



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PPS PARA MANTENIMIENTO DE
INFRAESTRUCTURA CARRETERA EN EL
ESTADO DE GUANAJUATO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

LESLIE VANESSA SANDOVAL REYES

DIRECTOR:

ING. MARCOS TREJO HERNÁNDEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, D.F. 2013





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



**DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/089/11**

Señorita
LESLIE VANESSA SANDOVAL REYES
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. MARCOS TREJO HERNÁNDEZ, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

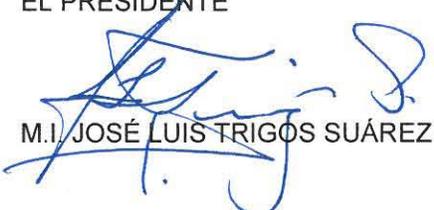
"PPS PARA MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA CARRETERA EN EL ESTADO DE GUANAJUATO"

- INTRODUCCIÓN
- I. MOVIMIENTO ECONÓMICO EN EL ESTADO DE GUANAJUATO
 - II. FINANCIAMIENTO DE PROYECTOS CARRETEROS
 - III. MANTENIMIENTO CARRETERO
 - IV. ESTUDIO DE CASO "PPS DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS EN EL ESTADO DE GUANAJUATO"
 - V. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 28 de Septiembre de 2011.
EL PRESIDENTE


M.I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JTS/MTH*gar.

Más de una vez me han preguntado ¿Por qué estudié Ingeniería Civil?, y la respuesta siempre es la misma y es muy sencilla. Estando aún en proceso de formación conocí a un profesor que marcó mi camino, me cautivó con su forma de pensar y su manera de ver la vida, incontables ocasiones me quedé después de clases para escucharle hablar de lo que es su gran pasión “la ingeniería”, brindándome la oportunidad de conocer más allá de mis fronteras resolviendo cada una de las dudas que me surgían (vaya que fueron muchas), con cada conversación entablada el respeto y admiración por su labor como Ingeniero aumentaba y con ello mi interés por convertirme en una Ingeniera semejante a él. Me transmitió que es posible romper mis paradigmas con actitud, congruencia y convicción.

Hoy en día estoy segura de que el camino que elegí no pudo haber sido mejor y me enorgullece enormemente la decisión que tomé.

AGRADECIMIENTOS

Al concluir un trabajo tan arduo y con un significado sumamente importante para mí, por qué con él termina una de las etapas más bellas de mi vida e iniciará una nueva llena de increíbles retos, no puedo dejar de agradecer a todas aquellas personas que de una u otra forma estuvieron presentes en este proceso compartiendo momentos buenos y no tan buenos.

En primer lugar quiero agradecer a mis padres, por acompañarme de forma incondicional en este recorrido, por ser mis guías, por aceptar mis decisiones aunque sé que en más de una ocasión les fue difícil comprenderlas pero siempre confiaron en mí y me apoyaron, por entender mis ausencias y mis malos ratos, porque a pesar de la distancia me hicieron sentir que les tenía cerca, siempre preocupándose y ocupándose por brindarme lo mejor que tienen. Sin su apoyo este sueño, hoy hecho realidad jamás habría sido posible. Es por eso que para mí hoy es una excelente oportunidad para decirles que los amo infinitamente y que gracias a ustedes hoy soy la mujer en la que me he convertido.

A mis hermanos, Andrés y Thania, en la vida podemos conseguir absolutamente todo lo que nos proponemos, lo importante siempre será creer que es posible, jamás se permitan dejar de creer en ustedes mismos y en la capacidad que tienen sin importar las circunstancias en las que se encuentren. Siempre tengan un sueño que alcanzar y no descansen hasta verlo realizado, habrá que hacer sacrificios pero les aseguro que valdrá la pena el resultado final, me siento afortunada y muy orgullosa de que sean mis hermanos y deseo que esto les sirva como motivación para encontrar su propio camino.

A mi abuelita Feli, por permitirme invadir su espacio y abrirme las puertas de su casa en todo este tiempo, por procurarme siempre y brindarme su cariño y cuidados.

A ti, mi gran amor, gracias por estar a mi lado en este largo proceso brindándome cada consejo y cada palabra de aliento, por mantenerte cerca incluso cuando pedí que te alejaras, iniciamos este reto juntos y me fascina haberlo concluido de la misma manera. Gracias por la paciencia, por tu entrega, por ayudarme a levantar y brindarme fortaleza cuando ya no la encontraba, por secar cada una de mis lágrimas y por alentarme a continuar cuando sentía que ya no podía, pero sobre todo gracias por tu amor, porque ha sido uno de los principales motores que he tenido. Me enseñaste a trabajar en equipo y siempre tienes una lección nueva que brindarme, jamás soltaste mi mano y caminaste a mi lado sin importar que tan adversas fueran las circunstancias, o que tan aferrada fuera yo. Fuiste mi cómplice y estoy convencida de que serás mi compañero de vida. Aún hay mucho que vivir y compartir juntos...

Al Profesor Marcos Trejo, por los conocimientos transmitidos durante la licenciatura y por su tiempo en la dirección de esta tesis.

A mis amigos, que me permitieron entrar en su vida en estos años, con los cuales compartí momentos de angustia y muchas alegrías.

A la UNAM, por brindarme las herramientas necesarias para convertirme en profesionista, es un orgullo pertenecer a la máxima casa de estudios.

Si caes es para levantarte,
si te levantas es para seguir,
si sigues es para llegar a dónde quieres ir,
y si llegas es para saber que lo mejor aún está por venir...

ÍNDICE

CAPÍTULO	PÁGINA
INTRODUCCIÓN.....	6
1. MOVIMIENTO ECONÓMICO EN EL ESTADO DE GUANAJUATO.....	8
1.1. Condiciones Socioeconómicas.....	11
1.2. Movilidad y flujo económico	13
1.3. Principales corredores carreteros.....	14
1.4. Infraestructura existente en el Estado.....	17
1.4.1. Infraestructura Ferroviaria	17
1.4.2. Infraestructura Aeroportuaria	19
1.4.3. Infraestructura Portuaria	19
1.4.4. Infraestructura Carretera.....	21
1.4.5. Necesidades y retos en infraestructura	23
2. FINANCIAMIENTO DE PROYECTOS CARRETEROS.....	25
2.1. Modelos tradicionales de financiamiento.....	25
2.1.1. Características generales de la Obra Pública Tradicional	26
2.1.2. Proceso de financiamiento.....	27
2.1.3. Ventajas y desventajas del modelo de financiamiento.....	31
2.2. Nuevos modelos de financiamiento	31
2.2.1. Clases de financiamiento	35
2.2.2. Sistema empleado en el financiamiento.....	46
2.2.3. Ventajas y desventajas del modelo de financiamiento.....	47
2.3. Comparación entre el modelo tradicional y los nuevos modelos de financiamiento.....	49
3. MANTENIMIENTO CARRETERO.....	51
3.1. Pavimentos utilizados en carreteras	54
3.2. Calidad y nivel de servicio en carreteras	57
3.2.1. Índice de Rugosidad Internacional.....	58
3.2.2. Índice de perfil	60
3.2.3. Deflexiones	62
3.3. Causas y tipos de deterioro en las carreteras	63
3.4. Diferentes esquemas de conservación.....	71

3.4.1.	Conservación rutinaria	71
3.4.2.	Conservación periódica	73
3.4.3.	Reconstrucción	78
3.5.	Inversiones en conservación de carreteras	79
4.	ESTUDIO DE CASO. “PPS para mantenimiento de carreteras en el Estado de Guanajuato” ..	82
4.1.	Estado actual de la infraestructura	82
4.2.	Diversas alternativas de proyectos	101
4.3.	Propuestas de alternativas que pueden ser PPS.....	104
4.4.	Proyecto PPS.....	109
5.	CONCLUSIONES.....	113
	BIBLIOGRAFÍA	116
	GLOSARIO	119

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la gran necesidad de infraestructura y servicios demandados por la población superan los recursos destinados para satisfacerlos, razón por la cual se requiere implementar nuevos esquemas de financiamiento, involucrando al sector público y al sector privado, para conseguir la provisión de bienes y servicios a la sociedad, y de esta forma evitar que haya rezago en el crecimiento económico de la misma.

Esta tesis tiene por objetivo, el proporcionar las herramientas necesarias para conseguir la estructuración de forma adecuada de un Proyecto para la Prestación de Servicios (PPS), que es una de las nuevas modalidades de financiamiento, en la cual se requiere que ambos sectores logren una sinergia para el éxito del mismo.

Para llevar a cabo un PPS de mantenimiento carretero es necesario realizar diversos estudios que permitan conocer las condiciones actuales de la red carretera, tales como características funcionales, estructurales y de demanda, ya que en función de ellas se hace la evaluación para determinar la conveniencia de aplicar o no un esquema PPS.

El Estado de Guanajuato está ubicado en la región del Bajío y es considerado como uno de los puntos de conexión más importantes de la República Mexicana, generando una gran actividad económica, como consecuencia de lo anterior, la movilidad existente en él es muy elevada y el deterioro de sus vías es alto, lo que ocasiona que las exigencias en cuanto a conservación se incrementen considerablemente.

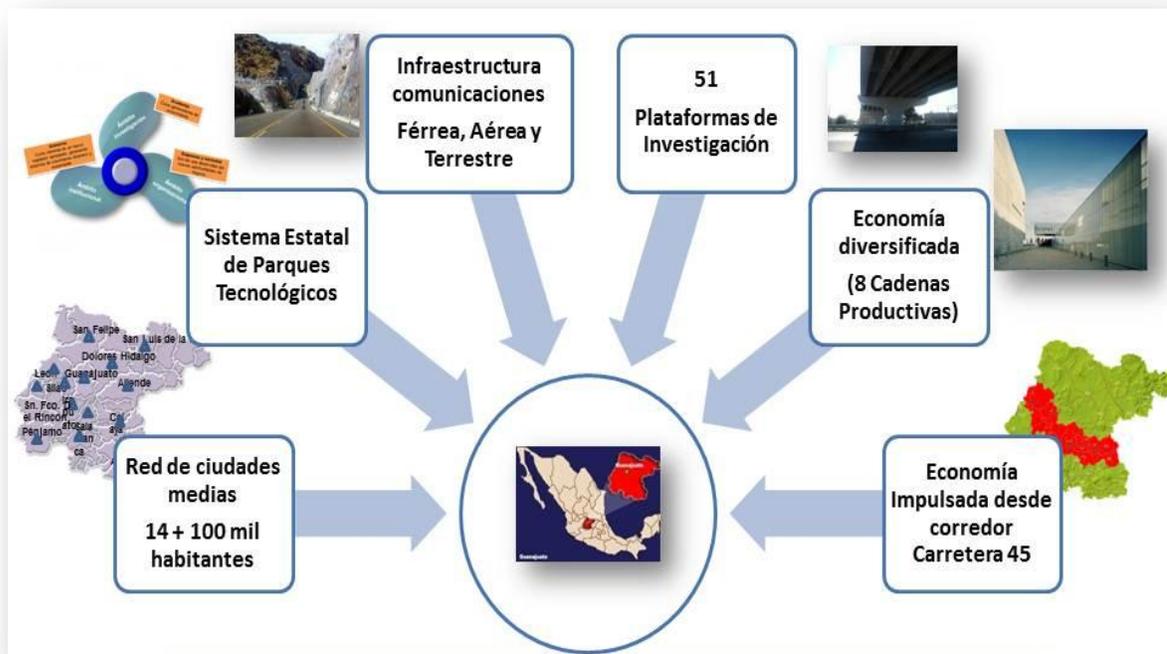
Guanajuato es de los Estados que poseen mayor cantidad de kilómetros de red carretera, debido a que la extensión es considerable le resulta muy costoso al Gobierno mantenerla en óptimas condiciones para proporcionar la seguridad y el nivel de servicio adecuados al usuario, razón principal por la cual se buscan los recursos del sector privado para efectuar el mantenimiento de la red.

El gran aforo vehicular que se tiene por la red carretera de Guanajuato y el que muchas de las vías son ya muy antiguas, elaboradas con normativa diferente a la que está vigente hoy en día, genera por una parte que el desgaste de las carreteras sea alto solicitando que se les invierta urgentemente en mantenimiento y por otra parte el que se modernicen para corregirlas y cumplir con los estándares solicitados actualmente.

El esquema de los PPS se implementó en el año 1992 en el Gobierno Británico, en México se comenzaron a desarrollar a partir del 2002 mediante una adaptación del esquema inglés al entorno mexicano; los tres primeros que se llevaron a cabo en nuestro país son el Hospital Regional de Alta Especialidad del Bajío en León, el de la carretera de Irapuato-La Piedad y el de la Universidad Politécnica de San Luis Potosí, los cuales han mostrado excelentes resultados por lo que se continúan proponiendo como una buena opción de financiamiento.

CAPÍTULO 1

MOVIMIENTO ECONÓMICO EN EL ESTADO DE GUANAJUATO



Fuente. http://enes.unam.mx/?lang=es_MX&cat=economia-y-negocios&pl=perspectivas-del-desarrollo-economico-en-guanajuato_1

1. MOVIMIENTO ECONÓMICO EN EL ESTADO DE GUANAJUATO

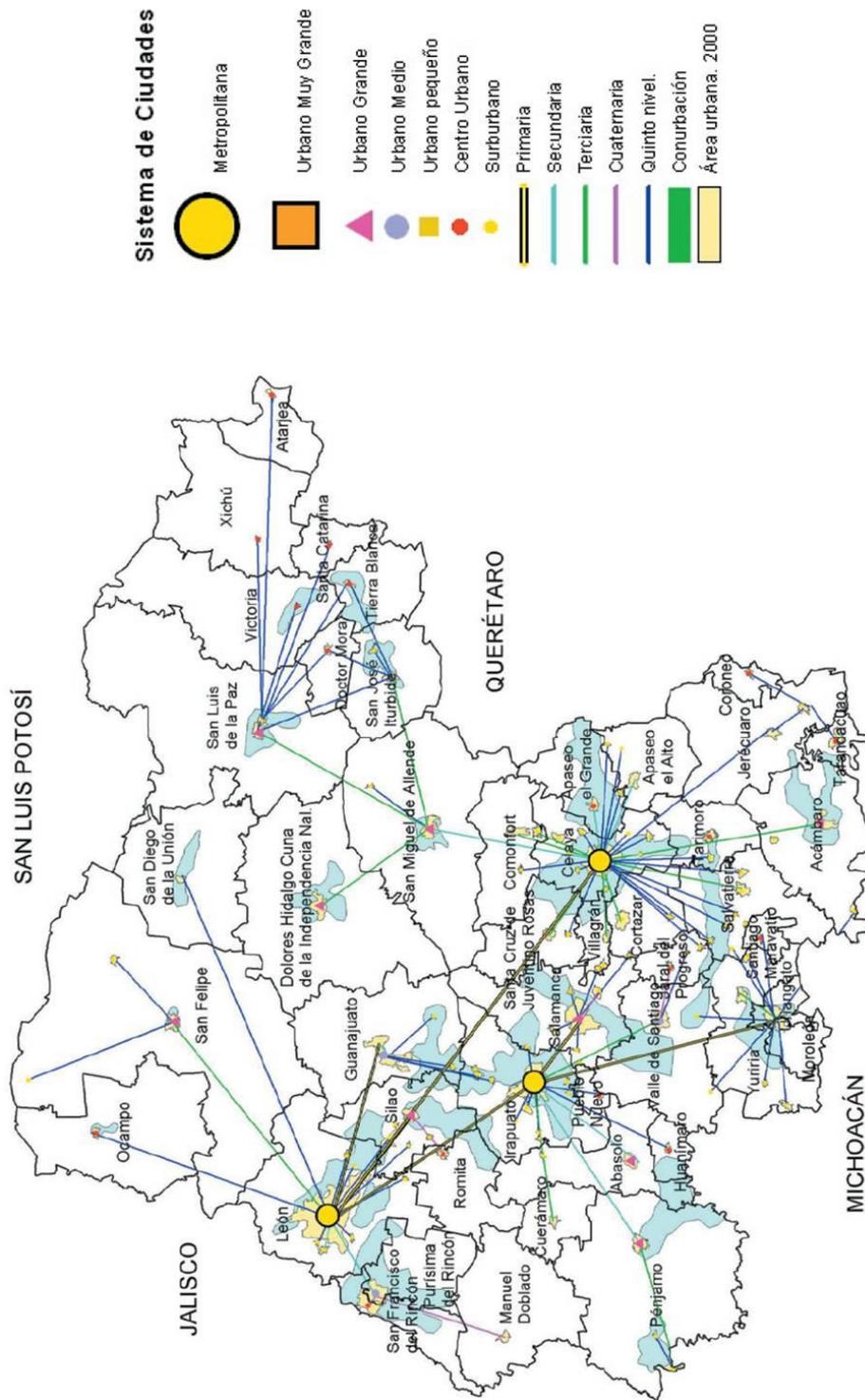
Guanajuato es un Estado que tiene una posición estratégica debido a sus condiciones geográficas, lo cual se aprecia en la figura 1, ya que se localiza en la mesa central de la República Mexicana; esta ubicación lo convierte en un punto articulador de comunicaciones y transportes, donde es posible que se desarrollen actividades económicas de escala nacional e internacional.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Ubicación geográfica de Guanajuato.

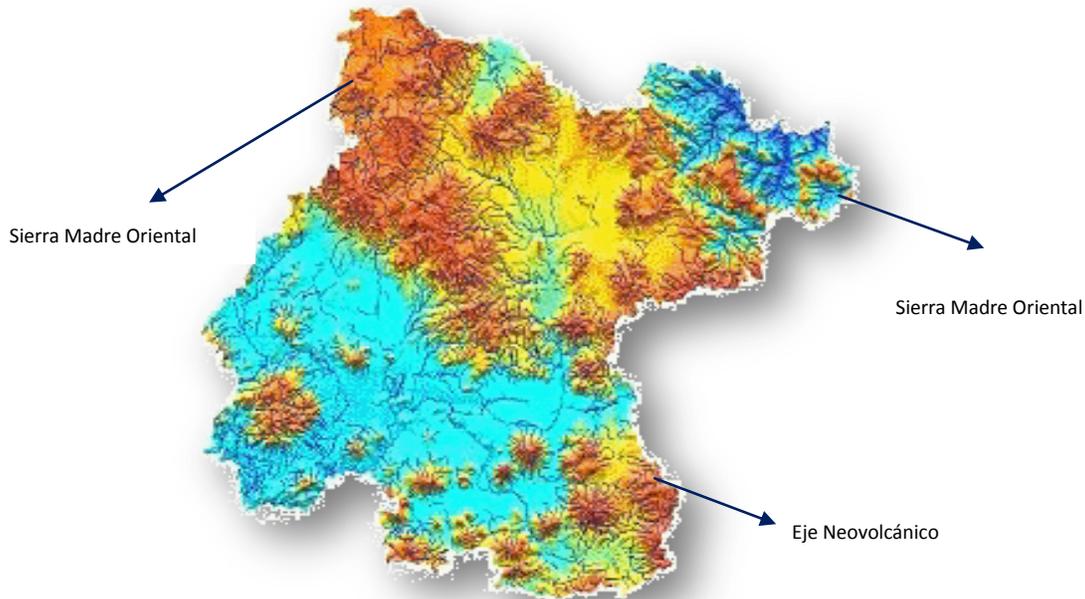
Guanajuato tiene una extensión territorial de 30,608 km² y se divide en 46 municipios, de los cuales los 10 principales de acuerdo a su población son: León, Irapuato, Celaya, Salamanca, Guanajuato, Silao, San Miguel de Allende, Pénjamo, Dolores Hidalgo y Valle de Santiago, que se aprecian en la figura 2.



Fuente: Plan de Gobierno del Estado de Guanajuato 2006-2012.

Figura 3. Estructura urbana de Guanajuato.

Además, cuenta con tres grandes regiones naturales, figura 4, cada una de ellas con características muy particulares: la región de la Mesa Central que ocupa la mayor parte del norte del territorio estatal y está integrada por amplias llanuras que albergan la principal zona minera de la entidad; la región correspondiente al eje Neovolcánico que abarca el centro y sur del Estado presenta el mayor desarrollo agrícola y la principal concentración de áreas urbanas, mientras que la región que corresponde a la Sierra Madre Oriental, es decir, el noreste del Estado está compuesta por sierras menores y es la menos apta para el desarrollo agrícola tecnificado e incluso para los asentamientos humanos.



Fuente: www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM11guanajuato/mediofisico.html

Figura 4. Regiones naturales de Guanajuato.

1.1. Condiciones Socioeconómicas

Actualmente el crecimiento o disminución de la población en los municipios del Estado de Guanajuato depende en mayor medida de los flujos migratorios, que de los nacimientos y muertes de sus habitantes; la migración interna tiene efectos diversos, ya sea como localidad de origen; debido a que acentúa el envejecimiento demográfico o como localidad de destino porque ejerce fuertes presiones sobre la oferta de servicios, así como la sustentabilidad de su desarrollo.

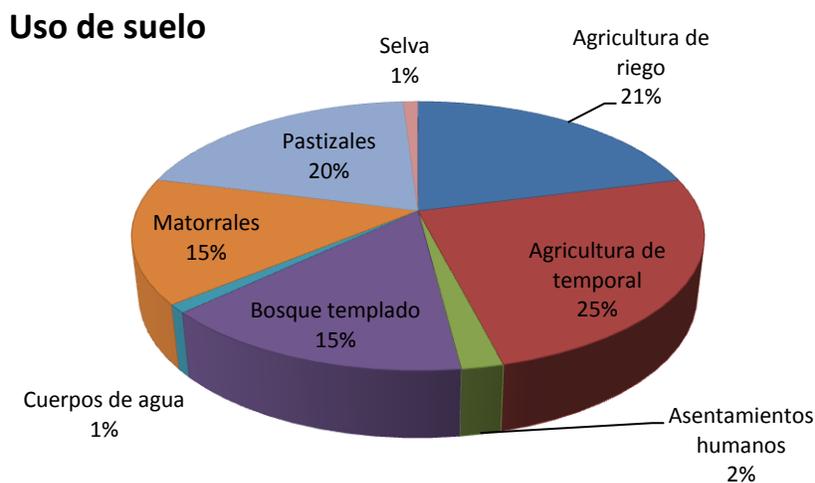
La creciente heterogeneidad mostrada en las últimas décadas por los hogares en el Estado, se relaciona con la etapa de transición demográfica y el nivel de desarrollo del mismo, en la actualidad es posible distinguir cinco tendencias a las que se dirigen las estructuras familiares: la reducción de su tamaño, la coexistencia de diversos tipos de arreglos familiares, el aumento de la proporción de familias encabezadas por mujeres, el envejecimiento de los hogares y una responsabilidad económica más equilibrada entre hombres y mujeres. La calidad de vida y el bienestar de las familias se relacionan con la

estructura de los hogares, así como con la etapa del ciclo de vida familiar en el que se encuentren, y por tal razón los hogares de menor tamaño tienden a presentar un mayor bienestar.

