adverso

CONTINÚA TABLA No. 7

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Excavación y nivelación	Drenaje superficial	Colocación de malla sobre los cuerpos de agua para evitar sólidos suspendidos, establecer presas de decantación para que los sedimentos en suspensión sean retenidos.	Adverso
	Incremento en la erosión de los suelos	Programar las obras en época de estiaje para evitar la erosión hídrica.	Adverso
	Afectación de suelo e hidrología	Definir los lugares donde será depositado el material no empleado, cuando la no-afectación de corrientes de agua superficiales y zonas de alta productividad agrícola, reutilización del material no empleado para posteriores actividades.	Adverso
	Contaminación del aire	Humedecer la superficie a excavar para evitar partículas suspendidas.	Adverso
	Riesgo de accidentes	Colocación de extinguidores en sitios visibles y de fácil acceso, contar con un botiquín de emergencias y tener identificado el hospital más cercano, así como la ruta de acceso más corta y segura, establecer un sistema de seguridad en las zonas de mayor tránsito, para evitar el paso de personas ajenas a la zona de trabajo.	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico

CONTINÚA TABLA No. 7

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Obras de drenaje y subdrenaje	Incorporación de estructuras y elementos ajenos al terreno natural	No mitigable	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico
	Socavación	Emplear materiales no susceptibles a la erosión en la parte baja de los puentes, colocar cimentaciones de roca, usar disipadores de energía (zampeado o muros) a la salida de la tubería.	Adverso
	Afectación a la fauna	Consultar y atender las recomendaciones de especialistas sobre hábitat de peces y su importancia.	Adverso
	Contaminación de aguas superficiales	Evitar que los residuos en la construcción de estas obras caiga en cuerpos de aguas superficiales, colocando rejillas en la entrada de alcantarillas para retener la basura, No disponer las aguas residuales en cuerpos de agua o directamente al suelo a menos que cumpla con los límites máximos permisibles en la norma NOM-001-ECOL-1996, evitar la erosión colocando estructuras de contención tales como contrafuertes, muros de retención, gaviones y contrapesos de rocas, así como colocar a la salida de la alcantarilla zampeados a lavaderos.	Adverso

CONTINÚA TABLA No. 7

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Cortes y terraplenes	Modificación de la calidad del agua	Colocar mallas para la operación de cuerpos de agua, no depositar a cielo abierto todo el material de desecho evitando al azolve de las corrientes superficiales, monitorear la calidad del agua (sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, metales pesados, grasas y aceites), establecer presas de decantación para que los sedimentos en suspensión sean retenidos en ellas, evitar que la descarga sea directamente a las corrientes naturales, utilizar balsas de decantación, zanjas de infiltración o humedales artificiales.	Adverso, incremento de la turbidez y disminución de la calidad de oxígeno disuelto
	Reducción de agua superficial o subterránea	Deberá localizarse precisamente las fuentes de suministro de aguas para la formación de terraplenes, además de obtener los permisos correspondientes de la Comisión Nacional del Agua	Adverso
	Modificación de las tasas de infiltración de mantos de aguas subterráneas.	No mitigable	Adverso, pudiera resultar en un impacto positivo

CONTINÚA TABLA No. 7

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Cortes y terraplenes	Modificación de las corrientes y caudales por la modificación del drenaje natural	Suavizar pendientes de corte y terraplenes	Adverso
	Modificación de la calidad del suelo, por contaminación con residuos sólidos, material de construcción y residuos peligrosos	Evitar la disposición sobre el suelo de los residuos sólidos orgánicos productos de la ingesta y desechos de los trabajadores, colocando tambos para depósito de la basura, recolectar los materiales de construcción, recolectar los materiales con aceite en recipientes de acuerdo al reglamento de residuos peligrosos.	Adverso
	Inestabilidad de taludes	Realizar estudio específico en cada caso para definir la solución adecuada, entre las que se puede considerar; Suavizar las pendientes de los cortes y terraplenes, y cubrir posteriormente con suelo fértil procurando aprovechar el que se removi6 durante el despalme. En cortes con problemas de estabilidad, donde no haya suelo capaz de sostener vegetaci6n, proteger con malla y concreto lanzado para contener el material fragmentado. En cortes con alturas superiores a 10 metros utilizar bermas para aumentar la estabilidad del talud, para taludes rocosos inestables se podr6 colocar malla met6lica galvanizada, anclada; aumentar el ancho de los acotamientos para recepci6n de los desprendimientos o bien colocar muros de contenci6n, colocar redes met6licas, drenes y cunetas en la cabeza del talud, usar filtros (agregados porosos o geo textiles) para controlar los deslizamientos.	Adverso