En un futuro cercano las familias las cuales son consideradas como la base de la sociedad, continuarán desempeñando en lo esencial sus funciones tradicionales, pero tendrán que adaptarse cada vez más a un entorno socioeconómico cambiante y a nuevas condiciones causadas por las transformaciones sociodemográficas y la apertura de horizontes culturales.

El Estado de Guanajuato presenta una de las densidades poblacionales más altas del país con 159 habitantes por km², sólo superado por el Distrito Federal, el Estado de México, Morelos, Tlaxcala y Aguascalientes; la mayor concentración de habitantes por km² se registra en los municipios que se encuentran a lo largo del corredor industrial. León es el municipio de mayor densidad al contar con más de 900 habitantes por km², mientras que los municipios del norte del Estado, Atarjea, Ocampo, San Felipe, San Diego de la Unión, San Luis de la Paz, Santa Catarina, Victoria y Xichú presentan las densidades de población más bajas, con menos de 60 habitantes por km². Por otra parte se tiene que los municipios de León, Irapuato, Celaya y Salamanca albergan a casi la mitad de la población ya que en ellos se concentra el 49% de la población total del Estado.

El uso de suelo en la agricultura representa el 46% de la superficie estatal, algunos de los principales cultivos son: maíz, sorgo, frijol, chile verde, brócoli, cebada y alfalfa; en la porción correspondiente al bosque que representa el 15% del territorio se desarrollan especies como el encino, el pino y oyamel que, bajo un adecuado plan de manejo, resultan altamente rentables y los asentamientos humanos ocupan sólo el 2% del territorio estatal, lo que se puede apreciar en la figura 5.

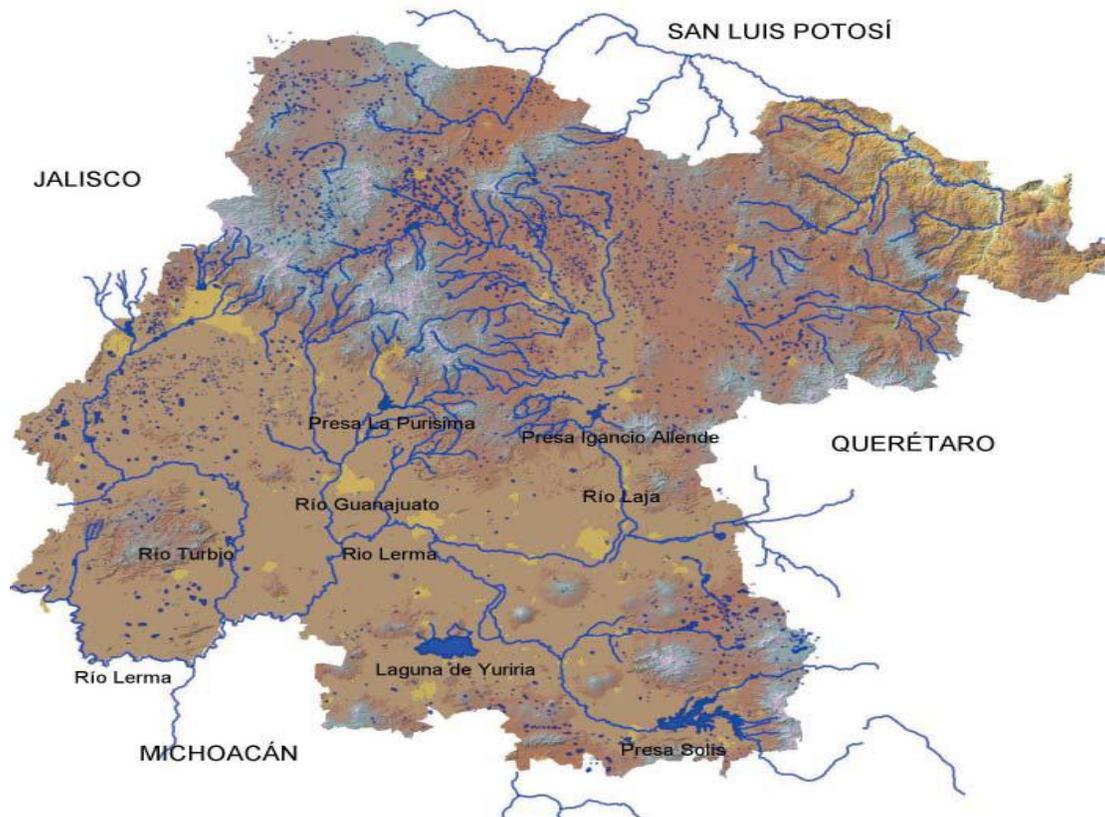


Fuente: Plan de Gobierno del Estado de Guanajuato 2006-2012.

Figura 5. Uso de suelo en Guanajuato.

En cuanto a recursos hidráulicos del Estado, destaca la región de la cuenca Lerma-Santiago, que representa 83% de la superficie estatal; el resto corresponde a la región del Alto Pánuco. Los principales ríos que conforman las diversas cuencas son: Lerma, Laja,

Turbio, Guanajuato-Silao, Temascatío y Verde en la región Lerma–Santiago, ahí se desarrollan las principales actividades económicas y se asientan los más importantes centros de población; en la región del Alto Pánuco se encuentra el río Santa María, y destacan como los principales cuerpos de agua superficial del Estado: la Presa Solís, la Laguna de Yuriria y las presas Peñuelitas, Ignacio Allende, la Purísima y el Palote. El resto de los almacenamientos lo constituyen presas de menor tamaño y bordos, destinados principalmente a las actividades agrícolas; lo anterior se puede apreciar en la figura 6.



Fuente: Plan de Gobierno del Estado de Guanajuato 2006-2012.

Figura 6. Principales cuerpos de agua en Guanajuato.

1.2. Movilidad y flujo económico

La diversificación económica del Estado incluye sectores productivos de alto valor agregado que han posicionado a Guanajuato en el primer lugar nacional en la fabricación de aparatos eléctricos de uso doméstico y en segundo lugar en la fabricación de automóviles y camiones; a la par en el desarrollo de los sectores tradicionales se destaca por tener el primer lugar en la fabricación de calzado, así como en la producción de cebada, brócoli y fresa, e incluso en la economía del conocimiento se ha fortalecido ya que en la actualidad es una de las entidades con mayor número de centros de investigación.

La fortaleza económica está basada en mayores flujos de inversión nacional y extranjera, financiamiento, exportaciones y un mejoramiento en el nivel de la productividad. Estos

incrementos han permitido una recuperación gradual de la capacidad de compra del salario, inducida a la vez por la estabilidad de precios en la mayoría de las actividades económicas; en cuanto a la atracción de inversiones, Guanajuato se ha colocado como la tercera entidad nacional que registra el mayor crecimiento en este rubro.

En el Estado existen dos grandes centros de conglomeración de unidades de transporte de carga, León y Celaya, además de dos centros con flotas de vehículos moderadas que son Salamanca e Irapuato.

1.3. Principales corredores carreteros

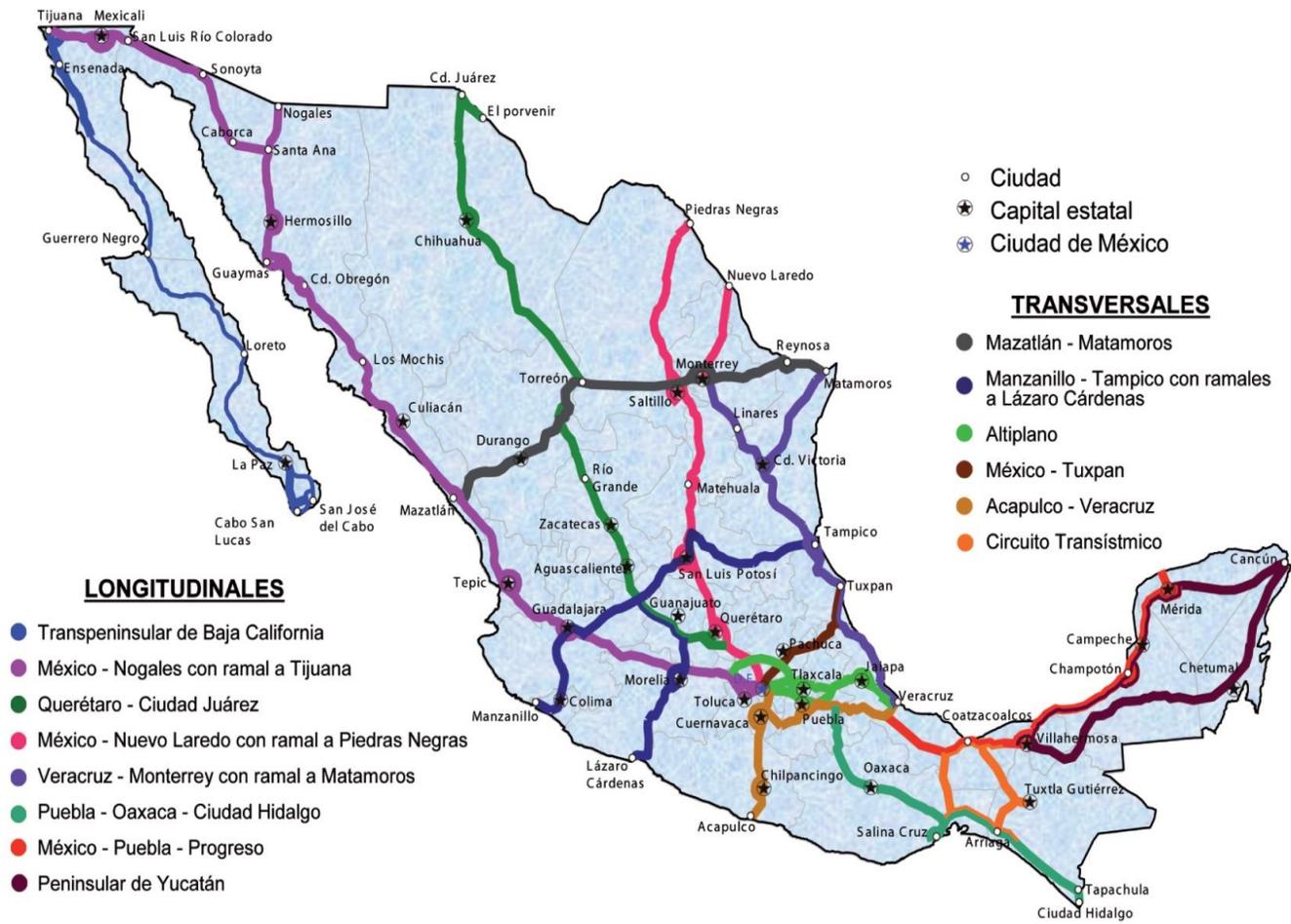
Uno de los componentes más importantes de la red básica nacional lo constituyen el conjunto de los 14 principales corredores troncales, con una longitud total de 19,245 km, a lo largo de los cuales circula la mayoría del tránsito carretero, están integrados por vías que comunican las principales zonas de producción industrial y agropecuaria así como los centros urbanos y turísticos más importantes del territorio nacional; cada uno de ellos se han denominado según sus puntos extremos, y algunos incluyen ramales de gran importancia, que en conjunto aseguran la cobertura de la mayor parte del territorio nacional.

Dentro de los corredores longitudinales se encuentran:

1. Transpeninsular de Baja California.
2. México-Nogales con ramal a Tijuana.
3. Querétaro-Ciudad Juárez.
4. México-Nuevo Laredo con ramal a Piedras Negras.
5. Veracruz-Monterrey con ramal a Matamoros.
6. Puebla-Oaxaca - Ciudad Hidalgo.
7. México-Puebla - Progreso.
8. Peninsular de Yucatán.

Dentro de los corredores transversales se encuentran:

9. Mazatlán - Matamoros.
10. Manzanillo - Tampico con ramales a Lázaro Cárdenas y Ecuandureo.
11. Altiplano.
12. México - Tuxpan.
13. Acapulco - Veracruz y
14. Circuito Transístico, los cuales se pueden apreciar en la figura 7.



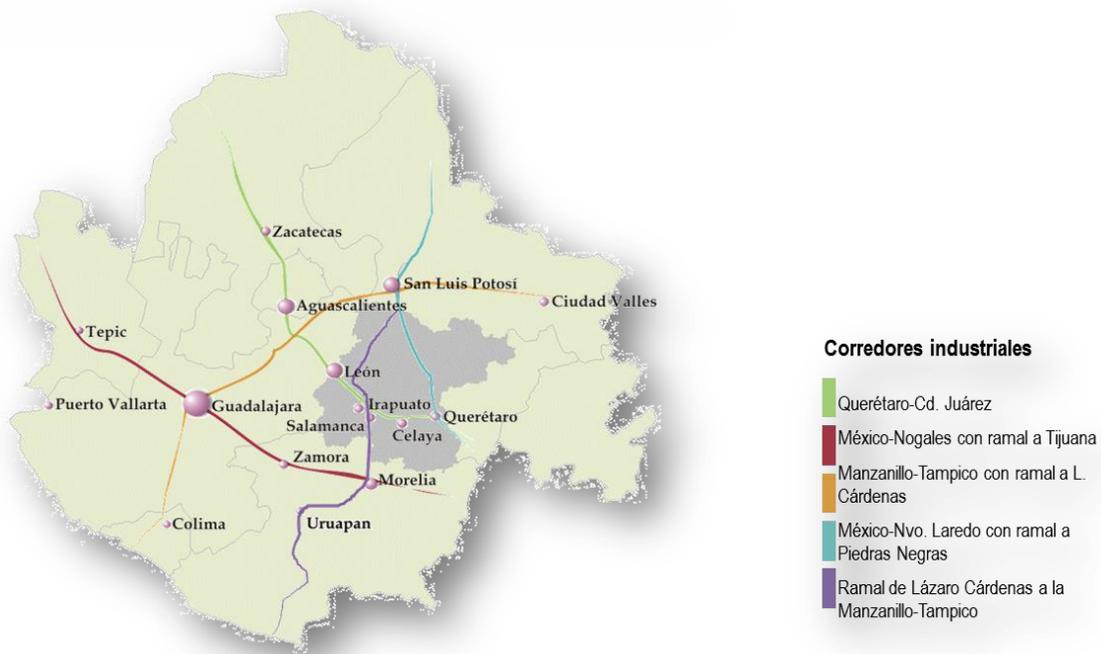
Fuente: <http://www.infraestructura.gob.mx/>

Figura 7. Corredores carreteros.

Los principales corredores carreteros que cruzan el Estado de Guanajuato se pueden apreciar en la figura 8, son núcleos de producción, servicios, equipamiento e instalaciones especiales, cuya finalidad es articular y potenciar la presencia del Estado interregional e incluso nacionalmente.

De los 14 ejes troncales de la red carretera nacional, tres cruzan el territorio de Guanajuato y uno más beneficia a la población en el sur del Estado (carretera federal 15, México – Nogales).

Esta infraestructura en conjunto con la estratégica ubicación geográfica de Guanajuato lo comunican con cuatro de los mercados más importantes del mundo: al occidente se articula con Guadalajara, que es el punto de enlace con los puertos de Mazatlán y Manzanillo donde se intercambian mercancías con la cuenca del Pacífico; el eje troncal Querétaro – Ciudad Juárez (carretera federal 45), el cual constituye el corredor donde se desarrollan las principales actividades productivas y de servicios en el Estado, además de comunicar al mismo con Estados Unidos de Norteamérica a través de Ciudad Juárez; al sur, el eje troncal Manzanillo – Tampico con ramal a Lázaro Cárdenas y Ecuandureo (carretera federal 43), se integra al Mercado-Sur a través del puerto Lázaro Cárdenas; finalmente, el eje troncal México – Nuevo Laredo (carretera federal 57) también comunica a Guanajuato con Estados Unidos de Norteamérica, y con los puertos de Matamoros, Tampico y Tuxpan, integrando a Guanajuato con el mercado de la Unión Europea.



Fuente: Plan de Gobierno del Estado de Guanajuato 2006-2012.

Figura 8. Principales corredores carreteros que atraviesan Guanajuato.

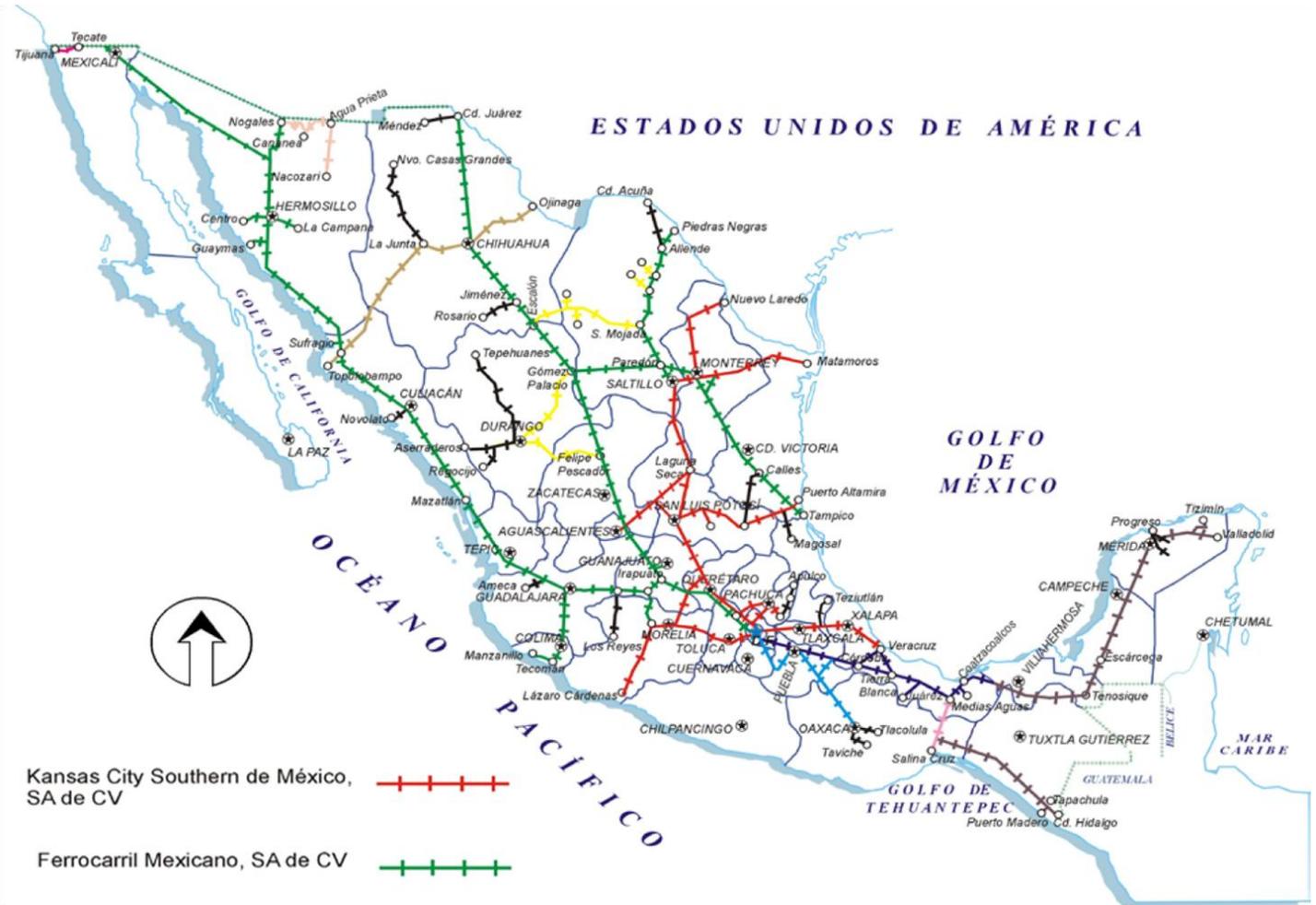
1.4. Infraestructura existente en el Estado

La infraestructura en comunicaciones y transportes componen un potencial para generar nuevas oportunidades económicas, sociales y políticas con el objetivo de enriquecer el horizonte de la población del Estado y con ello la del país.

1.4.1. Infraestructura Ferroviaria

Guanajuato cuenta con un sistema ferroviario de gran relevancia en la región del Bajío por su capacidad para la transportación de carga, representa el centro de distribución y tránsito mercantil de una amplia gama de productos básicos e industriales, debido a que el Estado se encuentra en la zona centro del país y está interconectado con el Golfo de México, Océano Pacífico, frontera norte con las principales compañías ferroviarias que son: Ferromex y Kansas City Southern, las cuales se pueden apreciar en la figura 9.

Guanajuato posee una longitud total de 1,085 km en vías férreas, de los cuales 751.3 km según el tipo de vía pertenecen a ramales y troncales, 240.5 km pertenecen a vías secundarias y finalmente 93.2 km son vías particulares.



Fuente: Anuario Estadístico de SCT 2011.

Figura 9. Sistema ferroviario de pasa por Guanajuato.

1.4.2. Infraestructura Aeroportuaria

La infraestructura aeroportuaria estatal integrada por el Aeropuerto Internacional de Guanajuato, el aeropuerto de Celaya y once aeródromos con aeropistas de corto alcance, cuya finalidad es comunicar directamente al Estado con las más importantes ciudades del país y de los Estados Unidos de Norteamérica. El Aeropuerto Internacional de Guanajuato colinda con el Puerto Interior de Guanajuato. En la figura 10 se muestran los aeropuertos que existen en el Estado.



Fuente: Plan de Gobierno del Estado de Guanajuato 2006-2012.

Figura 10. Infraestructura aeroportuaria de Guanajuato.

1.4.3. Infraestructura Portuaria

El Puerto Interior localizado en la ciudad de Silao, se puede apreciar en la figura 11, es considerado como el corazón de una de las zonas con mayor actividad económica en México, conocida como el Bajío, se destaca por ser una de las grandes estrategias de desarrollo, consiste en un centro logístico e industrial de distribución de carga terrestre, aérea y ferroviaria, así como de producción y almacenamiento de bienes para el mercado nacional e internacional.



Fuente: http://www.cargainfo.com/front_content.php?idcat=1233&idart=2764/

Figura 11. Puerto Interior de Guanajuato.

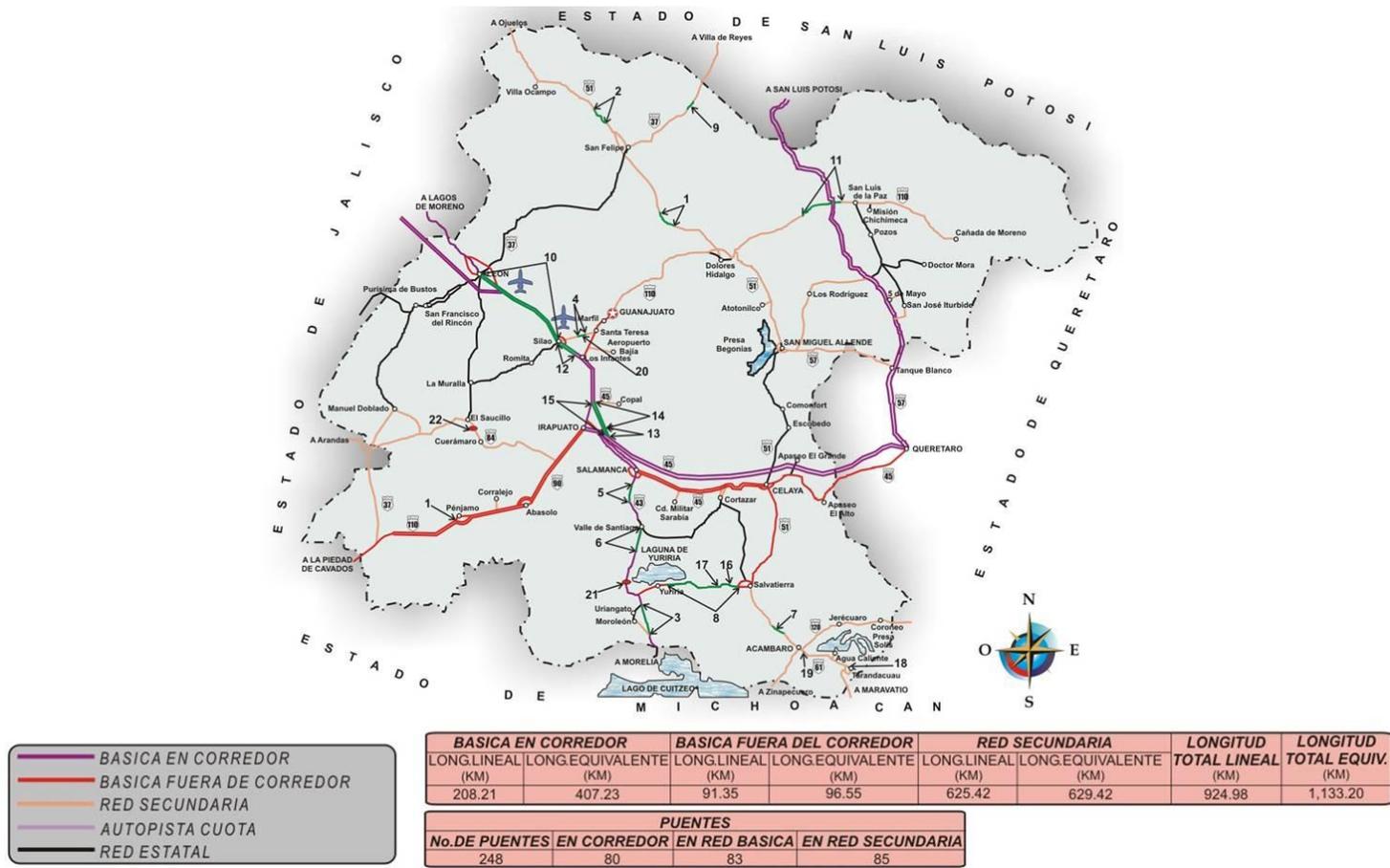
1.4.4. Infraestructura Carretera

Guanajuato es uno de los Estados mejor comunicados del país, ya que en un radio de 400 km² se tiene acceso a más del 60% de la población del país, 80% del mercado mexicano, 70% de los establecimientos industriales, 70% de la industria automotriz y 70% del comercio internacional.

El sistema carretero en el Estado se puede apreciar en la figura 12, tiene una longitud total de 12,000 km, de los cuales 4,009 km corresponden a carreteras libres pavimentadas, 158 km a autopistas de cuota, 1,127 km a secundarias pavimentadas, 4,496 km a caminos rurales, 191 km a caminos alimentadores y 2,019 km a brechas.

La red carretera federal es atendida en su totalidad por el Gobierno Federal, registra la mayor parte de los desplazamientos de pasajeros y carga entre ciudades y canaliza los recorridos de largo itinerario, los relacionados con el comercio exterior y los producidos por los sectores más dinámicos de la economía nacional.

De las carreteras libres 1,572.2 km pertenecen a la red federal, mientras que 2,436.8 km están distribuidos entre los 46 municipios, y son administrados y conservados por el Estado, de éstos el 43% de su longitud se encuentra en un estado bueno, el 48% en estado regular y el 9% en estado malo.



Fuente: <http://dgcc.sct.gob.mx/index.php?id=716>

Figura 12. Red carretera de Guanajuato.

1.4.5.Necesidades y retos en infraestructura

La inercia de la economía mundial, los avances tecnológicos y la dinámica socio-demográfica del Estado de Guanajuato, definen las necesidades y retos de la sociedad en el presente y el futuro; satisfacer dichas necesidades es posible mediante un crecimiento económico equitativo y sustentable; que reduce las condiciones de desigualdad económica y social, y mejora el nivel de bienestar para incrementar las condiciones de competitividad sin deteriorar el medio ambiente.

Las principales carencias en cuanto a infraestructura se presentan en localidades rurales y marginadas, la gran mayoría de difícil acceso y dispersas en el territorio estatal; los caminos rurales cumplen una función principalmente social pero de alto impacto económico ya que comunican a las localidades permitiendo el movimiento de personas, además de la prestación de servicios y la salida de productos agrícolas. Dentro de los principales retos de infraestructura en Guanajuato se tiene que se requiere fortalecer y facilitar el acceso a la vivienda, la conservación y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, infraestructura básica e hidráulica en zonas marginadas, además de poseer una infraestructura estratégica y complementaria dentro del Estado.

En México, las principales fuentes de recursos para financiar inversiones en carreteras son: el presupuesto general del Estado, en sus diferentes niveles territoriales, los peajes que se cobran en las autopistas de cuota y un sobreprecio a los combustibles que se aplica como cargo a los usuarios de las carreteras, por lo que es necesario impulsar la participación del sector privado y público en el financiamiento de infraestructura y servicios públicos como nueva fuente de financiamiento y así aumentar los montos disponibles para generar nuevos proyectos carreteros en el Estado. También es importante contar con una planeación regional, la perspectiva de largo plazo en la infraestructura estratégica, la eficiencia en la recaudación, administración y aplicación de los recursos públicos y consolidar los procesos de integración y seguimiento de la inversión pública, para establecer las condiciones institucionales, legales y técnicas para los nuevos esquemas de financiamiento.

Es importante destacar que el desempeño económico de un País, Estado o Municipio se basa fundamentalmente en el crecimiento de su producción de bienes y servicios, de tal forma que se observa que para la creación y la modernización de la infraestructura carretera, así como de los diferentes modos de transporte y de las comunicaciones se requiere de recursos de inversión públicos y privados para que se logren satisfacer las necesidades de la población.

CAPÍTULO 2

FINANCIAMIENTO DE PROYECTOS CARRETEROS



Fuente. SCT

2. FINANCIAMIENTO DE PROYECTOS CARRETEROS

2.1. Modelos tradicionales de financiamiento

El Estado, es decir, el sector público tiene el deber de satisfacer las necesidades que tienen un interés generalizado para la población y para ello cuenta con la opción del modelo tradicional de financiamiento de obra pública, en este esquema la infraestructura o servicios son financiados con los recursos presupuestales asignados por el Gobierno Federal o Local y el financiamiento es registrado como deuda pública. En el modelo tradicional, el sector público contrata la construcción y controla el avance físico de la obra o servicio y al terminar la obra el Gobierno paga al contratista incluyendo los precios excedentes, los cuales se pagan hasta el final, pueden ocurrir por problemas climáticos, o algún conflicto en el diseño, están fuera del catálogo de conceptos inicial y no hay estimación que los incluya por no estar contemplados, sin embargo se llevan a cabo por tener relación con el objeto del contrato.

De acuerdo al modelo tradicional cualquier servicio u obra pública debe estar incluido en el programa de obra pública con su debido presupuesto asignado, por tal motivo todo servicio u obra requiere ser planeada, programada y presupuestada con la finalidad de evitar que existan desviaciones en cuanto al costo, tiempo de ejecución, calidad y seguridad; posteriormente a esto el sector público contrata, ejecuta y controla todo lo relacionado con la obra en cuestión. En la planeación se consideran aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales con el objetivo de garantizar que el proyecto a ejecutar es factible y generará un beneficio a la sociedad.

Para llevar a cabo la planeación de la obra pública es necesario que los entes públicos, es decir los relacionados con el Gobierno, consideren los aspectos que proporcionen un sustento a las decisiones tomadas para efectuar correctamente la planeación de la obra pública, para ello se requiere que los responsables en realizar dicha actividad se ajusten a los planes y programas previstos en las leyes de planeación Federal, Estatal y Municipal, además de que es fundamental que todas las acciones a realizar se prevean para tener un mejor control de la obra, por tal motivo es importante que se cuente con los estudios de preinversión y de rentabilidad social que son los que ayudan a definir la factibilidad técnica, económica, ambiental y los beneficios que se obtendrán por la ejecución de la obra, se debe contar con objetivos y metas claros así como con los recursos establecidos en los presupuestos del Gobierno.

El sector público es el encargado de prever los trámites necesarios para la adquisición del terreno que requiera la obra. Se debe considerar todas las obras complementarias que garanticen que el sitio donde se ejecutará la obra será accesible, de fácil evacuación y de libre tránsito, finalmente también es en esta etapa en donde se evalúan los posibles efectos que pueda causar la obra al medio ambiente así como las acciones necesarias de mitigación.

En la etapa de la programación y presupuestación el sector público elabora el programa de obra pública con el presupuesto correspondiente, dicho presupuesto debe incluir los costos que corresponden a las investigaciones, asesorías, consultorías, estudios y proyectos arquitectónicos, de ingeniería e impacto ambiental, además de los costos por la adquisición del terreno, obtención de trámites, permisos y licencias necesarios para la realización de la obra, costos relacionados con el suministro de materiales, utilización de maquinaria, equipo y mano de obra. Por otra parte en esta misma etapa se tiene la

calendarización física para la ejecución de la obra y financiera de los recursos que son necesarios, buscando que se tengan recursos hasta que se llegue a la terminación total de la obra, además es necesario que se precise el tiempo de ejecución de la obra indicando las fechas de inicio y término, es importante que exista una perfecta coordinación con el objetivo de evitar duplicidad o interferencias en los trabajos ya que esto genera retrasos en la obra.

El sector público es quien presupuesta de manera específica un monto acorde a la asignación de recursos para el pago de los servicios relacionados con la obra pública y para trabajos de mantenimiento, reparación, restauración, rehabilitación y conservación; por otra parte también al conocer el programa de inversión aprobado se encarga de programar una etapa de ejecución anual de aquellas obras y servicios que excedan un ejercicio presupuestal, a fin de que se estime el costo de dicha etapa para su contratación en función de la inversión que le sea asignada en el programa de obra autorizado. Sí se tiene una obra o servicio cuya ejecución excede un ejercicio presupuestal se debe estimar el costo total así como el relativo de cada uno de los ejercicios que abarque; en la formulación de los ejercicios subsecuentes, además de considerar los costos que se encuentren vigentes, se deben tomar en cuenta las provisiones necesarias para los ajustes de costos y convenios que aseguren la continuidad de las obras y servicios, así como los trabajos, siempre y cuando la obra se contrate íntegramente desde un principio y no por etapas; los trabajos cuya ejecución comprenden más de un ejercicio presupuestal, pueden ser formulados en un solo contrato por la vigencia que resulte necesaria para su ejecución, sin embargo quedan sujetos a la autorización presupuestal para cada ejercicio en los términos de la ley.

2.1.1.Características generales de la Obra Pública Tradicional

Como obra pública se puede entender cualquier cosa hecha o producida por el sector público con un propósito de interés general y destinado al uso público, o simplemente un servicio que brinde un beneficio a la sociedad.

Por simplicidad y para efectos de estudio la obra pública se puede clasificar en actividades propias de la obra pública, los estudios y trabajos necesarios para llevar a cabo la obra pública y los servicios que se relacionan con la obra pública.

a) Actividades propias de la obra pública. En esta clasificación quedan comprendidas: la construcción, instalación, conservación, ampliación, adaptación, adecuación, remodelación, restauración, reparación, rehabilitación, mantenimiento, modificación o demolición de bienes inmuebles que son considerados como patrimonio del Estado, es decir, aquellos que tienen una situación fija y no pueden ser desplazados sin ocasionar daños a los mismos, son destinados al uso común y ejecutados con recursos públicos.

b) Estudios y trabajos para poder llevar a cabo la obra pública. Son todos los estudios cuya finalidad sea la explotación y desarrollo de los recursos naturales y de los que pueda disponer el sector público por medio de los convenios correspondientes; dentro de los estudios se encuentran aquellos relacionados con la exploración, localización, perforación y mejoramiento del suelo, además de los trabajos de infraestructura hidráulica o los estudios técnicos dentro de los cuales están los hidrológicos, mecánica de suelos, sismología, topografía, ingeniería de tránsito y sanitaria, por mencionar algunos, así como los estudios económicos, de preinversión, factibilidad técnico-económica, ecológica,

social, financieros de desarrollo o todos aquellos que sean necesarios para integrar el proyecto ejecutivo.

c) *Servicios que se relacionan con la obra pública.* Dentro de los servicios relacionados con la obra pública se pueden encontrar la planeación y el diseño lo cual incluye los trabajos que tengan por objeto concebir, diseñar, proyectar y calcular los elementos que integran un proyecto de ingeniería básica, estructural, de instalaciones, de infraestructura o de cualquier otra especialidad de la ingeniería que se requiera para integrar un proyecto ejecutivo; el proyecto ejecutivo es el plan que incluye las condiciones técnicas, científicas, económicas y sociales con el objetivo de materializar un proyecto de obra pública; en él se indican los medios necesarios para su realización, incluye planos, especificaciones, normas y procedimientos indispensables para la construcción, modernización o rehabilitación de la carretera.

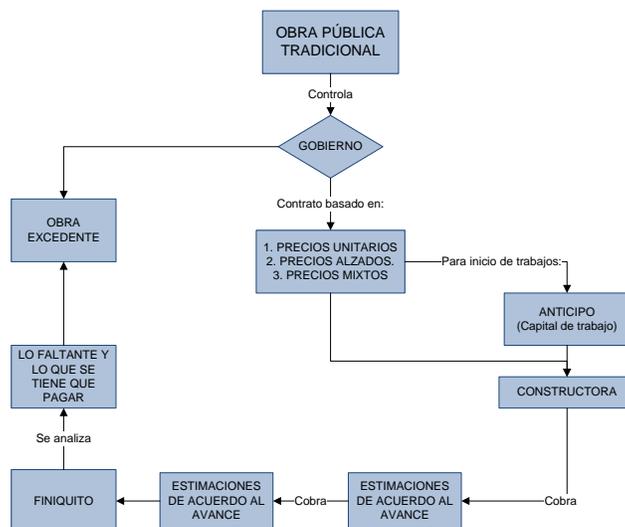
Dentro de la clasificación de servicios además se encuentra la elaboración de anteproyectos y diseños arquitectónicos, la asesoría, gerenciamiento y consultoría para llevar a cabo las actividades de coordinación, supervisión y control de obra, además de los trámites necesarios para la liberación de los bienes inmuebles en los que se vaya a ejecutar la obra pública.

2.1.2.Proceso de financiamiento

El sector público tiene dos formas de efectuar la obra pública mediante contrato o por administración directa.

La obra pública llevada a cabo por contrato se adjudica por medio de una licitación pública esto con una convocatoria, con la finalidad de garantizar que el sector público tendrá las mejores condiciones disponibles en lo que se refiere al precio, financiamiento y calidad.

Existen tres tipos de contratos que pueden ser celebrados, los que se basan en los precios unitarios, los basados en precios alzados y los mixtos, los cuales se pueden observar en la figura 13.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Tipos de contratos.

a) *Contratos basados en precios unitarios.* Estos ocurren cuando el pago que el sector público brinda al contratista se hace por unidad de concepto de trabajo terminado, ejecutado conforme al proyecto establecido.

b) *Contratos basados en precio alzado.* Estos se presentan cuando el pago total fijo que el sector público efectúa al contratista es por los trabajos totalmente terminados y ejecutados en el plazo establecido en el proyecto; la principal característica de estos contratos es que no están sujetos a ajustes de costos y sólo pueden ser modificados en el monto o plazo en caso fortuito o de fuerza mayor.

c) *Contratos basados en precios mixtos.* Este tipo de contratos se llevan a cabo cuando existe una combinación de los dos contratos anteriores, es decir, una parte de los trabajos se basa en precios unitarios y otra parte está basada en precios alzados.

En el caso de la obra ejecutada por administración directa el sector público efectúa por sí mismo la obra pública, utilizando su propio personal administrativo y técnico, maquinaria y equipo de construcción para el desarrollo de los trabajos.

El responsable asignado por el sector público antes de ejecutar la obra pública debe emitir el acuerdo respectivo e informar a la persona correspondiente que sirve de instrumento para controlar la obra, además de que debe informarle periódicamente sobre el avance físico, los gastos efectuados, el personal, material y equipo de construcción utilizado así como de la terminación de la obra; en el acuerdo que se emite se integra la descripción de la obra que se ejecutará, los proyectos, los planos, especificaciones, programas de ejecución, suministros y el presupuesto que le corresponde.

Por otra parte, se sabe que existen diversos procedimientos de contratación mediante los que el sector público puede contratar la obra, los cuales son: licitación pública, licitación simplificada, y adjudicación directa.

i) *Licitaciones públicas*

Las licitaciones públicas pueden ser de carácter nacional o internacional en lo que se refiere a convocatoria y se publican cuando menos una vez en un periódico de cobertura nacional y en el de mayor circulación en el Estado en el que se llevará a cabo la obra; la participación de los extranjeros se puede negar cuando no exista un tratado con su país de origen y dicho país no conceda un trato recíproco a los licitadores nacionales.

El sector público emite la convocatoria pública, dicha convocatoria contiene el nombre del ente que convoca, la especificación del carácter, es decir, si es nacional o internacional la licitación, la forma en que los participantes deben acreditar su personalidad jurídica, su capacidad técnica y financiera de acuerdo a la obra licitada, la solicitud de registro en el padrón de contratistas, el capital contable requerido que no debe ser mayor al 30% del importe que se estima para la obra a ejecutar, el tipo de contrato, la descripción general de la obra o del servicio a contratar, la fecha, horario, costo y forma de pago de la inscripción, además de los criterios conforme a los cuales se decidirá la adjudicación de la obra; por mencionar algunas.

El sector público pone a disposición de los interesados las bases para la licitación que contiene el lugar, fecha y hora de la visita al sitio en donde se llevará a cabo la obra, así como de la junta de aclaraciones y la definición de los alcances, además de lo

correspondiente a la comunicación de fallo y firma de contrato, los criterios claros y detallados para la evaluación de las propuestas, la relación de materiales y equipo que proporciona el sector público, la experiencia y capacidad técnica necesarias de los participantes las cuales se relacionan con las características, complejidad y magnitud de los trabajos así como la capacidad financiera y solvencia económica que debe acreditarse por un contador público certificado; también incluye el catálogo de conceptos de obra, el modelo de contrato, y si el contrato es a precio alzado se indican las condiciones de pago, los proyectos arquitectónicos y de ingeniería que se requieran para preparar la proposición, normas de calidad de los materiales y especificaciones generales y particulares de la construcción.

En caso de que exista alguna modificación a las bases de la licitación que surja a partir de la visita al sitio o de la junta de aclaraciones se considera como parte de las propias bases de licitación.

El sector público entrega el proyecto ejecutivo ya que constituye la base fundamental para la correcta operación, presupuestación, programación, contratación, ejecución, supervisión y control, además de las especificaciones, con la finalidad de que cada participante determine el costo para la integración de su propuesta. Las propuestas que presentan los participantes deben ser desglosadas por actividades principales o partidas, en base a los términos de referencia o a las bases de licitación. Los participantes entregan sus propuestas técnica y económica; la propuesta técnica incluye los datos básicos de los materiales puestos en el sitio de la obra, la maquinaria y equipo de construcción, la mano de obra a utilizarse, entre otros; y la propuesta económica contiene el catálogo de conceptos, unidades de medición, cantidades de trabajo, precios unitarios así como el análisis de los conceptos solicitados que se conforman por costos directos, costos indirectos, costos de financiamiento y cargo por utilidad, además de los programas calendarizados de la ejecución de los trabajos, por mencionar algunos.