CONTINÚA TABLA No. 7

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Cortes y terraplenes	Erosión eólica e hídrica por degradación y desaparición de la cubierta vegetal	Promover un programa de rescate de vegetación que incluya el retiro de especies, su preservación durante el retiro de especies, su preservación durante el traslado, la resiembra y la supervisión y mantenimiento de las acciones. Suavizar las pendientes de los cortes y terraplenes, y cubrir posteriormente con suelo fértil procurando aprovechar el que se removió durante el despalme, cortar el flujo de escorrentía antes de que el agua adquiera suficiente velocidad para iniciar el proceso erosivo, se deberán construir terrazas o bermas, impermeabilizar la parte alta de los taludes, revestir de roca el talud, colocando una capa filtrante (geo textil o mezcla de grava y arena) debajo del enrocado.	Adverso
	Generación de empleos		Adverso
Explotación de bancos de material	Eliminación de la cubierta vegetal	En la etapa de abandono se deberá restituir el suelo	Adverso
	Disminución del recurso suelo	No mitigable	Adverso
	Modificación de los drenajes naturales	No mitigable	Adverso

CONTINÚA TABLA No. 7

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Explotación de bancos de material	Disminución de la productividad agrícola en la zona de influencia por la depositación de polvo	Utilizar vehículos cubiertos y manejar los materiales húmedos establecer procedimientos adecuados en el manejo de los materiales para evitar emisiones fugitivas de polvo	Adverso
	Modificación de los patrones naturales de recarga de aguas y drenajes subterráneos	Durante la selección del banco tomar en cuenta la información geo hidrológica del lugar, seleccionar bancos de materiales en lugares donde el nivel freático sea muy profundo	Adverso
	Generación de ruido durante la utilización de maquinaria y explosivo	No mitigable	Adverso
	Desplazamiento de la fauna por perdida de fuente alimenticia	Restituir la vegetación como medida compensatoria en la etapa de abandono para crear nuevamente un hábitat	Adverso
	Afectación al paisaje	El impacto visual negativo podrá ser mejorado con ayuda de las labores de restitución de suelo y vegetación, aprovechar el material excedente de la excavación para verterlo en los huecos generados por la extracción de materiales en los bancos	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico

CONTINÚA TABLA No. 7

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Operación de maquinaria y equipo	Contaminación por ruido	Los vehículos deberán cumplir con la NOM-ECOL-080-1994 y NOM-ECOL-081-1994, en caso de cruzar poblaciones, evitar el trabajo de maquinaria nocturna	Adverso
	Generación de polvos	Humedecer los materiales utilizados en la construcción de terraplenes, terracerías, bases y sub-bases	Adverso
	Contaminación del agua superficie	Las isletas, bancadas o construcciones que se hagan bajo el NAME para soporte o movilización de la maquinaria, deberán ser removidos al terminarse la cimentación, además de utilizar rocas de tamaño tal que no pueda ser arrastrada por el agua en sus niveles y velocidades propias de avenidas ordinarias, En el caso de que sea inevitable el paso de maquinaria sobre corrientes superficiales, se deberá indicar un solo sentido se cruce evitando que los camiones pasen constantemente por varias áreas, se deberá prohibir terminantemente a los trabajadores lavar maquinaria sobre el lecho de las corrientes superficiales.	Adverso
	Contaminación atmosférica	Se deberá cumplir con la norma NOM-CCAT-008-ECOL-1993 proporcionar mantenimiento al equipo (afinaciones)	Adverso
	Contaminación del suelo y subsuelo por derrame de	Vigilar periódicamente que el sistema de combustible no tenga fugas, en caso de requerir almacenamiento temporal de combustible (recarga a maquinaria durante la jornada de trabajo), este deberá estar en tambos de 200 litros, alejados de corrientes superficiales y con el señalamiento adecuado a fin de evitar manejos imprudenciales.	Adverso

CONTINÚA TABLA No. 7

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Operación de maquinaria y equipo	Generación de empleos		Beneficio
	Calidad del agua	No colocar las instalaciones temporales dentro del área de drenaje natural, colocar los materiales de desecho lejos de las corrientes superficiales y cubrirlos, instalación de sanitarios portátiles, incluyendo el tratamiento de aguas residuales y eliminación de químicos, en caso de existir una población cercana se deberá conectar al drenaje municipal, el agua de lavado de los trabajadores se debe captar en tambos o bien en el sistema de drenaje municipal.	Adverso
Plantas de asfalto, concreto, trituradoras, talleres y patios de servicio	Generación de polvos	Las bandas transportadoras y las tolvas deberán cubrirse con lonas, para el transporte de materiales se deberán cubrir los camiones con lonas y de ser posible transportar los materiales húmedos, colocación de telas plásticas anti polvo alrededor de la planta en las cercas que delimitan el área.	Adverso, antes de ubicar la planta de asfalto, estudiar el régimen de vientos.