En el procedimiento de las licitaciones se lleva a cabo el acto de presentación y apertura que es dirigido por un servidor público quien tiene la autoridad de aceptar o rechazar las propuestas que no cumplan con lo establecido; el sector público para hacer la evaluación verifica que dichas propuestas incluyan la información, documentación y requisitos solicitados en las bases de la licitación, que se señale plazo y costo de la obra y que el programa de ejecución de obra sea congruente con el plazo solicitado y con los recursos considerados por el participante, que contenga el análisis cálculo e integración de los precios unitarios acordes a las condiciones de costos vigentes de la zona.

Una vez que la evaluación de las propuestas es realizada y se revisa la congruencia de la propuesta económica presentada por el licitador con las características técnicas y económicas de los trabajos a realizar; el contrato se adjudica al licitador cuya propuesta reúne de acuerdo a los criterios de adjudicación establecidos en la convocatoria y en las bases de licitación las condiciones técnicas, económicas y legales que requiere el sector público y que garantice el cumplimiento de las obligaciones adquiridas.

Finalmente el sector público emite el fallo de la licitación, esto mediante una junta pública a la cual pueden asistir todos los participantes que intervinieron en el acto de presentación y apertura de propuestas, se levanta el acta en la que se indica al ganador y el monto de su propuesta, además se debe informar mediante un escrito a aquellos participantes a los cuales el fallo no les resultó favorable y las causas.

ii) Licitaciones simplificadas

El sector público puede optar por no llevar a cabo el procedimiento de licitación pública pudiendo celebrar los contratos a través de la licitación simplificada.

El procedimiento para esta licitación se lleva a cabo en tres etapas, la primera etapa es en donde ocurre la invitación y recepción de propuestas, la segunda etapa es la apertura de propuestas, las cuales contienen las propuestas técnica, económica y legal; se tiene como condición que deben de existir un mínimo de tres propuestas aceptadas, en caso de no ser así el sector público debe declarar el concurso desierto y finalmente se tiene la etapa del fallo de adjudicación en la junta pública.

El procedimiento de licitación simplificada procede cuando el monto de la obra o etapa programada no excede el límite o rango autorizado. Es importante recordar que para que el sector público convoque, adjudique y contrate la obra pública debe contar con la autorización de los recursos financieros.

iii) Adjudicación directa

Al igual que en el caso anterior, la contratación por adjudicación directa procede cuando el monto de la obra o etapa programada no excede el presupuesto autorizado por el Estado.

Este procedimiento de contratación procede cuando pelagra o se altera el orden social, la economía, los servicios públicos, la salubridad o el ambiente, cuando resulta necesaria a consecuencia de algún desastre natural, o por ser trabajos que requieren de mano de obra campesina y se contrate directamente con los habitantes beneficiados de la localidad en donde se ejecuta la obra, se trata de una obra que al realizarse por procedimiento de licitación pública afecte a la seguridad del Estado o comprometa información de índole confidencial o se hayan realizado con anterioridad dos procedimientos por licitación pública o simplificada y el sector público no haya recibido propuesta alguna o viable.

Por otra parte se tiene que la forma de garantizar la ejecución de la obra pública es mediante garantías que constituyen la conformidad en base a la ley bajo las modalidades de: fianza y carta de crédito, las cuales deben ser proporcionadas por instituciones debidamente acreditadas y autorizadas, certificado de depósito que debe tramitarse ante el sector público de acuerdo a la legislación aplicable.

Las personas que participen en licitaciones públicas o celebren un contrato de obra pública deben otorgar las garantías que impliquen la seriedad de la propuesta, que corresponde al 5% del valor de la propuesta y es exhibida en cheque expedido a favor del sector público que lo conserva hasta la fecha del fallo y es devuelto a los licitantes que no ganaron, anticipo que se constituirá por el 100% del mismo, cumplimiento que corresponde al 10% del importe total que es contratado, una vez que la obra es concluida y siendo parte del finiquito el contratista sustituye la garantía de cumplimiento por otra que equivale al 10% del monto total de los trabajos realmente ejecutados, el otorgamiento de los anticipos es como mínimo del 20% para la compra de materiales y del 10% para abarcar los gastos correspondientes al inicio de obra. La amortización del anticipo debe realizarse mediante la aplicación del mismo porcentaje autorizado en cada una de las estimaciones presentadas para el cobro.

2.1.3.Ventajas y desventajas del modelo de financiamiento

Al emplear el sistema de financiamiento tradicional se tiene la ventaja de obtener mejor control en la ejecución de los trabajos ya que existe mayor experiencia en este tipo de contratación, tanto para el sector público como para el sector privado.

Las actividades se programan con base en el presupuesto asignado, buscando optimizarlas para alcanzar las mejores condiciones posibles en la red carretera.

El menor plazo de los contratos disminuye la incertidumbre de los trabajos ejecutados.

Sin embargo, por otra parte se tiene que los procedimientos utilizados para establecer el presupuesto anual en la obra pública tradicional, toman como referencia el presupuesto del año anterior, además de añadir una cantidad relacionada con la inflación o el crecimiento de la red; con lo cual se puede observar que se tiene la desventaja de no resultar adecuados cuando se manejan cifras elevadas ya que los recursos son cada vez más escasos; de tal forma que la obra pública financiada bajo el esquema tradicional tiene como desventaja que se encuentra sujeta a la disponibilidad de los recursos presupuestarios.

Otra desventaja que se presenta en este tipo de mecanismo es que generalmente existe un sobrepaso en el tiempo y en los costos de la obra, además de que no se le brinda el seguimiento adecuado a la ejecución del contrato.

2.2. Nuevos modelos de financiamiento

El financiamiento como tal, es un proceso en el cual una empresa desarrolla la credibilidad necesaria para un determinado proyecto que se desea ejecutar, permitiéndole ingresar al mercado financiero; en nuestro caso, son los recursos financieros que el Gobierno obtiene para cubrir un déficit presupuestario, y se establece a partir de una variada combinación de recursos públicos y privados, pudiendo ser nacionales e internacionales, interviniendo en su obtención una amplia gama de instituciones.

De tal forma que si los recursos económicos propios son insuficientes para satisfacer las necesidades de inversión del proyecto es evidente que su realización es imposible, y la única forma de llevarlo a cabo es mediante el financiamiento, es decir, obteniendo recursos ajenos que ayuden a que el proyecto se ejecute con comodidad y seguridad, además de que ofrezca, de ser posible, los menores costos y un alto rendimiento de capital para que sea rentable el proyecto.

Debido a que la demanda de proyectos de infraestructura se ha incrementado considerablemente en los últimos años por el aumento de las necesidades de la población y la escasez de los recursos, el Gobierno se vio en la necesidad de buscar nuevos modelos de financiamiento con la finalidad de combatir el déficit de infraestructura que se presenta en nuestro país.

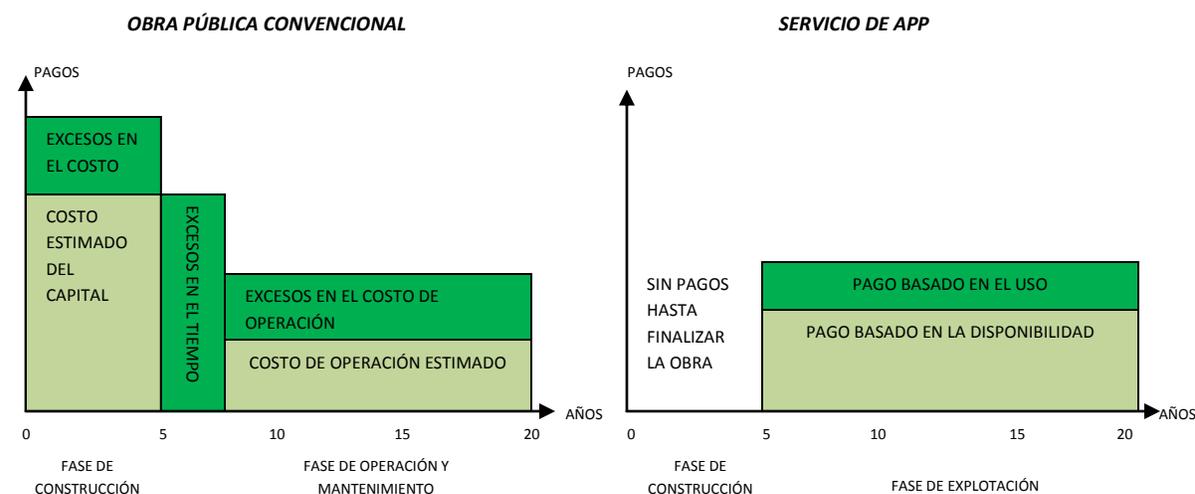
Estos modelos son conocidos como Asociaciones Público Privadas (APP), una APP es una asociación que surge entre los sectores público y privado, por ello deben trabajar en cooperación con la finalidad de proporcionar infraestructura pública y servicios que en el modelo tradicional de financiamiento son suministrados únicamente por el sector público. Las diversas formas de APP pueden ser un medio ideal para favorecer fines públicos si se satisfacen determinados requisitos que más adelante se explican a detalle.

El concepto de APP se creó en 1992 en el Reino Unido; en dicha asociación el sector público firma un contrato a largo plazo para la prestación de servicios proporcionados por el sector privado, quien diseña, financia, construye y opera los activos necesarios para prestar los servicios.

Las principales características de una APP son las siguientes:

- El sector privado determina los ingresos necesarios, lo cual incluye la infraestructura y conocimientos, para alcanzar el objetivo en común con el sector público.
- Se busca ofrecer el servicio requerido al nivel necesario durante todo el proyecto.
- El usuario, el proveedor del servicio y los principales financiadores comparten los mismos intereses a lo largo del desarrollo del proyecto.
- Se establece una relación estrecha, con objetivos claros entre los sectores público y privado que se basa principalmente en la asociación en lugar de la confrontación como ocurría en el pasado, es decir, una relación en donde existe constante colaboración entre los sectores, confianza, transparencia y reconocimiento recíproco.
- Se asegura que se presten los servicios con calidad de forma constante.
- Estimula una buena relación precio-calidad lo cual implica que se tenga un enfoque a largo plazo y se exige la responsabilidad total de los riesgos durante un periodo largo.
- Tienen la gran flexibilidad de introducirse con éxito en la mayoría de los tipos de infraestructura, es decir, se puede adaptar a las circunstancias y condiciones de cada proyecto.

Una APP es recomendable para proyectos en los cuales se puedan definir al inicio del mismo claramente las necesidades de servicio sin que varíen considerablemente a lo largo del proyecto. La naturaleza del proceso de una APP es buscar que se cumpla con la eficacia en la adquisición con los presupuestos financieros y de tiempo que con frecuencia sobrepasan los contratos de servicios tradicionales, tal y como se muestra en la figura 14.



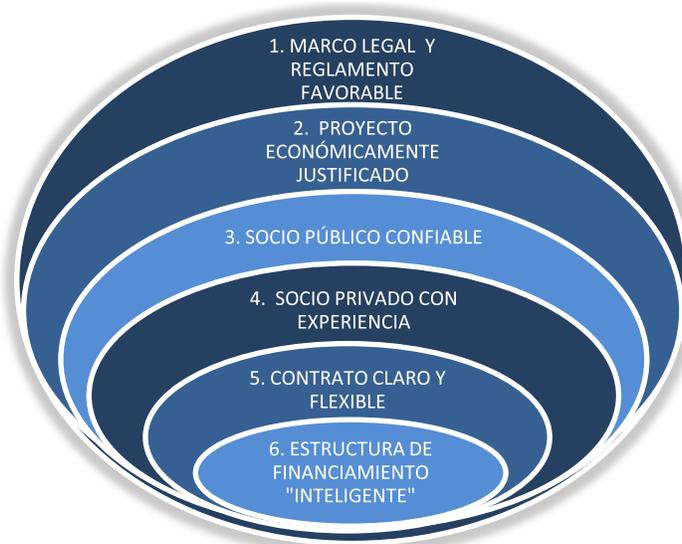
Fuente: International Financial Services, London (IFSL)

Figura 14. Comparación entre los perfiles de pago.

Una APP constantemente entrega el servicio buscado en el tiempo solicitado y dentro del precio fijo acordado contractualmente, cabe mencionar que el sector privado no recibe ningún pago hasta que el servicio está disponible para el usuario, de esta manera se tiene que el sector público sólo paga por el servicio una vez entregado y con el nivel de servicio que ha solicitado.

Los riesgos del proyecto se distribuyen entre las partes en forma óptima, logrando reducir su costo. Se busca no solo el financiamiento del sector privado, sino también su capacidad de gestión a largo plazo, de esta forma se tienen tres principales tipos de riesgos que son: riesgos retenidos y manejados por el sector público, como pueden ser los riesgos que se corren por la planeación y obtención de permisos, o por cambios regulatorios, liberación de afectaciones, por mencionar algunos; los riesgos transferidos son los que maneja el sector privado, de los que se pueden tener el diseño, construcción, operación, financiamiento, entre otros y finalmente los riesgos compartidos, dentro de los cuales se encuentra la inflación, protestas, hallazgos arqueológicos y algunos más de fuerza mayor, los cuales pueden variar según el tipo de proyecto que se esté llevando a cabo.

Los principales requisitos para que se lleve a cabo una APP con éxito, se aprecian en la figura 15.



Fuente: Elaboración propia.

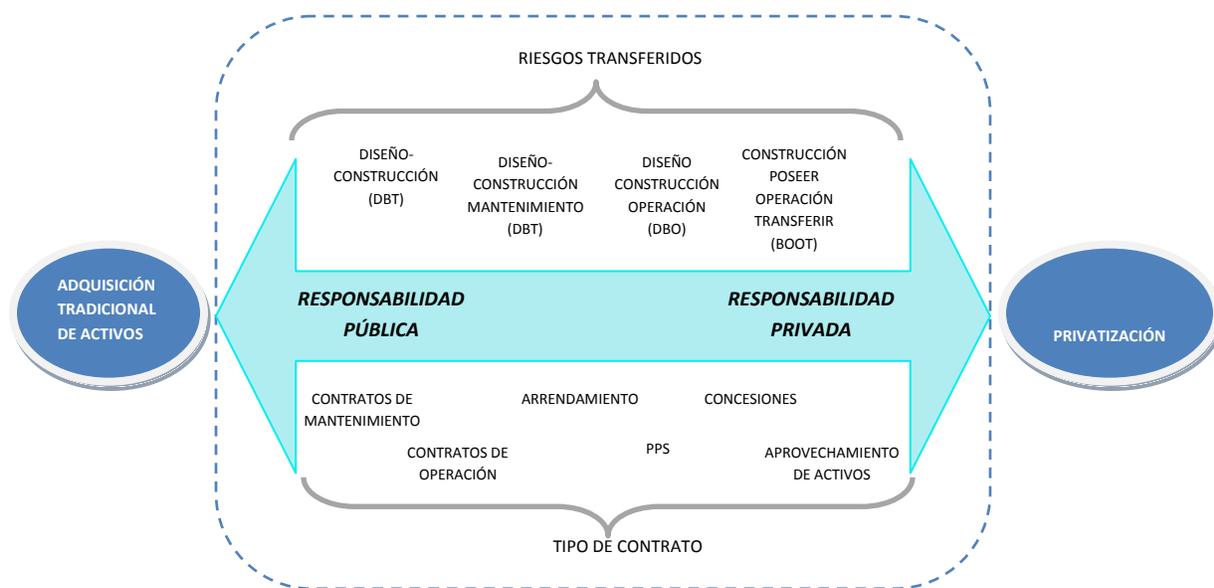
Figura 15. Claves para el éxito de una APP.

Es necesario contar con:

1. *Un marco legal y un reglamento favorable.* Los proyectos bajo una modalidad APP necesariamente requieren el respaldo de una legislación vigente.
2. *Un proyecto económicamente justificado.* Es importante para el sector privado ya que la única forma en que las empresas se muestren interesadas en licitar por los contratos es que observen que la APP ofrece grandes oportunidades.
3. *Un socio público confiable.* El Gobierno requiere identificar los sectores y proyectos que deban tener prioridad en el proceso de la APP.

4. *Un socio privado con experiencia.* Que proporcione confianza y seguridad al sector público.
5. *Un contrato claro y flexible.* Que especifique cuales son las obligaciones de cada uno de los sectores para que no existan confusiones.
6. *Una estructura de financiamiento inteligente.* El Estado requiere de un socio que pertenezca al sector privado que diseñe, construya y opere la obra, además de que realice los estudios de mercado, técnicos, financieros, administrativos y legales que garanticen una propuesta adecuada para el cumplimiento del proyecto.

Existen otras formas de llamarle a una APP, como lo son: DB (Diseñar y Construir), DBFT (Diseñar, Construir, Financiar y Transferir), DBFM (Diseñar, Construir, Financiar y Mantener), DBO (Diseñar, Construir y Operar), BOT (Construir, Operar y Transferir), BOO (Construir, Operar y Poseer), DBM (Diseñar, Construir y Mantener), DBOM (Diseñar, Construir, Operar y Mantener), BOOT (Construir, Operar, Poseer y Transferir) y DBFO (Diseñar, Construir, Financiar y Operar), llamadas así por sus siglas en ingles, entre otras; sin embargo siguen siendo contratos de largo plazo entre el sector público y privado para la provisión de infraestructura pública y servicios, figura 16.



Fuente: Gobierno del Estado de Guanajuato.

Figura 16. Conjunto de las APP.

Actualmente existen un gran número de países que han seguido un esquema APP, lo cual se puede observar en la tabla 1, esto ha ocurrido debido a la necesidad de una importante inversión en infraestructura junto con las severas limitaciones presupuestarias que existen.

SECTOR	PAÍSES LÍDERES	MODELOS DE APP
Transporte	Australia, Canadá, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Nueva Zelanda, España, Reino Unido y Estados Unidos.	DBM, BOOT.
Agua, saneamiento y basura	Australia, Francia, Irlanda, Reino Unido, Estados Unidos y Canadá.	DB, DBO, BOOT.
Educación	Australia, Holanda, Reino Unido, Irlanda.	DB, DBO, DBOM, BOOT, DBFO.
Vivienda y urbanización	Holanda, Reino Unido e Irlanda.	DBFM.
Hospitales	Australia, Canadá, Portugal, Sudáfrica y Reino Unido.	BOO, BOOT.
Defensa	Australia, Alemania, Reino Unido, Estados Unidos.	DBOM, BOO, BOOT.
Prisiones	Australia, Francia, Alemania, Reino Unido y Estados Unidos	DB, DBO, BOO.

Fuente: Gobierno del Estado de Guanajuato.

Tabla 1. Países pioneros en APP.

En lo que se refiere a México se han estructurado desde hace ya varios años diversos esquemas de inversión con la participación de los sectores público y privado, dentro de los más utilizados se encuentran las concesiones, los Proyectos de Impacto Diferido en el Registro del Gasto (PIDIREGAS) y generalmente han sido empleados por Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Petróleos Mexicanos (PEMEX), dentro de ellos se encuentran los que se conocen como CAT (Construcción, Arrendamiento y Transferencia), OPF (Obra Pública Financiada) y PIE (Productor independiente de energía); cabe resaltar que a partir del 2002 se implementó en nuestro país el esquema de Proyectos para la Prestación de Servicios (PPS).

2.2.1. Clases de financiamiento

Durante los últimos años los recursos públicos que los Gobiernos Federal, Estatal y Municipal mexicano han destinado al desarrollo de infraestructura carretera ha permitido contar con presupuestos muy importantes, sin embargo han sido insuficientes para satisfacer las necesidades; de tal forma que se observa la necesidad de introducir nuevos esquemas de financiamiento, por lo que se han diseñado tres esquemas de participación público - privada para atraer capitales privados a la inversión en carreteras, dichos esquemas son los siguientes:

- Proyectos de Prestación de Servicios (PPS)
- Concesiones
- Aprovechamiento de Activos

A través de estos esquemas se busca un crecimiento del país, mediante el desarrollo de infraestructura, el incremento de montos de inversión, la elevación de la calidad en los servicios proporcionados, el aumento en la eficiencia y productividad de servicios, la creación de espacios en los cuales pueda participar la iniciativa privada, la distribución y administración de los riesgos y finalmente se desea optimizar la operación y el mantenimiento de carreteras, pero para que esto sea posible se requiere que exista colaboración entre los sectores público y privado para asegurar una oferta de servicios competitivos, accesibles para los usuarios y a la vez se logre la reducción de los costos para el sector público.

- **PROYECTOS DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS (PPS)**

El esquema PPS, se basa en la inversión público-privada y permite incrementar la cantidad de los recursos públicos destinados a otras áreas prioritarias de impacto social; generar nuevos empleos y recursos para ofrecer rendimientos competitivos a las inversiones privadas. Los PPS se aplican principalmente a la modernización y el mantenimiento de caminos libres de peaje.

La modalidad PPS constituye un nuevo esquema de contratación de servicios para el Gobierno Federal, Estatal y Municipal los cuales tienen la obligación de cumplir con el suministro de infraestructura pública y servicios a la población, de tal forma que el Gobierno busca satisfacer las necesidades que presenta el país apoyándose en la inversión privada.

La implementación de un PPS tiene como objetivo servir como alternativa para contratar a largo plazo los servicios proporcionados por empresas privadas; además, busca incrementar la infraestructura básica y prestar servicios públicos con una mayor calidad que de otro modo no podrían estar disponibles en un corto plazo, con este esquema se desea aprovechar la experiencia, la capacidad de innovación, los medios de financiamiento y desarrollo de infraestructura con que cuentan los sectores público y privado; permitir que el sector privado cuyos servicios sean contratados realice las actividades de diseño, financiamiento, modernización, operación, conservación y mantenimiento de infraestructura para obtener una mayor eficacia en la prestación de servicios, distribuyendo los riesgos de forma equilibrada; finalmente con un PPS se consigue incrementar la eficiencia y racionalidad del gasto público.