CONTINÚA TABLA No. 7

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Plantas de asfalto, concreto, trituradoras, talleres y patios de servicios.	Contaminación del suelo	En talleres y patios de servicio colocar una plantilla de concreto para evitar que los derrames accidentales de combustibles y aceites se filtren, colocar los combustibles y lubricantes sobre tarimas, establecer depósitos para el acopio de los residuos sólidos, se desmantelan las instalaciones temporales, evitando así que estos sitios se conviertan en asentamientos irregulares permanentes, los residuos peligrosos deberán manejarse y almacenarse de acuerdo a lo estipulado en el reglamento correspondiente, evitar el uso de herbicidas o agroquímicos en las operaciones de desmonte y limpieza del sitio.	Adverso
	Contaminación por ruido	No mitigable	Adverso
	Perdida de la capa vegetal	Recoger la capa fértil del suelo y acamellonarla en un sitio cercano para utilizarla en la recuperación una vez concluida la obra	Adverso
	Deterioro del paisaje	Realizar un programa de restauración al termino del desmantelamiento de las instalaciones	Adverso

CONTINÚA TABLA No. 7

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Plantas de asfalto, concreto, trituradoras, talleres y patios de servicios.	Riesgos de accidentes	En caso de requerir explosivos, su almacenamiento debería ubicarse lejos de estas instalaciones, colocación de extinguidores en sitios visibles y de fácil acceso, contar con botiquín de emergencia y tener identificado el hospital más cercano, así como la ruta de acceso más corta y segura, establecer un sistema de seguridad en las zonas de mayor tránsito, para evitar el paso de personas ajenas a la zona de trabajo.	Adverso
		Generación de empleos	Benéfico
Pavimentación	Afectación al microclima	No mitigable	Adverso
		Perdida de la utilización del suelo	Adverso
	Contaminación de la calidad de agua	Situar la subrasante por lo menos a 1.5 metros por encima de la capa freática, colocar parámetros para retener los sedimentos dureza la construcción, utilizar balsas de decantación	Adverso

CONTINÚA TABLA No. 7

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Pavimentación	Cambios en los patrones de escurrimientos de aguas superficiales	Contar con un buen proyecto de drenaje y subdrenaje	Adverso
	Afectación al suelo	La disposición de los sobrantes de la mezcla asfáltica deberá recogerse y, en camiones de volteo, retornarse a la planta de asfalto para sí reciclado o disposición definitiva.	Adverso
	Reducción de la infiltración	No mitigable	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico
Puente y pasos vehiculares	Modificación de cauces	Contar con un buen proyecto hidrológico, evitar el desvío de las corrientes superficiales (si es posible construir vados)	Adverso
	Interrupción temporal de corrientes	Procurar que estas obras se realicen en épocas de estiaje	Adverso
	Calidad del agua	Evitar arrojar desechos en las corrientes superficiales producto de la construcción	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico

CONTINÚA TABLA No. 7

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Obras complementarias	Modificación del drenaje natural	Colocar las obras complementarias de drenaje (cunetas, lavaderos, bordillos, etc.) en lugares adecuados	Adverso
	Incremento a la erosión	Reforestar las zonas donde se haya modificado el drenaje superficial a fin de reducir la erosión	Adverso
	Desplazamientos de fauna	Hacer un estudio de la movilidad de la fauna silvestre, así como zonas de pastoreo para colocar pasos inferiores que permitan un adecuado desplazamientos	Adverso
	Generación de empleos		Benéfico
Manejo y disposición de residuos de obra	Contaminación del suelo y subsuelo	Establecer bancos de tiro que no interfieran con las corrientes superficiales de agua, con las zonas de recarga de acuíferos y en zonas de baja productividad agropecuaria.	Adverso
	Deterioro del paisaje	Contar con un programa de restauración en bancos de tiro a fin de buscar la reutilización del suelo	Adverso