En el esquema de PPS aplicado a carreteras no hay aportación de recursos públicos por parte del Estado para los trabajos a cargo del sector privado, por lo que es el sector privado es el que se tiene que encargar de obtener la totalidad de los recursos necesarios para cumplir con las actividades que le sean solicitadas por el sector público durante la vigencia del contrato de servicios de largo plazo, que van desde 5 hasta 20 años.

Características de los PPS

Las principales características de los proyectos realizados bajo una modalidad de PPS son el que se lleva a cabo un contrato de servicios de largo plazo entre el sector público que es el que contrata a la empresa privada y el sector privado que es el que puede prestar sus servicios y tiene la capacidad de invertir; el hecho de contratar a una empresa privada tiene como objetivo que el sector público preste los servicios públicos necesarios para satisfacer las necesidades de la población, de tal forma que el Gobierno sigue manteniendo el control y la responsabilidad de ofrecer dichos servicios; es fundamental aclarar que el sector privado presta sus servicios al sector público y no directamente a los usuarios, por lo que no se trata de una privatización de servicios públicos.

El sector privado se encarga del diseño, financiamiento, modernización, operación, conservación y mantenimiento de la infraestructura necesaria para que el Gobierno pueda brindar el servicio público que tiene a su cargo; a cambio de que el sector público efectúe pagos periódicos al sector privado en montos que están en función del proceso licitatorio para la adjudicación del contrato y del servicio efectivamente suministrado; los servicios contratados se prestan mediante activos que la empresa privada construye o provee y conforme a lo requerido por el Estado. Los riesgos relacionados con el proyecto se

distribuyen entre ambos sectores de manera que cada riesgo es asumido por la parte que mejor pueda controlarlo, como se puede apreciar en la tabla 2, sin embargo, el sector privado asume la mayor parte de los riesgos de diseño, financiamiento, modernización, operación, conservación y mantenimiento de los activos con los que presta sus servicios, ya que se trata de un contrato de servicios y no de un contrato de obra, y el Estado adquiere el compromiso de pagar a la empresa privada por los servicios efectivamente prestados que cumplan con los requerimientos contratados.

ETAPA	RIESGOS RETENIDOS (Asumidos por el Estado)	RIESGOS TRANSFERIDOS (Asumidos por la empresa privada)	RIESGOS COMPARTIDOS
DISEÑO Y MODERNIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Permisos (instalaciones ambientales). • Adquisición de derecho de vía. • Cambio de los estándares de diseño y modernización. • Retrasos por cambios solicitados por el Gobierno. • Contaminación preexistente del aire, agua y suelo. • Oposición a la modernización por su trazo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Error en diseño. • Cumplimiento de estándares de modernización. • Sobrecostos. • Retrasos en la modernización causados por eventos bajo control de la empresa privada. • Daños a terceros. • Daños ocultos. <ul style="list-style-type: none"> • Eventos climáticos. • Materiales defectuosos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retrasos en la modernización debidos a entidades gubernamentales. • Hallazgos arqueológicos.
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios solicitados por el Gobierno en la especificación de los servicios. • Carriles adicionales. • Incremento en los límites legales de carga. • Acceso a la carretera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de la carretera. • Costos mayores a los esperados. • Disponibilidad de materiales. <ul style="list-style-type: none"> • Eventos climáticos. • Reclamos y accidentes a terceros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de volumen de tránsito. • Incremento en gastos de mantenimiento por aumento en volumen de tránsito.
FINANCIAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa base de interés antes del cierre financiero. <ul style="list-style-type: none"> • Ciclos presupuestarios del sector público. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tasas de interés después del cierre financiero. • Inflación en costos de construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inflación en costos de operación, mantenimiento y rehabilitación. • Cambios de ley.

Fuente: SCT

Tabla 2. Riesgos existentes en el proyecto.

El monto del pago que recibe la empresa privada se determina en función del uso y la disponibilidad de los servicios prestados, siempre que cumpla con los requerimientos y estándares de desempeño establecidos en el contrato PPS; el esquema debe garantizar que genera beneficios sociales superiores a los que se obtendrían si el proyecto se efectuara mediante esquemas tradicionales de obra pública y debe permitir que la empresa privada logre una tasa de rendimiento competitiva sobre el capital invertido.

Por lo tanto, se tiene que el Gobierno es quien paga la obra o servicio mediante una tarifa que se compone por una parte fija y una parte variable, la parte fija involucra el porcentaje

correspondiente al monto de inversión, operación y mantenimiento, y la parte variable implica que se entregue la obra o servicio bajo los estándares y la calidad solicitada, de tal forma que el Estado garantiza cumplir así con sus objetivos en la construcción y en el servicio que otorga, por lo tanto se tienen pagos periódicos y multianuales compuestos por una parte fija y una variable a lo largo de la duración del contrato, la parte fija se debe al pago de la obra como tal, y la parte variable depende del servicio efectivamente prestado, es decir, si el sector privado no suministra el servicio conforme a los requerimientos de uso o disponibilidad, el monto del pago se reducirá deduciendo la parte proporcional del servicio no recibido.

La estructuración de un PPS tiene un procedimiento definido que cubre las etapas de análisis, autorización, licitación y operación de los contratos PPS, y para ello se requiere lo siguiente:

1. *Identificación y caracterización del proyecto.* Se debe identificar y caracterizar el proyecto, ya que los PPS con gran potencial de ejecutarse se precisan en base a su capacidad de ajustarse a las características de contratación y operación del esquema, para ello es necesario definir las particularidades técnicas asociadas a la infraestructura que se desea desarrollar al emplear el esquema.
2. *Banco de información.* Para estructurar un PPS es forzoso contar con documentos de referencia, bases de datos obtenidos por el sector público, parámetros técnicos y operativos, es decir, información que es producto de estudios previos que sirven como antecedentes y que dan una aproximación a las condiciones actuales de la vía, con la finalidad de tener un apoyo y generar la información necesaria para el diseño del PPS; debido a las variaciones que pudiesen existir con la realidad, dicha información debe validarse o evaluarse para que corresponda con la realidad.
3. *Origen de los recursos.* Para desarrollar un PPS es fundamental prever y definir el origen de los recursos, con los cuales se efectuarán los compromisos generados a partir del contrato de largo plazo; el sector público debe integrar los acuerdos de participación presupuestaria para conseguir la ejecución del proyecto.
4. *Marco legal.* Un aspecto con gran importancia que define la estructura del PPS y su contrato es el marco legal, que sustenta el cumplimiento de los requerimientos necesarios para otorgar la certeza necesaria a los actores involucrados. La estructura legal y financiera del esquema PPS debe contar con una certeza jurídica, credibilidad y transparencia para asegurar el financiamiento necesario para llevar a cabo el proyecto, de tal forma que el procedimiento de contratación está sujeto a las leyes vigentes aplicables. Razón por la cual es fundamental contar con una Ley de APP y PPS para brindar certidumbre a este tipo de proyectos y establecer los derechos y obligaciones de cada una de las partes involucradas, a continuación se muestran las leyes que se involucran en el marco regulatorio de un PPS carretero.

Los PPS fueron integrados al marco jurídico del Estado de Guanajuato mediante una reforma a su Constitución Política para incorporar el principio de presupuestación plurianual en proyectos de inversión en infraestructura Estatal y Municipal, por lo que se expidieron nuevas leyes, de tal forma que el marco normativo aplicable en la materia es el siguiente:

Ley de Proyectos de Prestación de Servicios para el Estado y los Municipios de Guanajuato, se encarga de regular las acciones que tengan relación con la

planeación, programación, presupuestación, adjudicación, ejecución, administración y control de las Asociaciones Público Privadas en la modalidad de PPS. Esta ley contempla que el plazo del contrato de prestación de servicios no puede ser menor de 5 años ni mayor a 20 años.

En la planeación de Proyectos de Prestación de Servicios deben considerarse los estudios para definir la factibilidad técnica, económica y ambiental para la ejecución del proyecto, los objetivos, metas y previsiones de recursos establecidos en los presupuestos y el análisis Costo-Beneficio. Se deben tener en cuenta los objetivos y metas a corto y mediano plazo que se necesiten, el empleo de recursos humanos y materiales propios de la región, los requerimientos técnicos y las características de los servicios que se contratarán a largo plazo.

En la programación y presupuestación se especifica que el ejercicio del gasto público para los PPS se sujeta a las disposiciones específicas del presupuesto de egresos del Estado o de los Municipios, además se evalúa el impacto del PPS en el gasto público y en el presupuesto de egresos del Estado, los compromisos de pagos plurianuales derivados de los PPS no son considerados como deuda pública.

En la estructuración se establece que se debe elaborar un análisis de comparación público-privado que demuestre que el PPS genera o no beneficios iguales o mayores a los que se pueden obtener a través de un proyecto financiado con recursos presupuestales bajo los esquemas de inversión pública tradicional.

Ley de Concesiones de Servicios e Infraestructura Pública para el Estado de Guanajuato, la cual regula las concesiones otorgadas al sector privado para la prestación de servicios públicos que están a cargo del sector público.

Ley para el Ejercicio y Control de los Recursos Públicos del Estado y los Municipios de Guanajuato, indica que tratándose de PPS tienen prioridad presupuestaria las previsiones para el cumplimiento de las obligaciones contraídas en ejercicios anteriores con motivo de los contratos que se han llevado a cabo.

Ley de Deuda Pública para el Estado y los Municipios de Guanajuato, establece que no constituyen deuda pública los compromisos de pagos plurianuales que se deriven de los contratos de PPS, ni los fideicomisos de garantía o fuente de pago alterna que sean necesarios para garantizar obligaciones de pago con motivo de los contratos.

Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados con la Misma para el Estado y los Municipios de Guanajuato, que fue reformada para establecer que los trabajos regulados por la ley especial en materia de PPS no pueden ser considerados como deuda pública.

Reglamento de la Ley de Proyectos de Prestación de Servicios para el Estado y los Municipios de Guanajuato, el cual tiene como objetivo el permitir el desarrollo de Proyectos para la Prestación de Servicios por parte del Estado, aprovechando la experiencia y los medios de financiamiento y operación de los servicios del sector privado.

5. *Integración y evaluación.* Se requiere integrar el proyecto así como analizar su congruencia con el marco normativo y presupuestario aplicable y evaluar el potencial del proyecto en términos de su factibilidad.
6. *Análisis Costo-Beneficio.* Se elabora comparando los niveles de costos, riesgos y beneficios que presentará el proyecto de acuerdo al esquema PPS contra la elaboración del proyecto bajo el esquema tradicional, debe demostrar que se obtienen mayores beneficios de los que se obtendrían si el proyecto se realizara de forma convencional.
7. *Contrato.* Debe incluir los plazos de contratación, servicios a contratar, parámetros de calidad, mecanismos de pagos, esquema de responsabilidades, modelo de asignación y administración de riesgos, precio de los servicios, forma, términos y condiciones de pago, garantías, seguros y fórmulas para evaluar el desempeño del sector privado.

En resumen, las actividades que se deben realizar para cumplir el objetivo implican de manera general, realizar el análisis de la información que se tiene disponible, la evaluación de la red vial y finalmente la valoración de las formas de contratación que se pueden emplear.

Los rubros que se consideran para efectuar el pago de un PPS implican el servicio entregado lo cual requiere que la infraestructura está disponible para su uso bajo las condiciones físicas solicitadas por el Estado, de tal forma que la empresa privada es remunerada por el servicio que está prestando, el monto a pagar se conoce como pago integrado y se determina en función de la disponibilidad y del uso de la carretera.

Se entiende por disponibilidad que la vía se encuentre en condiciones adecuadas, cumpliendo con los parámetros técnicos que el Estado solicite para que el usuario pueda circular en ella, es decir, para que pueda ser operada, este componente del pago puede estar sujeto a deducciones en dado caso de que no se cumplan totalmente los requerimientos de capacidad de la vialidad.

Por otra parte, se entiende por uso de la carretera a la cantidad de vehículos que la utilizan, ubicados en la banda de pago que definió previamente el sector privado, lo cual implica que sólo una parte de los vehículos que usen la vía se toman en cuenta para determinar este componente del pago integrado.

Para el pago, la carretera se divide en secciones, la disponibilidad y uso de la misma se monitorean en cada una de las secciones, la importancia de cada sección se determina tomando en cuenta el nivel de uso de la sección, es decir, el tránsito, las horas del día en las que registra mayor uso, lo que son las horas de máxima demanda, el día de la semana y la época del año con mayor uso y la longitud de la sección; de tal forma que el sector privado no tiene derecho a recibir algún pago en una determinada sección si no suministra la capacidad que le fue solicitada, por lo que requiere reunir las características físicas especificadas en el contrato, condición que tiene gran importancia en la etapa de modernización debido a que la sección de la carretera existente no puede suministrar la capacidad carretera solicitada hasta que su modernización haya concluido satisfactoriamente y se haya transformado en sección de la carretera modernizada.

Los estándares técnicos de nivel de servicio y medición durante la vida útil o conceptos generales a evaluar en los PPS se muestran en la tabla 3 y en la tabla 4, los elementos de cada concepto a evaluar.

CONCEPTOS
Calzada.
Diseño geométrico.
Pavimento.
Vegetación, limpieza, drenaje y visibilidad.
Señalamiento.
Condiciones del tránsito.
Trabajos de mantenimiento.
Servicios para el usuario.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Conceptos generales a evaluar en un esquema PPS en carreteras.

CALZADA	PAVIMENTO	TRÁNSITO
Ancho de calzada y acotamiento.	Rugosidad.	Ocurrencia de congestión.
Estado de la superficie de rodadura.	Existencia de roderas.	Presencia de vehículos con sobrecarga y exceso de dimensión.
Número y ancho de carriles.	Existencia de grietas.	Nivel de servicio.
Drenaje de la calzada.	Existencia de baches.	Flujos de tránsito.
Estado de conservación del drenaje y barreras.	VEGETACIÓN	MANTENIMIENTO
Disponibilidad de teléfonos de emergencia.	Existencia de vegetación junto a la carretera.	Ocurrencia de trabajos de construcción.
DISEÑO GEOMÉTRICO	Presencia de basura.	Longitud en zonas de construcción.
Alineamiento horizontal y vertical.	Presencia de aceite y otros contaminantes.	Señalamiento adecuado en zonas de construcción.
Sobre-elevación en curvas.	SEÑALAMIENTO	SERVICIOS PARA EL USUARIO
Seguridad.	Señalamiento horizontal y vertical.	Existencia y suficiencia de gasolineras.
Drenaje.	Estado físico de las señales.	Existencia de servicios de alimentación, servicios sanitarios
Rampas de acceso y salida.	Claridad, pertinencia y ubicación del señalamiento.	Existencia de áreas de descanso.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Elementos de cada concepto a evaluar en un esquema PPS en carreteras.

- CONCESIONES**

Un segundo esquema que se ha utilizado es el llamado concesiones carreteras, este esquema aprovecha la experiencia mexicana e internacional existente, esta modalidad estimula el cobro de tarifas accesibles para los usuarios con límites previamente establecidos por el Estado.

En el esquema de concesiones para el desarrollo de infraestructura carretera incluye la participación del sector privado, y se ha considerado debido a que la mayor parte de los tramos carreteros de cuota por construirse no son financieramente rentables por sí solos, es decir, necesitan la intervención del sector privado, por lo tanto se requiere de la inversión de recursos públicos y privados mediante mezclas de capital de riesgo privado, créditos bancarios además de recursos Federales, Estatales y Municipales en proporciones determinadas que se basan en las características de cada proyecto, esta unión permite obtener una tasa de rentabilidad razonable para el capital privado y un uso más eficiente de los recursos públicos.

Este tipo de asociación público privada, surge al reconocer la capacidad insuficiente que se tiene de generar los ingresos necesarios para cubrir el total de la inversión, requerida para lograr la ejecución de las carreteras; por lo que se necesita aportar cierta cantidad de recursos para que los proyectos que sean concursados bajo este esquema sean financieramente viables y atractivos ante la inversión privada para recibir financiamiento a largo plazo.

Características de las concesiones

Las concesiones se caracterizan porque pueden recibir una aportación de recursos fiscales con la finalidad de conseguir la rentabilidad financiera de los proyectos, tiene un plazo fijo de concesión hasta de 30 años el cual es el máximo que se establece en la ley, posee tarifas promedio máximas para los diferentes tipos de vehículos, en este esquema se entrega el proyecto ejecutivo completo, el derecho de vía liberado y algunos permisos que requiere brindar el Estado para su ejecución.

Las concesiones se adjudican al participante cuya propuesta técnica y económica cumple con los requisitos establecidos en las bases del concurso y solicita el menor monto total de recursos públicos; el plazo de concesión es fijo con la finalidad de no forzar la velocidad así como el tiempo de recuperación y permitir la obtención del financiamiento a los plazos óptimos que sean posibles de obtener en el mercado; los proyectos ejecutivos y los estudios de impacto ambiental necesarios para la ejecución de las obras son entregados por el Gobierno a todos los licitantes que participen en el concurso; los derechos de vía liberados los entrega el Estado al licitante ganador además de que realiza una aportación inicial de recursos públicos a cada proyecto y se compromete a efectuar una aportación subordinada para asegurar el pago del servicio de los créditos empleados para la construcción de las obras. Es el Estado quien se encarga de establecer las tarifas medias máximas a cobrar en la vía y establece las reglas para su actualización periódica según el comportamiento de la inflación, de tal forma que resulten congruentes con la capacidad de pago de los usuarios.

El esquema se basa en una estrategia que combina la aplicación de recursos públicos y privados para hacer viable el financiamiento de infraestructura carretera cuya construcción, explotación, operación, conservación y mantenimiento queda a cargo del sector privado, mediante el otorgamiento de una concesión hasta por el periodo máximo legal, buscando que las tarifas a cobrar sean las mejores para los usuarios. El sector privado no tiene la obligación de repago ante la aportación inicial que utilizará en el proyecto y finalmente el sector público adquiere el compromiso de aportación subordinada que es un monto de respaldo que se utiliza para pagar la parte de los créditos que no sean posibles de cubrir con los flujos del propio proyecto.

Para mitigar los diversos riesgos a los que se encuentran sujetos los proyectos carreteros (sociales, económicos, climáticos, jurídicos, técnicos y financieros, etc.), el esquema de concesiones identifica los más trascendentales y establece mecanismos y procedimientos apropiados para enfrentarlos, siguiendo el principio de asignar el manejo de cada uno de ellos a la parte que mejor pueda atacarlo.

Para describir el esquema de concesiones se puede dividir en cinco etapas que son: la etapa de planeación, la etapa del concurso, etapa para la obtención del financiamiento, etapa de construcción y por último la etapa de operación.

La etapa de planeación comprende lo que son estudios básicos, es decir, el Gobierno ha llevado a cabo estudios preliminares que abarcan la viabilidad técnica y financiera y con los cuales se justifica que la red federal carretera posee diversos tramos susceptibles de construirse bajo el esquema APP, combinando así los recursos públicos y privados, ya que pueden atender volúmenes de tránsito que generen ingresos suficientes para cubrir sus propios costos de operación y mantenimiento y a la par cumplir con la rentabilidad social para que al proyecto se aporten recursos públicos.

Esta etapa también incluye lo que es conocido como proyecto ejecutivo, el cual es proporcionado a los concursantes y una vez que lo revisan y lo aceptan como propuesta se reconoce como el proyecto ejecutivo definitivo que constituye la base para la preparación de las propuestas, por tal motivo este proyecto abarca todo tipo de detalles como son: los proyectos de terracerías, pavimentos, estructuras, obras de drenaje, entronques, señalamientos, casetas de cobro, obras complementarias, materiales y equipos necesarios para la operación del proyecto, los estudios de ingeniería básica, las normas de calidad de operación, de mantenimiento, de seguridad y las especificaciones de construcción.

Las especificaciones técnicas a las que debe sujetarse el proyecto se establecen en las bases generales del concurso y en la concesión, por tal motivo la concesionaria es la responsable de realizar todos los procesos, actividades, estudios o investigaciones que sean necesarios para cumplir con los requerimientos.

Otro aspecto que se incluye en la etapa de planeación es el derecho de vía, el Estado es quien cubre el costo del terreno necesario para la construcción del proyecto, así como de los trámites que se requieren para asegurar la posesión legal del terreno; por otra parte el Estado es el encargado de obtener la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) relacionada con el derecho de vía; todos los demás aspectos ambientales relacionados con la construcción, operación, explotación, conservación y mantenimiento del proyecto son responsabilidad de la concesionaria.

Y para finalizar con la etapa de planeación se tiene que realizar el estudio de asignación y pronóstico de tránsito, el cual es proporcionado por el sector público a los concursantes y contiene un estudio sobre la demanda esperada del proyecto y puede ser utilizado para la elaboración de la propuesta de los concursantes sin embargo debe ser confirmado, rectificado o sustituido por el estudio que lleve a cabo cada concursante.

La etapa del concurso inicia con la convocatoria y las bases generales, éstas y los documentos del concurso incluyen lo que son, los términos y condiciones a que se sujetará el proceso del concurso y las condiciones para la ejecución del proyecto, el proyecto ejecutivo de referencia, el estudio de asignación y pronóstico de tránsito de referencia, el formato de título de concesión y el contenido mínimo de disposiciones de fideicomiso.

En el concurso pueden participar personas físicas o morales o consorcios de empresas nacionales o extranjeras que cumplan con los requisitos establecidos en las bases generales del concurso, el esquema prevé un plazo de entre 90 y 180 ochenta días para que los concursantes verifiquen el proyecto ejecutivo de referencia. Dentro del proceso de concurso existe una etapa de precalificación en la que los concursantes exhiben documentación que acredite su capacidad legal, técnica, administrativa y económico-financiera para llevar a cabo el proyecto. El proceso proporciona la oportunidad de complementarla o sustituirla si presenta alguna incongruencia o desviación, así que la propuesta se presenta en la fecha establecida y en una sola etapa, el Gobierno evalúa simultáneamente los aspectos técnicos, económicos y financieros de las propuestas presentadas para posteriormente emitir un dictamen; una vez que las propuestas son presentadas no se pueden realizar cambios al proyecto ejecutivo, a menos que existan razones técnicas, arqueológicas o sociales pero se requiere la autorización por escrito del Gobierno.