CONTINÚA TABLA No. 7

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Señalamiento	Deterioro del paisaje	Evitar señalamientos adicionales en el derecho de vía	Adverso
	Reducción de la visibilidad	Plantar arbustos para destacar las curvas, plantar arbustos en isletas y desviaciones para resaltar las entradas y salidas	Adverso
Servicios adicionales al usuario	Generación de empleos		Benéfico
	Generación de empleos		Benéfico, creación de paradores, este tipo de instalaciones deberán procurar adaptarse al paisaje de la zona
	Invasión del derecho de vía	Controlar los asentamientos y cambios en el uso de suelo dentro del derecho de vía	Adverso

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN (tomado del manual de la SCT “Catalogo de impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación”.)

III.4 ETAPA DE CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN

Esta es la etapa considerada fundamental en el proyecto, ya que una buena conservación ayuda no solo a que la vida útil de la carretera llegue a lo proyectado sino que en la mayoría de los casos se rebasan las metas que se tenían consideradas. Para que la vía funcione adecuadamente el mantenimiento debe incluir el mantenimiento preventivo, rutinario, correctivo y reconstructivo.

En esta etapa se consideraron dos actividades fundamentales:

- **Conservación:** Esta etapa de conservación se puede conformar de bacheo, limpieza y desazolve de cunetas, riego de sello, limpieza y reparación de señalamientos verticales, pintura de marcas de pavimento, etc.
- **Tránsito vehicular:** Esta etapa del mantenimiento de la carretera está más enfocada en las afectaciones producidas por la contaminación del aire, ruido, basura que es arrojada a la vía, accidentes, etc.

Otra parte de la que está constituida una carretera son los puentes, los cuales se consideran secciones especiales por el nivel de inversión económico a los cuales podría llegar dependiendo de sus características, como resultado estas estructuras requieren de un mantenimiento adecuado y una inspección periódica, la cual se constituye de algunos puntos fundamentales:

- Condición de la estructura superior, plataforma, armadura y cables
- Condición de la estructura inferior, vigas, estribos y cimientos
- Accesos, barandillas y materiales de piso
- Condición del canal bajo el puente y arrastre en el canal y socavación

Se detectaron 11 impactos ambientales y 21 posibles medidas de mitigación.

TABLA No. 8 ETAPAS DE CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Tránsito vehicular	Contaminación del aire	Establecer un programa de reforestación a fin de compensar la contaminación por emisiones de humo	Adverso
	Contaminación del ruido	Colocar barreras vegetales (vía reforestación), en caso específico deberá analizarse la necesidad de construir barreras con materiales absorbentes de ruido, pudiendo utilizarse el excedente de la excavación para formar barreras en zonas urbanas, reducir límites de velocidad de operación en zonas urbanas, desviar el tránsito pesado en horario nocturno en zonas urbanas.	Adverso

CONTINÚA TABLA No. 8

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Tránsito vehicular	Contaminación del suelo y agua	Establecer un programa permanente de recolección de desechos sólidos dentro del derecho de vía, así como las instalaciones de depósitos de basura a lo largo de la carretera, realizar campañas de vigilancia para evitar la formación de basureros en el derecho de vía.	Adverso, en caso de ser elevada la cantidad de basura recolectada, deberá hacerse un análisis de factibilidad sobre la creación de un relleno sanitario.
	Riesgo de accidentes	de Establecer un programa de seguridad que incluye procedimientos para casos de emergencia, señalización e iluminación en lugares conflictivos, sistemas de comunicación, etc.	Adverso
	Crecimiento urbano irregular por la orilla del camino	Incluir a los organismos de planificación del uso de suelo en todos los niveles, en el diseño y evaluación ambiental de proyectos, y planear un desarrollo controlado.	
	Incremento en la demanda de bienes y servicios		Benéfico

CONTINÚA TABLA No. 8

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Mantenimiento y conservación	Contaminación del agua superficial y subterránea y desequilibrio ecológico	Establecer un programa de limpieza y desazolve de cunetas, retirar escombros, control del manejo de combustibles y lubricantes y derivados de asfalto por personal técnico especializado para evitar fugas, construir obras de drenaje necesarias para mantener el patrón hidrológico superficial, inspeccionar las condiciones de cables, vigas, cimientos, etc., de puentes al menos cada dos años, limpiar arbustos en el canal, inspeccionar pintura, y tapar grietas.	Adverso
	Contaminación del aire	Reforestar los claros y partes altas con flora nativa de la región, cubrir con lona los materiales transportados en fase húmeda.	
	Riesgo de accidentes	Contar con los dispositivos de señalamiento adecuado y hasta donde sea posible hacerlo en las horas de menor tránsito vehicular, limitando la longitud al mínimo operativo.	Adverso
	Contaminación y erosión del suelo	Evitar el uso de herbicidas e insecticidas para la limpieza del derecho de vía, construir bermas, suavizar cortes a manera de restringir la superficie de afectación, recuperar el total de los materiales producto del desmonte y despilme de los bancos de préstamo laterales para trabajos de arroyo de taludes y disponer sobre la superficie afectada, inducir a los procesos de sucesión natural in situ.	Adverso

Etapas de conservación y operación (tomado del manual de la SCT “Catalogo de impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación”).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Generalizando los impactos ambientales que siempre existirán en todos los proyectos carreteros sin importar las características del mismo y tomando como referencia los procedimientos de evaluación realizados por la secretaria y basados en el artículo 35 de la LGEEPA para autorizar o no la viabilidad del proyecto, podemos evidenciar que si son tomadas las medidas de mitigación presentadas en este proyecto, los cuales reducirán los efectos que pondrían en riesgo el ecosistema de la zona, y tomando como antecedentes el análisis hecho a diversos estudios los proyectos de este tipo convertirían a la mayoría de los proyectos en viable para su construcción.

En ese contexto la oportuna y correcta aplicación de medidas de mitigación se transformara para la empresa constructora en una reducción en los costos y garantizando al mismo tiempo la menor afectación al medio ambiente.

Independientemente de los impactos que podría tener en la construcción de una vía de comunicación (carretera), se podría considerar como un mal necesario ya que sin ellas no se podría dar el desarrollo de una población, la generación de empleos que provoca, la comunicación entre poblaciones, centros de desarrollo y sitios de interés, lo que se evalúa como significativo y es el principal objetivo de un proyecto carretero.

BIBLIOGRAFÍA

- Castillo Chaires, I., Damian Hernandez, S. A., & Tellez Gutierrez, R. (2001). *IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS CARRETEROS. EFECTOS POR LA CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE SUPERFICIES DE RODAMIENTO: II PAVIMENTOS RIGIDOS*. Sanfandila, Qro.: SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES SCT.
- Damian Hernandez, S. A., Martinez Soto, A., & Aguirre Perez, J. M. (2000). *IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS CARRETEROS. EFECTOS POR LA EXPLOTACION DE BANCOS DE CORTE Y TERRAPLEN*. Sanfandila, Qro.: Secretaria de Comunicaciones y Transportes. SCT.
- Giordani, I., & Leone, I. (S/N). *PAVIMENTOS*. ARGENTINA: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL UTN.
- Hayasaka Reyes, J., & Peñafiel Solo, F. (1996). *PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO EN CARRETERAS*. MEXICO, D.F: INSTITUTO TECNOLOGICO DE LA CONSTRUCCION, A.C.
- Hernandez Michaca, J. L., Sanchez Granados, V. M., Castillo Chaires, I., Damian Hernandez, S. A., & Tellez Gutierrez, R. (2001). *IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS CARRETEROS. EFECTOS POR LA CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE SUPERFICIES DE RODAMIENTOS: I PAVIMENTOS FLEXIBLES*. Sanfandila, Qro.: Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT).
- Martinez Soto, A., & Damian Hernandez, S. A. (1999). *CATALOGO DE IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LAS CARRETERAS Y SUS MEDIDAS DE MITIGACION*. Sanfandilia, Qro.: SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTE (SCT).
- Mendoza Dias, A., Abarca Perez, E., Mayoral Grajeda, E. F., & Quintero Pereda, F. L. (2004). *RECOMENDACIONES DE ACTUALIZACION DE ALGUNOS ELEMENTOS DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS*. MEXICO: S.C.T.
- OTERO, A. V. (s.f.). CARRETERAS. En A. V. OTERO, *CARRETERAS* (pág. 156). S.C.T. (2011). *CONCEPTOS QUE CONFORMAN EL PROYECTO EJECUTIVO DE CARRETERAS*. CIUDAD DE MEXICO: S/N.
- SOLANO, G. E. (2014). *GUIA DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE UNA VIA EN PAVIMENTO FLEXIBLE*. BOGOTA D.C: UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, ESPECIALIZACION DE PAVIMENTOS.
- tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2944/Capitulo2. (s.f.). *GENERALIDADES Y DEFINICIONES DOBRE LOS PAVIMENTOS*.