Los concursantes deben acreditar el capital contable mínimo que se determina en las bases generales del concurso; si se trata de consorcios, el capital contable puede resultar de la suma del capital contable de todos los miembros del consorcio, otro aspecto que necesita acreditar el concursante es la experiencia y la solvencia de la empresa privada que se vaya a encargar de la construcción o de la operación del proyecto.

Después de evaluar las propuestas que no hayan sido desechadas por cumplir con todos los requerimientos legales, técnicos y económico-financieros establecidos en las bases generales del concurso, el Gobierno emite un dictamen en el que analiza las razones que fundan y motivan la adjudicación de la concesión, dependiendo de las condiciones particulares del proyecto la concesión puede ser adjudicada al concursante que solicite la menor cantidad de recursos del Gobierno o a quién ofreció la mayor contraprestación al Estado a cambio del otorgamiento de la concesión en su favor; en este caso el Estado puede apoyar el desempeño económico de un proyecto mediante la aportación de recursos, realizando una subvención con recursos públicos para proveer equilibrio financiero a proyectos rentables socialmente pero con baja rentabilidad financiera, o recibir por parte del concesionario una contraprestación inicial por única vez.

- **APROVECHAMIENTO DE ACTIVOS**

El esquema está diseñado para que se desarrollen nuevas obras de infraestructura por concesionarios privados y por el Estado, en cuanto al concesionario los proyectos que se licitan incluyen la obligación de desarrollar nuevos tramos carreteros y modernizar los que ya existen lo cual permite una conectividad así como el impulso del desarrollo regional y en lo que corresponde al sector público busca dirigir los recursos a obras que tengan una alta rentabilidad social y económica que es lo que el país necesita.

Un tercer esquema de financiamiento para la construcción y conservación de carreteras es el conocido como aprovechamiento de activos, este tipo de APP genera ventajas en tres aspectos, los cuales son: financiero, nuevas obras y mejoramiento de servicio, figura 17; el financiero debido a que asegura el pago de las obligaciones generadas por el rescate carretero, el siguiente rubro es la generación de nuevas obras ya que permite el desarrollo de obras que no se llevarían a cabo sin los recursos del sector privado y el último rubro es la mejora en los servicios porque el título de concesión y la participación privada generan obligaciones y estímulos para mejorar el servicio.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Ventajas del Aprovechamiento de activos.

El sector privado al obtener la licitación en la modalidad de aprovechamiento de activos adquiere las obligaciones relacionadas con la calidad de la infraestructura, por ejemplo, el conservar el estado físico, brindar seguridad al usuario así como proporcionar servicios auxiliares, como lo son el aportar información al usuario o inclusive auxilio vial durante algún percance durante la vialidad.

Por otra parte el sector privado puede conseguir mejorar sus ingresos a través de una mayor eficiencia y el incremento del aforo para resultar ser atractivo ante el usuario al mejorar los mecanismos de operación y la tecnología de cobro.

Características del Aprovechamiento de Activos

El Estado tiene infraestructura que ya no puede financiar ya que ha dejado de ser rentable por sí misma, razón por la cual la licita, sin embargo requiere conseguir que el proyecto sea atractivo para el sector privado por lo que se deshace de algún proyecto que es rentable para agruparlo con los que carecen de dicha calidad y los licita en conjunto para obtener nueva infraestructura y mejorar la existente.

2.2.2.Sistema empleado en el financiamiento

- **PPS**

Para el desarrollo de proyectos carreteros bajo la modalidad de PPS, el sector público se encarga de definir los alcances del proyecto y elabora los documentos que se entregan a los concursantes para que tengan una referencia, en base a ellos cada licitante elabora una propuesta para la ejecución del proyecto conforme a lo que se establezca en las bases del concurso, después identifica los requerimientos de capacidad que determinan las características generales del proyecto, posteriormente define todas las especificaciones técnicas que se deben satisfacer para determinar el servicio de capacidad de la carretera que el sector privado debe prestar al sector público bajo el contrato de PPS, en seguida se realiza el análisis costo-beneficio del proyecto para determinar su procedencia como PPS, elaborando la documentación técnica, legal y económica además de las autorizaciones necesarias y finalmente contrata la prestación de servicios mediante concurso público y otorga el título de concesión al concursante que gana la licitación, de tal forma que se le adjudica el contrato PPS.

El sector privado al proporcionar el servicio debe encargarse de elaborar el proyecto ejecutivo ya que en base a él se lleva a cabo el diseño y la modernización del tramo carretero del contrato PPS en base a la propuesta establecida en el concurso, además de operar, conservar y mantener la carretera existente durante la etapa de su modernización para permitir un tránsito fluido y seguro para los usuarios, también se encarga de construir, operar, conservar y mantener la carretera ya modernizada y una vez cumplido el plazo del contrato PPS entregar al sector público bajo las condiciones solicitadas, otra actividad que le compete al sector privado, es la de obtener el financiamiento que sea necesario para llevar a cabo todas las actividades necesarias para la ejecución correcta de la obra.

Se tiene que el sector privado a través de un PPS proporciona servicios al Estado a cambio de un pago periódico, que es el pago integrado; los pagos se realizan en función de la disponibilidad y uso de la carretera, una vez que se han cumplido los niveles de calidad y condiciones acordadas en el contrato PPS, y el Estado tiene la obligación de cubrir los pagos correspondientes por lo que debe de asignarles prioridad en el presupuesto.

El mecanismo de pago establece la forma en la que se calculan los pagos periódicos que se efectúan al sector privado en función del cumplimiento de los parámetros y criterios de desempeño que aplican al servicio prestado, el monto de los pagos se determina en función del tiempo y las condiciones en que haya estado disponible la carretera además de la cantidad de vehículos que hayan transitado por ella. El sector privado puede garantizar el cumplimiento de los compromisos financieros que adquiera con el pago periódico y multianual que recibe por la prestación de servicios y debe utilizar únicamente el modelo financiero que haya expresado en su propuesta y en dado caso de requerir alguna modificación sólo se puede efectuar con autorización del sector público y éste tiene la obligación de advertir a los bancos acreedores sobre la existencia de cualquier evento que pudiera poner en riesgo la continuidad del proyecto.

- **CONCESIONES**

El esquema de concesión contempla que el financiamiento de la construcción del proyecto proviene de tres fuentes principales, que son: el capital privado comprometido y aportado por la concesionaria, los créditos otorgados por las instituciones bancarias y finalmente por la aportación inicial obtenida del sector público.

Es factible que las estimaciones por avance de obra sean liquidadas en su totalidad con cargo al capital privado y una vez que se ha agotado, se cubren con cargo a la aportación inicial y a los créditos en forma equitativa.

En el caso del compromiso de aportación subordinada, constituye una garantía de ingreso mínimo para poder atacar un faltante de ingresos para hacer frente al servicio de la deuda bancaria utilizada en la construcción; el monto de los recursos es aquel que el sector privado determina en su propuesta y como máximo puede solicitar una cantidad equivalente al servicio de la deuda.

Este esquema busca fomentar la participación del financiamiento bancario privado nacional e internacional bajo plazos consistentes con los tiempos de maduración de los proyectos.

- **APROVECHAMIENTO DE ACTIVOS**

El esquema de aprovechamiento de activos se basa en una estrategia que combina los recursos públicos y privados para hacer viable el desarrollo de infraestructura de autopistas, cuya construcción, explotación, operación y conservación queda a cargo del sector privado, mediante el otorgamiento de una concesión por el plazo permitido por la ley con la finalidad de no presionar la obtención del financiamiento a los plazos óptimos que sea posible obtener en el mercado.

Se cuenta con un activo, es decir, con infraestructura existente que se encuentra produciendo recursos, los cuales funcionan como garantía al solicitar el préstamo pertinente a las instituciones bancarias, una vez que se ha conseguido el crédito bancario y se aportan los recursos necesarios por el sector privado se logra el financiamiento de la nueva infraestructura.

2.2.3.Ventajas y desventajas del modelo de financiamiento

- **PPS**

Los proyectos que pueden ser realizados bajo la modalidad de PPS son proyectos que tienen gran impacto social y económico en el desarrollo regional, son económica y financieramente viables, además de que resultan muy atractivos para la inversión privada y son aprobados por el Estado.

Dentro de las principales ventajas del esquema de PPS, es que la sociedad tiene obra sin que el Gobierno pague todo el monto en un inicio, ya que el esquema establece el pago en anualidades, permitiéndole emplear esos recursos que aún no emplea en otras necesidades que se tengan.

De tal forma que una de las grandes ventajas del esquema PPS es que logra obtener los recursos necesarios para financiar obras públicas que poseen un gran interés social,

liberando los recursos públicos para que éstos se puedan emplear para satisfacer otras necesidades de la población.

Dentro de las principales desventajas es que se requieren grandes periodos de maduración para la realización de este tipo de proyectos, se endeuda el Estado por varios años al adquirir el compromiso de pago del PPS; además de que podría resultar ser un proyecto muy atractivo para el usuario aumentando su uso y en consecuencia el mantenimiento, por lo que se necesitaría mayor pago anual.

- **CONCESIONES**

La principal ventaja es que se tiene infraestructura que no le cuesta al Estado además de que la inversión inicial, mantenimiento y operación se paga con cuotas del usuario.

Una concesión proporciona a los inversionistas la oportunidad de participar en negocios rentables y sí se llega a presentar la situación de que la inversión privada y su rendimiento se recupere antes de lo previsto, los excentes se comparten entre los sectores público y privado.

Otra ventaja del modelo es que proporciona infraestructura a largo plazo al sector público, la cual podrá explotar en un futuro, siendo el sector privado quien paga y la sociedad tiene infraestructura que realmente le sirve.

Los principales actores que intervienen para instrumentar dicho esquema, como son, las instituciones financieras, inversionistas, operadores de carreteras, desarrolladores de proyectos y empresas constructoras, tienen la ventaja de elegir si el proyecto es o no atractivo de acuerdo al análisis de riesgos que se efectúa.

Se utiliza al concurso público como medio para asignar de las concesiones mediante la aplicación de reglas que aseguran la instrumentación de procedimientos competitivos y transparentes, citados en su correspondiente ley de concesión.

Dentro de las desventajas que se tienen es que existe una competencia limitada ya que un pequeño sector puede manejar las concesiones en determinado ramo, porque se necesitan muchos recursos.

Otra desventaja son los riesgos que se presentan, ya que podría ocurrir que financieramente el proyecto ya no resultó rentable debido a que está sujeto a pronósticos de tránsito pudiendo resultar menor y poner en riesgo el proyecto.

- **APROVECHAMIENTO DE ACTIVOS**

La principal ventaja es que se otorga el mantenimiento y operación de la infraestructura existente al sector privado por lo que al Gobierno ya no le cuesta.

Elevar la calidad del servicio ofrecido al usuario de las autopistas ya que el título de concesión y la participación privada generan obligaciones e incentivos para mejorarlo, además de que se tiene como ventaja que existe una contraprestación anual.

Dentro de las desventajas que se tiene es que se requiere invertir en la ingeniería previa y en la estructuración.

Por otro lado, una gran desventaja es que el Estado se desprende de infraestructura existente, razón por la cual pierde las ganancias que obtenía.

2.3. Comparación entre el modelo tradicional y los nuevos modelos de financiamiento

Los proyectos de infraestructura carretera bajo los nuevos esquemas de financiamiento requieren largos periodos de maduración e inversiones de largo plazo por lo que es fundamental que cada proyecto se dimensione correctamente; en proyectos que requieren estudios previos, como lo son: el estudio económico, el estudio de tránsito, el estudio ambiental, por mencionar algunos, todos ellos previos al concurso de tal forma que se presupueste correctamente la obra así como elaborar el proyecto ejecutivo y realizar una corrida financiera adecuada, todo lo anterior con el afán de minimizar los riesgos de proyecto y brindar certeza al sector bancario.

Con el modelo tradicional de financiamiento, las empresas constructoras proporcionan sus servicios al sector público actuando como contratistas del Gobierno, mientras que con los nuevos esquemas de financiamiento las empresas privadas se ven en la necesidad de adquirir contratos que las obligan a buscar un financiamiento y asumir los riesgos de las actividades que realizarán para brindar sus servicios al sector público, ya que son contratos multianuales.

Es necesario hacer un filtro de proyectos ya que no todos pueden ser PPS, ni todos podrían ser concesiones, ni todos pueden ser aprovechamiento de activos, cada uno tiene su propia particularidad y se debe elegir el modelo más conveniente, elaborando un análisis de preinversión.

CAPÍTULO 3

MANTENIMIENTO CARRETERO



Fuente. SCT

3. MANTENIMIENTO CARRETERO

Para facilitar el estudio de las carreteras, éstas se pueden clasificar de acuerdo a las especificaciones técnicas:

Lo cual incluye las características físicas de la vía y toma en cuenta los volúmenes de tránsito sobre la carretera así como sus especificaciones geométricas; la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) estableció la asignación de acuerdo al tránsito diario promedio anual (TDPA) para el horizonte de planeación como se muestra en la tabla 5.

TIPO	TDPA
A4	De 5,000 a 20,000 vehículos
A2	De 3,000 a 5,000 vehículos
B	De 1,500 a 3,000 vehículos
C	De 500 a 1,500 vehículos
D	De 100 a 500 vehículos
E	Hasta 100 vehículos

Fuente: SCT.

Tabla 5. Clasificación de acuerdo a las especificaciones técnicas de las carreteras.

Además las carreteras es posible clasificarlas por su configuración en el terreno, lo cual se refiere a carreteras que se construyen sobre terrenos planos, lomeríos o montañosos; si se presentan los tres tipos de terrenos éstos son los que conforman las características geométricas de la carretera; en la tabla 6 se pueden observar los tipos de terrenos.

TIPO DE TERRENO	CARACTERÍSTICAS
Plano	El perfil tiene pendientes longitudinales uniformes y en la mayoría de las ocasiones de corta magnitud, con pendiente transversal escasa o nula.
Lomerío	El perfil longitudinal presenta en secuencia elevaciones y depresiones de magnitud considerable, con pendiente transversal no mayor de 45%.
Montañoso	Posee pendientes transversales mayores de 45% y presenta accidentes topográficos importantes.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Clasificación de acuerdo al tipo de terreno.

La clasificación del terreno se define por la configuración topográfica y por las características que el terreno imprime a la carretera, es decir, por la geometría y por la magnitud de los movimientos de tierra que se realizan.

Cabe resaltar que la anterior clasificación no es la única que existe, ya que de acuerdo a las necesidades que se presenten las carreteras también se pueden agrupar por su transitabilidad, administración ó accesibilidad, sólo por mencionar algunas.

Es importante señalar que la configuración del terreno, es decir, las condiciones topográficas influyen en los radios de curvatura y en la selección de la velocidad de la carretera, se requieren análisis económicos para determinar la velocidad óptima; y si por la topografía se presenta el cambio de un tramo de alta velocidad a otro de baja, se busca intercalar un tramo de transición con velocidades intermedias para que el cambio sea gradual; el alineamiento de una carretera se basa en sus características y especificaciones básicas, es decir, en el tránsito, topografía, condiciones geotécnicas, desarrollos culturales existentes, desarrollos futuros, puntos obligados de paso y puntos terminales de la carretera.

En lo que se refiere a características geométricas, por ejemplo en el alineamiento horizontal, que es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino, siendo ésta la superficie que contiene la subrasante y limita a las terracerías en su parte superior sirviendo como apoyo del pavimento, está formado por tangentes y curvas, las tangentes horizontales son las rectas del alineamiento horizontal definidas por su rumbo y longitud, las curvas horizontales son los arcos que unen dos tangentes consecutivas, definidas por su ángulo central y su grado; se sabe que las tangentes muy largas son peligrosas y con mayor razón en carreteras con velocidades altas, se puede evitar sustituyendo las tangentes por otras que tengan menos longitud unidas entre sí por curvas suaves. El grado de las curvas suaves se elige de forma que se ajusten lo mejor que sea posible a la configuración del terreno por lo que se busca que el grado de curvatura sea el menor posible para que se logre permitir una mayor fluidez en el tránsito pero sin perder de vista el costo de construcción.

En el alineamiento horizontal, considera evitar cambios bruscos, por lo que al pasar de una tangente larga a una curva se busca que la curva sea de grado pequeño y menor al máximo que se especifique, o si la carretera comprende algún tramo sinuoso entre dos que tengan buen alineamiento se contempla que el grado de las curvas vaya aumentando paulatinamente hacia las curvas de mayor grado usadas en el tramo sinuoso. Este alineamiento debe ser direccional sin dejar de ser congruente con la topografía ya que se prefiere un alineamiento que se adapte al terreno a uno que contenga tangentes largas pero con repetidos cortes y terraplenes.

Se sabe que conviene evitar las curvas circulares compuestas y las curvas consecutivas en el mismo sentido debido a que provocan un efecto desfavorable en el conductor. Cuando los ángulos centrales de las curvas sean pequeños, se evitan longitudes de curva corta para quitar la apariencia de codo; para anular la apariencia de distorsión el alineamiento horizontal debe estar coordinado con el alineamiento vertical; además de que es conveniente limitar el empleo de tangentes muy largas debido a que la atención de los conductores se concentra durante largo tiempo en puntos fijos lo cual puede generar somnolencia sobre todo durante la noche y provocar con ello un mayor índice de accidentalidad, por lo que es preferible proyectar un alineamiento ondulado con curvas amplias, para que de esta forma se logre cumplir con la seguridad que debe brindar la carretera. También se deben evitar el uso de curvas inversas que presenten cambios de dirección rápidos, ya que estos cambios hacen difícil al conductor mantenerse en su carril lo que genera que se tenga una maniobra peligrosa; las curvas inversas deben proyectarse con una tangente intermedia, la cual permite que el cambio de dirección sea suave y seguro.

En lo que se refiere al alineamiento vertical, se busca proyectar alineamientos con cambios de pendiente suaves en lugar de tangentes verticales con variaciones bruscas de pendientes. Cuando se tenga la necesidad de salvar desniveles considerables y se disponga de tangentes verticales escalonadas, se procura poner las pendientes más fuertes al comenzar el ascenso; es preferible un perfil escalonado en lugar de tener una pendiente sostenida.

El alineamiento vertical, que es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje del camino y está formado por tangentes y curvas verticales, las tangentes verticales son las rectas del alineamiento vertical y se definen por la pendiente y longitud, las curvas verticales son los arcos que unen dos tangentes verticales consecutivas, se definen por las pendientes de entrada y salida y por la longitud; debe prever el espacio para alojar las

obras de drenaje u otra estructura que se necesite; los alineamientos verticales que tienen sucesivas curvas pronunciadas en cresta y columpio, suelen presentarse en alineamientos horizontales rectos en donde el alineamiento vertical sigue sensiblemente el perfil del terreno, teniendo como resultado caminos antiestéticos y peligrosos para las maniobras de rebase; estos perfiles pueden evitarse si se introduce cierta curvatura horizontal y/o suavizando las pendientes con algunos cortes y terraplenes, sin embargo, lo anterior, sólo aplica para carreteras que tienen altos volúmenes de tránsito.

Si es económicamente posible, se procura que la longitud de las curvas verticales sea mayor que la mínima aún si se tienen bajas velocidades de proyecto; se deben evitar curvas verticales con la misma concavidad o convexidad, con tangentes intermedias muy cortas. Cuando el terreno lo permita y no se incremente de forma exagerada el costo de construcción, las curvas verticales deben proyectarse para satisfacer las distancias de visibilidad de rebase; y si el desnivel a vencer obliga a mantener una pendiente en tramos de gran longitud o en longitudes que sean mayores a la crítica, puede proyectarse un carril de ascenso adicional, si el nivel de servicio lo justifica.

En el perfil longitudinal de una carretera, la subrasante es la línea de referencia que define el alineamiento vertical, la posición de la subrasante depende principalmente de la topografía de la zona atravesada.

La condición topográfica del terreno influye en diversas formas al definir la subrasante, por ejemplo, en terrenos planos, la altura de la subrasante sobre el terreno es regulada generalmente por el drenaje, en terrenos lomeríos se adoptan subrasantes onduladas, las cuales convienen tanto en razón de la operación de los vehículos como por la economía del costo y en terrenos montañosos la subrasante es controlada por las restricciones y condiciones de la topografía.

Una subrasante suave con cambios graduales es consistente con el tipo de camino y el carácter del terreno; a esta clase de proyecto se le da preferencia en lugar de uno con numerosos quiebres y pendientes en longitudes cortas.

En lo que se refiere a la combinación del alineamiento horizontal con el vertical se tiene que en alineamientos verticales que originan terraplenes altos y largos, son deseables los alineamientos horizontales rectos o de muy suave curvatura.

Los alineamientos verticales y horizontales deben estar balanceados; las tangentes o las curvas horizontales suaves en combinación con pendientes fuertes y curvas verticales cortas, o si se tiene una curvatura excesiva con pendientes suaves, lo cual corresponde a diseños pobres. Un diseño apropiado es aquél que combina ambos alineamientos ofreciendo el máximo de seguridad, capacidad, facilidad y uniformidad en la operación, además de una apariencia agradable dentro de las restricciones impuestas por la topografía.

Cuando el alineamiento horizontal está constituido por curvas con grados menores al máximo, se recomienda proyectar curvas verticales con longitudes mayores que las mínimas especificadas; siempre y cuando no se incremente el costo de construcción de la carretera.

En lo que se refiere a la sección transversal, si se tienen contempladas defensas, bordos, señales o algo similar al lado del camino, se debe ampliar la corona de forma que los anchos de los acotamientos correspondan a los que previamente se han especificado.

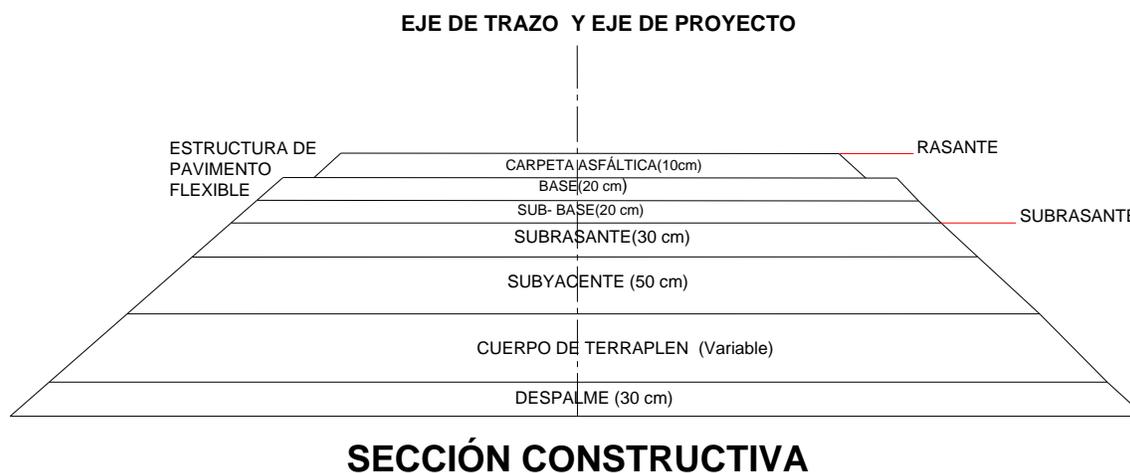
El ancho del derecho de vía se determina por tramos o zonas de acuerdo al tipo de carretera, para lo cual se establece en cada caso su función, evolución, requerimientos de construcción, conservación, futuras ampliaciones, uso actual y futuro de la tierra, así como los servicios requeridos por los usuarios; esta determinación debe apoyarse en un análisis económico y en la disponibilidad de recursos existentes.

La sección transversal está definida por la corona, las cunetas, los taludes, las contracunetas, las partes complementarias y el terreno comprendido dentro del derecho de vía; a su vez, la corona está definida por la calzada y los acotamientos con su pendiente transversal, y en algunos casos con la faja separadora central.

3.1. Pavimentos utilizados en carreteras

En la construcción de carreteras se han empleado principalmente dos tipos de pavimentos a los cuales se les conoce como pavimentos flexibles y pavimentos rígidos; entendiéndose por pavimento a la sección estructural formada por el conjunto de capas de materiales que reciben directamente las cargas provenientes de los usuarios de la vía y cuya función es transmitir las de forma uniforme a las capas inferiores a éstas, es importante mencionar que la estructuración del tipo de pavimento se ve afectada por los esfuerzos que produce el tránsito que circula sobre él y por la calidad de los materiales sobre los cuales se construye.

Los pavimentos flexibles están constituidos por una carpeta asfáltica, una base y una sub-base, y se apoyan sobre lo que se conoce como capa subrasante, lo que se muestra en la figura 18.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Estructura típica de pavimento flexible.

En este tipo de pavimentos las cargas se distribuyen por medio de la fricción y cohesión de las partículas de los materiales, una característica que presentan estos pavimentos radica en que la carpeta asfáltica tiene la posibilidad de deformarse junto con las capas inferiores a ella sin que la estructura llegue a la falla.

La resistencia en los pavimentos flexibles depende del espesor del sistema de capas de las cuales está constituido y de la capacidad que tenga de distribuir las cargas de la capa llamada subrasante que es la encargada de recibir y resistir las cargas que le son transmitidas por el pavimento.

En los pavimentos flexibles, la carpeta asfáltica tiene la función de proporcionar una superficie de rodamiento adecuada, con una textura y color adecuados, debe resistir los efectos abrasivos del tránsito y hasta donde sea posible debe impedir el paso del agua al interior del pavimento. En cuando a la base, existe hasta cierto punto una función de tipo económica ya que permite reducir el espesor de la carpeta asfáltica que es más costosa, sin embargo la función fundamental de la base de un pavimento flexible consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub-base y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. En lo que se refiere a la sub-base, una de las funciones que tiene es de carácter económico, debido a que se busca obtener el espesor requerido por el pavimento con el material más barato posible, todo el espesor podría constituirse de un material de alta calidad como en el caso de la base, pero se prefiere hacer la base más delgada y sustituirla en parte por una sub-base de menor calidad, aún cuando esto genere un aumento en el espesor total del pavimento, ya que mientras menor sea la calidad del material colocado, mayor será el espesor necesario para soportar los esfuerzos transmitidos, además la sub-base sirve de transición entre el material de base, generalmente granular más o menos grueso y la propia subrasante; la sub-base, más fina que la base, actúa como filtro de la base e impide su incrustación en la subrasante; la sub-base también se coloca para absorber las deformaciones perjudiciales en la subrasante, por ejemplo, cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie de rodamiento; otra función que tiene la sub-base es la de actuar como dren para desalojar el agua que se infiltre al pavimento; la capa subrasante es la capa superior de las terracerías y constituye la cimentación del pavimento, el material de mejor calidad debe colocarse para que se utilice como cimentación de la estructura del pavimento, es decir, en la parte superior de los terraplenes, hacia la parte inferior de los terraplenes se coloca material que tenga menor calidad con la capacidad necesaria para resistir el propio peso del terraplén sin permitir deformaciones inadecuadas.

Cabe mencionar que la capa denominada subyacente o de transición se emplea cuando se espera que en la obra vial se tenga un volumen mayor a los 5,000 vehículos diarios.

Los pavimentos rígidos están constituidos únicamente por una losa de concreto hidráulico y la sub-base, como se aprecia en la figura 19.



Figura 19. Estructura típica de pavimento rígido.

En este tipo de pavimentos la losa de concreto debido a su rigidez y a su alto módulo de elasticidad es la encargada de distribuir las cargas a las capas inferiores sobre una zona amplia del suelo, por tal motivo la capacidad estructural es proporcionada prácticamente por la losa; es decir, la losa tiene la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que se le apliquen; las funciones de la base son análogas a las funciones de la sub-base en un los pavimentos flexibles y sirve también para proporcionar una superficie uniforme, estable que sirva de apoyo a la losa y que facilite su colado e incrementa la capacidad de carga del terreno de cimentación al aumentar la rigidez de la estructura e impide la migración de finos del terreno de cimentación hacia la superficie de la losa a través de grietas o juntas de la misma; protege también a la losa de los cambios volumétricos en la subrasante, que de otra manera inducirían esfuerzos adicionales, los efectos de bombeo son controlados de manera adecuada con una base apropiada, la base no tienen ningún fin estructural ya que la losa debe de ser suficiente para soportar las cargas; estos pavimentos no tienen la posibilidad de deformarse junto con las capas inferiores ya que se llega a la falla de la estructura. El terreno de cimentación sirve como superficie de desplante para toda la estructura del pavimento.

Aunque en los dos tipos de pavimentos la superficie de rodamiento es proporcionada por diferentes materiales, debido a que en los pavimentos flexibles la carpeta asfáltica es quien cumple la función de la superficie de rodamiento mientras que en los pavimentos rígidos dicha función la brinda una losa de concreto, en ambos casos es necesario que el pavimento proporcione al usuario una superficie de rodamiento que sea rápida, cómoda pero sobre todo segura.

La desventaja más notable del pavimento flexible comparado con el pavimento rígido es la generación de solventes, residuos de asfaltos y gases generados durante el calentamiento de los cementos asfálticos que son producto de la combustión.

Una desventaja que se ha encontrado en el pavimento rígido es que genera demasiado ruido cuando el usuario transita por él, lo que le ocasiona molestias al mismo.

En general, un pavimento está formado por diversas capas de mejor calidad y mayor costo entre más cerca se encuentre de la superficie de rodamiento, por la gran intensidad de los esfuerzos que le son transmitidos.

Para que un pavimento sea funcional, debe satisfacer dos condiciones básicas, la primera es que debe ofrecer al usuario una superficie de rodamiento buena y resistente, con la rugosidad necesaria que garantice buena fricción con la llanta de los vehículos, con el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos que perjudiquen al usuario de la carretera, y la segunda es debe tener la resistencia adecuada y las características mecánicas convenientes para soportar las cargas impuestas por el tránsito sin que se llegue a la falla y con deformaciones que no sean permanentes, cabe mencionar, que además de lo anterior, el pavimento debe tener la capacidad de soportar los ataques del intemperismo.

3.2. Calidad y nivel de servicio en carreteras

Toda carretera presta servicio a una determinada demanda y la eficiencia con la que se brinda dicho servicio a los usuarios es conocida como capacidad vial, de tal forma que para determinar la capacidad vial de un sistema se necesita conocer las características geométricas de la vía, además de las características de los flujos vehiculares bajo diferentes condiciones físicas y de operación, es decir, bajo diversos volúmenes de tránsito.

En otras palabras, la capacidad vial consiste en determinar en una infraestructura vial el máximo número de vehículos que pueden pasar por una sección determinada durante un intervalo de tiempo dado, todo esto en las condiciones que se consideran prevalecientes en la vía, como son las características geométricas de la infraestructura, el tránsito y los dispositivos de control.

La capacidad vial permite saber cómo opera la infraestructura y brinda los elementos necesarios para planificarla, diseñarla y mejorarla para conseguir proporcionar al usuario un servicio cómodo, seguro y eficiente.

Por otra parte se tiene que la capacidad vial pertenece a un determinado nivel de servicio al cual puede operar la carretera, sin embargo cuando la capacidad de la carretera es igual al volumen de tránsito se presentan condiciones deficientes de operación debido a que las velocidades son muy bajas y existen constantes paros en la circulación y con ello demoras en el viaje del usuario.

Por lo tanto, el nivel de servicio es un término empleado para describir las diversas condiciones de operación a las cuales el usuario puede estar sometido al transitar la carretera, de tal forma que es considerado como un indicador para determinar la calidad del flujo que está circulando en la carretera. Los factores que afectan el nivel de servicio de una carretera se pueden dividir en internos y externos, correspondiendo a los primeros las variaciones de velocidad durante el recorrido, tiempo de recorrido, volumen, tipo de tránsito o cruces, por mencionar algunos; y dentro de los segundos todo lo relacionado a las propiedades físicas de la carretera, como son anchos de carril, pendiente, alineamiento horizontal y vertical, etc.

Una carretera tiene la posibilidad de presentar diversos niveles de servicio ya que depende de la variación del volumen a lo largo de las diferentes horas del día, del día de la semana que se trate, época o año, ya que está en función del crecimiento del tránsito.

Los niveles de servicio son designados con las letras A, B, C, D, E y F, que van de las mejores a las peores operaciones de tránsito a las que puede estar sometido un usuario, en la tabla 7 se pueden apreciar los niveles de servicio.

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS
A	Se tiene una circulación a flujo libre, es decir sin interferencias de otros usuarios dentro de la carretera, y se tiene una gran libertad para realizar maniobras o incrementar la velocidad, de tal forma que la comodidad es alta.
B	Se encuentra dentro de lo que corresponde al flujo estable, es decir, las velocidades de operación se comienzan a restringir por otros usuarios que se encuentran circulando en la carretera, sin embargo la libertad de maniobrar o incrementar la velocidad disminuye un poco.
C	Se encuentra dentro del flujo estable pero los usuarios comienzan a percatarse de la restricción que tienen en cuanto a la libertad de maniobras y a la posibilidad de incrementar su velocidad por la presencia de otros usuarios en la carretera, la comodidad se reduce considerablemente.
D	Aún se tienen velocidades de flujo satisfactorias sin embargo se acerca al flujo inestable ya que la libertad para maniobrar se ve notablemente restringida y por tal motivo la comodidad se ve muy afectada.
E	Se tiene un flujo inestable ya que el funcionamiento de la vía esta cerca del límite de la capacidad, la libertad de maniobra se vuelve sumamente complicada, la comodidad es muy baja ya que existen paradas aunque son de corta duración.
F	Se tienen condiciones de un flujo forzado ya que se ha excedido el límite de la capacidad, las velocidades son muy bajas y se tienen la presencia de colas de vehículos debidas al congestionamiento de la carretera, en casos extremos se puede tener una velocidad cero de tal forma que aquí la comodidad es nula.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Niveles de servicio

Para carreteras de altas especificaciones, conocidas como autopistas se considera adecuado un nivel de servicio B para terrenos de lomerío y plano, y C para terreno montañoso, en su horizonte de planeación.

Es importante resaltar que el conocer la capacidad vial o el nivel de servicio de una carretera sirve para identificar las condiciones de operación de la misma y así tener una idea del momento en el que la carretera dejará de ser operable bajo condiciones satisfactorias y con ello llevar a cabo un correcto plan de mantenimiento para que la carretera siga siendo atractiva para los usuarios.

3.2.1.Índice de Rugosidad Internacional

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI), es un estándar estadístico de la rugosidad, que brinda un parámetro para medir la calidad en la superficie de rodamiento de la vía; el IRI es la sumatoria en valor absoluto, de los desplazamientos verticales a lo largo de un intervalo de distancia sobre una carretera que se divide entre su longitud, producido por los movimientos al vehículo cuando viaja a una velocidad de 80 km/h; es un parámetro que se emplea para determinar la calidad que se presenta en el pavimento además de que puede reflejar la condición estructural de la carretera y sus unidades son mm/m, m/km, in/mi.

El procedimiento que se lleva a cabo para determinar el IRI es empleando un equipo de tipo respuesta y consiste en seleccionar tramos de 500 m en función de su estado superficial que sean representativos de la carretera, después se realiza el levantamiento topográfico del perfil longitudinal sobre el camino donde se hace la medición de la rugosidad a cada 50 cm, posteriormente se realiza un filtro de datos para eliminar todos aquellos que son erróneos considerando las diferencias de las alturas entre todos los puntos del levantamiento, los valores de las diferencias siguen una secuencia que se representa mediante un rango flexible y si todos los valores se encuentran dentro de dicho rango y no son mayores al doble de ella los datos son correctos, con los datos del perfil obtenidos se asigna el valor del IRI de cada sección, es importante saber que a mayor amplitud de las diferencias de alturas el IRI es mayor, teniendo ya los tramos ubicados y el valor del IRI se realiza la medición de la rugosidad con algún equipo para posteriormente graficar el valor obtenido con el equipo y el valor asignado del IRI para cada tramo evaluado.

El rango de la escala empleada para el IRI, en un camino pavimentado es de 0-12 (m/km), en donde el valor 0 corresponde a una superficie perfectamente uniforme y el valor 12 representa a una vía intransitable, además es importante saber que si una vía presenta la condición de pendiente constante y sin deformaciones el valor asignado es de cero, por tal manera la pendiente no influye en el valor del IRI, sin embargo esto cambia cuando se tienen vías con cambios de pendientes; en la tabla 8 se puede apreciar la escala de los pavimentos dependiendo del valor del IRI.

IRI (m/km=mm/m)	CARACTERISTICAS DE LOS PAVIMENTOS
2	Pistas de aeropuertos.
4	Pavimentos nuevos.
6	Pavimentos viejos.
10	Caminos no pavimentados con mantenimiento.
11	Pavimentos dañados.
20	Caminos no pavimentados dañados.

Fuente: IMT.

Tabla 8. Escala del IRI.

El Índice de Rugosidad Internacional permite especificar rangos de tolerancia para la aceptación de la calidad de tramos nuevos de carreteras y en las carreteras que ya están en servicio se utiliza como una herramienta para monitorear el comportamiento de la carretera en el transcurso del tiempo, ya que permite fijar etapas críticas e identificar los daños de la misma en los cuales se deban realizar las labores de mantenimiento para que se siga brindando un servicio adecuado.

En otras palabras se entiende como IRI de una superficie de pavimento a la escala utilizada para medir las irregularidades de la superficie por la cual transitan los vehículos, las irregularidades generan una respuesta en un vehículo de motor genérico y son representadas por aceleraciones verticales del mismo. Al medir el perfil longitudinal de la superficie del camino, se puede obtener del mismo las diferencias de elevaciones de dos puntos de la superficie y relacionarlas con las distancias entre estos dos puntos, esta relación entre la distancia vertical y horizontal se puede acumular en una distancia específica y representar el IRI de un kilómetro m/km.

En México la entidad normativa es la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) y a través de la Unidad de Autopistas de Cuota (UAC), ha establecido los límites del IRI y con ello se ha podido establecer un diagnóstico del estado actual de un pavimento, este valor ha sido correlacionado con otro parámetro que se empleó en México que es el Índice de Servicio Actual (ISA). Los límites propuestos son los siguientes:

- **IRI ≤ 2.81 m/km.** Si el promedio del IRI en subtramos de 1 km que forman parte de secciones de 10 km de longitud o menores está en este rango, se puede considerar que la superficie de rodamiento del pavimento está en buenas condiciones y requiere solamente de aplicaciones técnicas de conservación rutinaria.
- **IRI > 2.81 m/km.** Si el promedio del IRI en subtramos de 1 km que forman parte de secciones de 10 km de longitud o menores está en este rango, se puede considerar que la superficie del pavimento está en malas condiciones y requiere de aplicaciones de técnicas de conservación periódica en zonas aisladas o inclusive reconstrucción, realizando estudios previos para definir las técnicas a emplear.

3.2.2.Índice de perfil

El Índice de Perfil (IP) es un indicador que se utiliza para determinar la calidad del acabado en la superficie de rodamiento durante la construcción y consiste en obtener el perfil longitudinal de la superficie de rodamiento para determinar las irregularidades que existen en ella, se obtiene al desplazar el perfilógrafo tipo California a lo largo de la franja de pavimento a estudiar, como se muestra en la figura 20.



Fuente: www.google.com.mx/imgres?q=perfilografo+tipo+california

Figura 20. Perfilógrafo tipo California

Para evaluar las condiciones superficiales de las franjas de la superficie de rodamiento de una carretera, se deben realizar periódicamente mediciones del IP, con la finalidad de analizar las posibles irregularidades que se presenten sobre su eje longitudinal, debido a que si existe un exceso de ellas puede afectarse la correcta operación del tránsito.

Usualmente se obtiene el Índice de perfil a cada 200 m, la velocidad de operación al obtenerlo es menor a 4.5 km/h, además de que el cálculo puede realizarse de forma manual si se cuenta con un dispositivo de registro gráfico o en su defecto con un programa de computo.

El procedimiento que se efectúa para conseguir el Índice de Perfil consiste en obtener el perfil longitudinal para cada tramo y una vez que se obtuvo, sobre el perfil longitudinal se dibuja una línea suavizada para atenuar las desviaciones que pudieron ser producto de piedras, tierra o polvo que se hayan encontrado en la superficie, después se identifican las irregularidades que son menores de 10 mm en una longitud de 7.5 m para posteriormente ser eliminadas, en seguida se coloca un plantilla sobre cada pico de la línea de perfil suavizada de tal forma de que junto con la línea de referencia se forme un triángulo, una vez identificados todos los picos menores a 10 mm se utiliza la plantilla de medición para identificar los picos que sobresalen por arriba y por debajo de la franja semitransparente, después se registran las magnitudes de todas las irregularidades que sobresalgan de la franja semitransparente más de 0.5 mm que se extiendan sobre el perfil

longitudinal por lo menos 2 mm, ya identificadas todas las irregularidades del tramo estudiado, para hacer la suma de ellas en cm, y después dividir las entre la longitud del tramo en metros y se multiplica por 1,000 para que sea congruente en unidades de tal forma que las unidades finales sean (cm/km); y así obtener el Índice de Perfil del tramo.

El IP es una medida del control de la calidad de las carpetas de un pavimento en la etapa de construcción, tradicionalmente se ha utilizado para la evaluación de caminos nuevos o reconstruidos con fines de entrega-recepción de los trabajos, en la tabla 9 se muestran los valores admisibles dependiendo del tipo de carpeta de la cual se trate.

CONSTRUCCIÓN Y RECONSTRUCCIÓN		
1. Carpetas asfálticas con mezcla en caliente. 2. Carpetas asfálticas con mezcla en frío. 3. Carpetas de concreto hidráulico. 4. Carpetas ultradelgadas de concreto hidráulico.		
INDICE DE PERFIL (cm/km)	CALIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO	ACCIONES
IP < 10.1	Muy buena	➤ Estímulo por la mejora en la calidad.
IP = 14	Aceptable	➤ Valor máximo aceptable.
14 < IP ≤ 24	Mala	➤ Elección entre corregir la superficie o aceptar sanción.
IP > 24	Inaceptable	➤ Suspensión de los trabajos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Valores admisibles en la construcción y reconstrucción.

En la conservación periódica los valores admisibles se muestran en la tabla 10.

CONSERVACION PERIÓDICA		
1. Carpetas asfálticas de granulometría densa. 2. Recuperación en caliente de carpetas asfálticas.		
ÍNDICE DE PERFIL (cm/km)	CALIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO	ACCIONES
IP < 26.1	Muy buena	➤ Estímulo por la mejora en la calidad.
IP = 31	Aceptable	➤ Valor máximo aceptable.
31.1 < IP ≤ 46	Mala	➤ Elección entre corregir la superficie o aceptar sanción.
IP > 46	Inaceptable	➤ Suspensión de los trabajos.
3. Fresado de la superficie de rodamiento en pavimentos flexibles. 4. Fresado de la superficie de rodamiento en pavimentos rígidos.		
IP < 10.1	Muy buena	➤ Estímulo por la mejora en la calidad.
IP = 14	Aceptable	➤ Valor máximo aceptable.
14 < IP ≤ 24	Mala	➤ Elección entre corregir la superficie o aceptar sanción.
IP > 24	Inaceptable	➤ Suspensión de los trabajos.

Fuente: Elaboración propia.

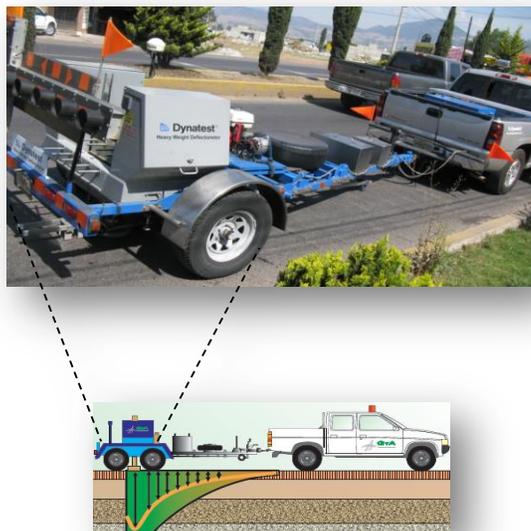
Tabla 10. Valores admisibles en la conservación periódica.

Si se ignora la rugosidad de la superficie de un pavimento se puede llegar a caer en errores que involucren el nivel de servicio, es decir, se puede interpretar que el nivel de servicio que ofrece determinada carretera es mucho mejor de lo que en realidad es, lo que genera como consecuencia que se lleguen a retrasar las obras de modernización, conservación o inclusive la creación de nueva infraestructura.

La rugosidad que se tenga en la superficie de rodamiento es una de las características que el usuario percibe con mayor facilidad, debido a que las condiciones que se presenten en la misma perjudican directamente su comodidad lo cual se refleja en la calidad de manejo, además del desgaste de los vehículos que se observa en el consumo de energía, es decir, en los costos de operación de los vehículos utilizados, ya que éstos serían mínimos si se tuvieran condiciones óptimas de circulación por ejemplo, una carretera perfectamente conservada, recta, en terreno plano y sin problemas de tránsito, o inclusive en la propia seguridad del usuario al transitar por la carretera, ya que se corre el riesgo de que se puedan dañar las mercancías que se lleguen a transportar o inclusive de generar accidentes si las condiciones de la superficie de rodamiento son malas.

3.2.3.Deflexiones

La prueba para la obtención de deflexiones consiste en la aplicación de una carga y la deformación producida en su superficie por el efecto de la misma, con la finalidad de conocer la variación de los desplazamientos verticales ante la aplicación de cargas conocidas, para ello se realizan pruebas no destructivas con el medidor de deformaciones por impacto HWD (Heavy Weight Deflectometer). El equipo de impacto permite la simulación del efecto producido por el paso de las cargas generadas por los vehículos al dejar caer libremente unas pesas sobre una placa y transmitir así una carga específica al pavimento, lo que se puede apreciar en la figura 21.



Fuente: DGST.

Figura 21. Deflectómetro de alto impacto HWD.

Durante el impacto se registran los desplazamientos verticales y sus tiempos de ocurrencia mediante sensores, el espaciado usual entre sensores es de 30, 45, 60, 90, 120 y 180 cm, a partir del sensor localizado bajo la carga. La carga aplicada oscila entre 6 toneladas, con una placa de 30 cm de diámetro, la carga por impacto utilizada produce un desplazamiento vertical similar al correspondiente de una rueda de camión. El equipo almacena en una computadora los valores del desplazamiento vertical registrado en cada uno de los sensores, esta información posteriormente es procesada mediante programas especiales de cómputo para conocer los valores de los módulos elásticos de las diferentes capas que conforman el pavimento.

3.3. Causas y tipos de deterioro en las carreteras

Actualmente lo que ha originado los problemas en la situación de la red carretera en nuestro país es que gran parte de los tramos existentes se construyeron hace más de cincuenta años con criterios de diseño, especificaciones y materiales diferentes a los que hoy se necesitan para las condiciones que se presentan, además de que los volúmenes de tránsito que circulan ahora son mayores a los previstos en el diseño original así como que los vehículos pesados se han incrementado notablemente, o debido a que en los programas anuales de conservación las asignaciones presupuestales son insuficientes para cubrir las necesidades de mantenimiento de las carreteras.

La superficie de rodamiento de una carretera depende de la calidad inicial y del deterioro producido por el tránsito y los factores climáticos; la comodidad del usuario en la carretera depende del vehículo que emplea, del alineamiento horizontal y del perfil longitudinal de la carretera y se ve afectada por los defectos que presenta el pavimento los cuales en su gran mayoría llegan a ser constructivos.

El tipo de deterioro en los pavimentos depende de la clase de pavimento de que se trate, por ejemplo, los pavimentos flexibles pueden presentar deterioros de superficie, deterioros de estructura, y deterioros que fundamentalmente tienen su raíz en la etapa de construcción, y estos a su vez se pueden subdividir en desprendimientos, alisamientos, exposición de agregados, deformaciones y agrietamientos; mientras que en los pavimentos rígidos se pueden presentar grietas transversales, grietas longitudinales a las orillas o en las esquinas de las losas, descascarado de las orillas de la losa, descascarado de la superficie de rodamiento o inclusive la falla estructural.

En los pavimentos flexibles, la falla tiene la posibilidad de estar acompañada de desplazamientos laterales o desplazamientos de las capas inferiores y por levantamiento de la superficie del área que no está sometida a cargas.

En los pavimentos rígidos es fundamental una correcta compactación ya que con ello se disminuye la consolidación de la sub-base y la acumulación de agua entre las capas que conforman el pavimento; además del tratamiento de sub-bases y subrasante ya que se ha observado que existen muchas fallas cuando se llevan a cabo procedimientos inadecuados de construcción.

A continuación se explican brevemente los deterioros que pueden existir en los pavimentos flexibles:

i) Deterioros de la superficie

Dentro de los desprendimientos se encuentran:

Pérdida de agregados. Los cuales pueden ser desprendimientos de agregados pétreos en la superficie de rodamiento, se caracterizan porque se presenta una pérdida parcial del agregado dejando expuestas áreas aisladas de la capa de apoyo; o de capas asfálticas en las cuales se llega a presentar en la superficie una pérdida de los agregados en las carpetas asfálticas con espesor mayor a 5 cm, o bien se puede definir como la existencia de pequeñas depresiones en forma de cráter, por separación de los agregados gruesos de la carpeta asfáltica dejando huecos en la superficie de rodamiento; las posibles causas son un esparcido irregular del asfalto, o el empleo de un asfalto inadecuado o falta de afinidad con éste, también puede ser porque se utilizó un agregado pétreo inadecuado y no se consigue una adherencia apropiada con el asfalto, o porque se tiene un agregado sucio ya que contiene polvo adherido, existencia de lluvia durante el esparcido o antes del fraguado del asfalto o simplemente por expansión del agregado grueso.

Pérdida de la carpeta de rodamiento. Consiste en el desprendimiento de la última capa delgada de tratamientos superficiales tales como: lechadas, carpetas de rodamiento de 2 a 3 cm y sobrecarpetas delgadas de 3 a 5 cm, las posibles causas son que existió una limpieza insuficiente previa al tratamiento superficial, esparcido heterogéneo o inadecuado del asfalto, colocación con lluvia o exceso de agua en la capa de apoyo, fraguado incompleto después de la apertura al tránsito y envejecimiento del asfalto.

Pérdida de la base. Consiste en el desprendimiento del material de la base en la que es apoyada la carpeta de rodamiento, las posibles causas son una insuficiente penetración del riego de impregnación en bases hidráulicas, dosificación insuficiente del asfalto en bases tratadas con cemento asfáltico aplicado en caliente, diluido o emulsionado, asfalto inadecuado o de mala calidad o por un espesor insuficiente de la carpeta de rodamiento.

Desprendimiento del sello. Es la desintegración parcial o zonificada de la superficie de rodamiento cuando ésta es formada por uno o varios sellos, el agregado tiende a desprenderse dejando zonas expuestas por arranque de la gravilla; las posibles causas son la separación del riego de liga de los agregados por la existencia de humedad, dosificación inadecuada o calidad dudosa del material ligante, mala adherencia en la capa subyacente, espesores insuficientes o ejecución de trabajos en condiciones climáticas desfavorables, figura 22.

Baches. Son oquedades de varios tamaños en la carpeta de rodamiento por el desprendimiento o desintegración inicial de los agregados que con el paso del vehículo se van formando, también se pueden definir como el hundimiento local de la vía con agrietamiento en malla cerrada y generalmente pérdida parcial de bloques de la carpeta de rodamiento; sus posibles causas son una estructura inadecuada, es decir, falta de resistencia en la carpeta, escasez de contenido de asfalto, espesor deficiente, subdrenaje inadecuado, desintegración localizada por el tránsito o por la existencia de puntos débiles en la superficie, figura 22.

Identación. Ocurre cuando se encajan objetos de gran dureza en la superficie de rodamiento produciendo un desgaste localizado en la superficie; sus posibles causas son la existencia de huellas de tractores o equipo pesado de construcción, ponchadura de llantas de vehículos pesados o accidentes de tránsito.

Desintegración. Se presenta cuando existe un deterioro grave de la carpeta asfáltica en pequeños fragmentos con pérdida progresiva de los materiales que la componen; sus posibles causas son que se llegó al fin de la vida útil de la carpeta asfáltica, la presencia de tránsito intenso y pesado, tendido de la carpeta en climas fríos o húmedos, agregados

contaminados, contenido pobre de asfalto, sobrecalentamiento de la mezcla, compactación insuficiente, acción de heladas, presencia de arcilla en cualquiera de las capas, separación de agregados y asfalto, envejecimiento y fatiga, desintegración de los agregados o si se tiene una sección estructural deficiente o escasa.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 22. Baches y desprendimiento de sello.

Dentro de lo que corresponde a los alisamientos se tiene:

Pulido de superficie. Se presenta como el desgaste acelerado en la superficie de la carpeta de rodamiento produciendo áreas lisas; las posibles causas son la presencia de tránsito intenso, agregado grueso de la carpeta con baja resistencia al desgaste, excesiva compactación, agregados no apropiados a la intensidad del tránsito o debido al hundimiento del agregado grueso en el cuerpo de la carpeta o en la base si se trata de tratamientos superficiales, figura 23.

Desgaste de agregados. Existen agregados que presentan una cara plana en la superficie generalmente embebidos en el ligante; su posible causa es que se utilizó agregados suaves como las calizas que son susceptibles al pulimiento.

Exudación del asfalto. Que comúnmente se conoce como llorado, el cual se caracteriza por la presencia de asfalto sin agregado en la superficie o bien, es el flujo de liberación del asfalto hacia la superficie de la carpeta asfáltica formando una capa peligrosa; sus posibles causas son que se tiene un exceso del asfalto en la dosificación, excesiva compactación de mezclas, temperatura de compactación muy elevada, utilización de asfalto muy blando, o sobredosificación del riego de liga, figura 23.

Exposición de agregados. Existe la presencia de agregados que se encuentran parcialmente expuestos, es decir, fuera de la mezcla, sus posibles causas son que se utilizó agregados con tamaño inadecuado y con una distribución granulométrica deficiente, circulación de llantas con clavos y segregación de los agregados durante el manejo de la obra.



Fuente: DGST.

Figura 23. Pulido de superficie y exudación del asfalto.

ii) *Deterioros de la estructura*

Dentro de los deterioros de la estructura se encuentran las deformaciones tales como:

Burbuja. Se presenta como una ampolla de tamaño variable que se localiza en la superficie de rodamiento; sus posibles causas son la existencia de presiones de vapor o aire en zonas de la carpeta de rodamiento, debilidad en espesor, liberación de cal en bases estabilizadas, figura 24.

Roderos o Canalizaciones. Consiste en el asentamiento o deformación permanente de la carpeta asfáltica en el sentido longitudinal debajo de las huellas o rodadas de los vehículos, o por elevación de las áreas vecinas adyacentes; sus posibles causas son que existe una capacidad estructural insuficiente del pavimento, baja estabilidad o mala compactación de la carpeta o consolidación de una o varias de las capas subyacentes, figura 24.

Ondulaciones transversales. Son deformaciones de la carpeta asfáltica en el sentido perpendicular al eje de la vía que contienen en forma regular crestas y valles espaciados a distancias cortas generalmente con una separación menor de 60 cm, usualmente están acompañadas en los espacios críticos de grietas circulares; sus posibles causas son unión deficiente entre capas asfálticas y/o base, estabilidad de la mezcla deficiente, acción de tránsito intenso, circulación lenta de vehículos en pendientes pronunciadas, frenado de vehículos pesados en intersecciones, dosificación de asfalto inadecuado, agregados redondeados, asfalto blando o por una mala calidad de los materiales que conforman la carpeta.

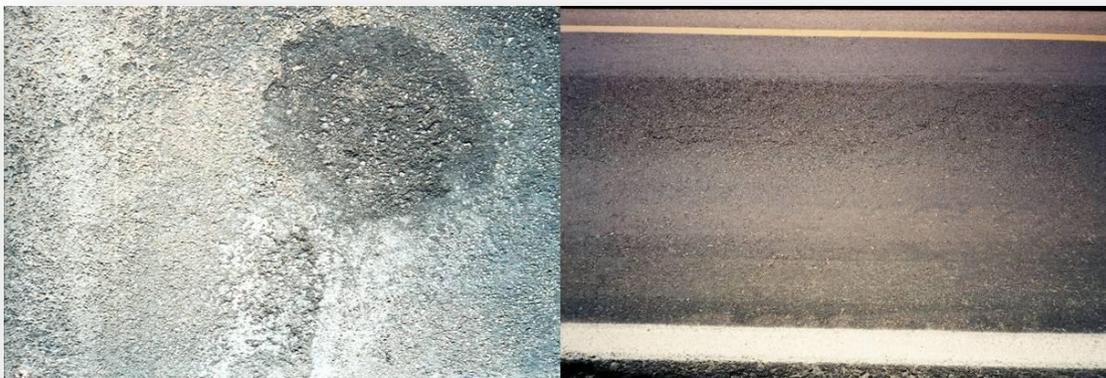
Crestas longitudinales masivas. Montículos o crestas en el sentido paralelo al eje del camino llegándose a presentar dos y hasta cuatro crestas a todo lo largo de algunos tramos; sus posibles causas son por una liga inadecuada entre capas asfálticas, mala estabilidad de la mezcla asfáltica, ligante de dudosa calidad o por un tránsito intenso sumamente concentrado.

Protuberancias. Es el desplazamiento de parte del cuerpo de la carpeta asfáltica hacia la superficie formando un montículo de considerables dimensiones, sus posibles causas son

la acción del tránsito intenso, estabilidad y compactación inadecuada, liga deficiente entre capas, deformaciones plásticas de los materiales o acción de heladas.

Asentamientos transversales. Áreas de pavimentos localizadas en elevaciones más bajas que las áreas adyacentes o elevaciones de diseño en el sentido transversal al eje de la carretera; sus posibles causas son deformación diferencial vertical del suelo de cimentación o de las capas que forman la estructura del pavimento, peso propio de la sección del pavimento, cargas excesivas superiores a las de diseño, cambios volumétricos del cuerpo del terraplén, compactación inadecuada, asentamientos diferenciales transversales, drenaje o sub-drenaje inadecuado.

Asentamientos longitudinales. Áreas de pavimentos localizadas en elevaciones más bajas que las áreas adyacentes o elevaciones de diseño en el sentido longitudinal al eje de la carretera, en especial en los extremos laterales de la superficie de rodamiento; sus posibles causas son deformaciones diferenciales verticales del suelo de cimentación o de la capa que forman la estructura del pavimento, peso propio de la sección del pavimento, cargas excesivas superiores a las de diseño, cambios volumétricos del cuerpo del terraplén, compactación inadecuada, asentamientos diferenciales longitudinales, drenaje o sub-drenaje inadecuado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 24. Burbuja y profundidad de roderas.

Dentro de los deterioros de la estructura se encuentran los agrietamientos tales como:

Grietas longitudinales. Son roturas longitudinales sensiblemente paralelas al eje de la carretera, con abertura mayor a tres milímetros; las posibles causas son la existencia de juntas longitudinales de construcción inadecuadamente trabajadas, gradiente término superior a los 30°C, uso de asfaltos muy duros o envejecidos.

Grietas transversales. Son roturas sensiblemente transversales al eje de la carretera, con abertura mayor a los tres milímetros; sus posibles causas son la existencia de juntas transversales de construcción inadecuadamente trabajadas, gradiente término superior a los 30°C, uso de asfaltos muy duros y reflejo de grietas en bases rígidas como bases estabilizadas.

Grietas de reflexión. Son grietas longitudinales y transversales que reflejan exactamente el patrón de agrietamiento o de juntas de un pavimento existente cuando es

reencarpetado con concreto asfáltico; sus posibles causas son movimientos del pavimento subyacente, liga inadecuada entre capas o posibles contracciones de capa subyacente, figura 25.

Grietas de reflexión tipo 2. Son roturas que se presentan en la carpeta asfáltica siguiendo o no un patrón determinado; sus posibles causas son agrietamiento de capas inferiores, movimientos de capas subyacentes, contracción o dilatación de bases estabilizadas con cemento, figura 25.

Fisuras solas o en retícula. Son roturas longitudinales o transversales con abertura mayor a los tres milímetros y separación mayor a los 15 cm; sus posibles causas son el uso de asfaltos muy duros o el reflejo de fisuras en bases estabilizadas.

Grietas erráticas o en zig-zag. Son roturas de la carpeta asfáltica en desorden, que siguen patrones longitudinales en forma de zig-zag; sus posibles causas son la acción del hielo, cambios extremos de temperatura, base defectuosa o terraplenes con taludes inestables.

Grietas finas. Son pequeñas fisuras superficiales con gran cercanía una de otra ya que conforman un patrón regular y se extienden a cierta profundidad, pero no al espesor total de la carpeta; sus posibles causas son el envejecimiento de la carpeta asfáltica, mala dosificación del asfalto, exceso de finos en la carpeta asfáltica o compactación efectuada con mezclas muy calientes.

Agrietamiento piel de cocodrilo. Son roturas longitudinales y transversales en la superficie de la carpeta asfáltica con separación menor que 15 cm y con abertura creciente según avanza el deterioro y presenta hundimiento en el área afectada; sus posibles causas son la existencia de incompatibilidad de deflexiones con el espesor de la carpeta de rodamiento, sub-drenaje inadecuado en sitios aislados o uso de asfaltos muy duros, soporte inadecuado de la base, debilidad de la estructura del pavimento, fatiga, envejecimiento o escasez progresiva del espesor de la carpeta.

Agrietamiento tipo mapa. Es la forma de desintegración de la superficie de rodamiento, en la cual la rotura se desarrolla en un patrón semejante a las subdivisiones políticas de un mapa, con polígonos mayores a los 20 cm; sus posibles causas son la existencia de una calidad deficiente de algunas de las capas de la sección estructural, debilidad de la estructura del pavimento, fatiga, envejecimiento o espesor escaso de la carpeta, figura 25.

iii) Deterioros por defectos constructivos

Los cuales son producidos por defectos en la construcción de instalaciones bajo los pavimentos, siguen un patrón definido que concuerda con la instalación, se presentan como hundimientos localizados, grietas longitudinales o transversales; sus posibles causas son la existencia de un relleno inadecuado de zanjas para colocar las instalaciones, inadecuada estructura del pavimento sobre relleno de zanjas o materiales inadecuados en el relleno de la zanja y el pavimento sobre él.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Agrietamiento tipo mapa y grietas de reflexión tipo I y II.

Existen otros tipos de deterioros que se presentan en las carreteras que no se encuentran dentro de la clasificación anterior, tales como:

Afloramiento de humedad. Que consiste en la aparición de zonas húmedas en la superficie y puede o no existir la presencia de encharcamientos; sus posibles causas son deficiencia del drenaje superficial o sub-drenaje, flujo ascendente del agua a través de las grietas, zonas mal compactadas, capas porosas o de textura abierta, bases saturadas, flujo capilar de agua o presiones hidrostáticas por el efecto del tránsito.

Contaminación de agregados. Es la inclusión de materiales diferentes o ajenos a los agregados especificados, como la piedra pómez que tiene diferentes características y propiedades mecánicas; sus posibles causas son la existencia de una dosificación inapropiada, falta de control de calidad o la contaminación de bancos de agregados, figura 26.

Expulsión de finos. Existencia de material fino sobre la superficie de rodamiento acumulado en zonas adyacentes a las grietas en ocasiones de color blanco; sus posibles causas son la acumulación de agua libre en capas subyacentes, exceso de finos en capas de la sección de pavimento, expulsión de cemento a través de grietas en bases estabilizadas o la acción de tránsito intenso, figura 26.

Crecimiento de hierba a través de la carpeta. Es producto del agrietamiento en los acotamientos de la carretera; la hierba silvestre crece por las grietas o avanzando por la humedad generando la erosión o destrucción parcial de la carpeta; sus posibles causas son la existencia de un drenaje superficial deficiente, labores de conservación de carreteras inadecuadas o falta de sellado en las grietas cuando aparecen.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 26. Contaminación de agregados y expulsión de finos.

Los deterioros en el caso de pavimentos rígidos son los siguientes:

Grietas transversales. Son provocadas por losas que son demasiado largas sin la existencia de pasajuntas o sin armado continuo, pueden ser fallas estructurales iniciales, figura 27.

Grietas longitudinales a las orillas o en las esquinas de las losas. Este deterioro se debe a que la losa se construyó sobre material fino, lo que ocasiona el fenómeno de bombeo por que se carece de sub-base a consecuencia de una mala compactación de las capas inferiores, figura 27.

Descarnado de la superficie de rodamiento. Se produce debido a que durante la construcción se lleva a cabo un vibrado muy intenso al concreto fresco, lo cual genera un ascenso de la lechada y forma una película delgada que posteriormente se agrieta y desgasta a consecuencia del tránsito dejando a los agregados sin protección superficial.

Levantamiento de losas. Es un movimiento localizado hacia la superficie del pavimento en zonas de juntas o fisuras y se acompaña de fragmentación de la losa; las posibles causas son por la intrusión de materiales incompresibles en la zona de juntas o por expansiones térmicas excesivas.

Descascarado de las orillas de la losa. Se debe a la presencia de partículas duras incluidas en las juntas por calafateo insuficiente y que producen esfuerzos concentrados muy grandes.

Erosión por bombeo. Movimiento del agua que se encuentra ubicada debajo de la losa y sube a la superficie debido a la presión generada por la acción de cargas, ocurre por la existencia de materiales finos que pueden entrar en suspensión o por que se presentan deflexiones en los bordes y las esquinas.

Falla estructural. Ocurre cuando concluye la vida útil del pavimento si la falla se presenta después de un largo periodo de tiempo o debido a la construcción de un mal pavimento si el pavimento es reciente.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 27. Grieta de esquina y grieta transversal.

3.4. Diferentes esquemas de conservación

Resulta evidente el que una carretera al estar en operación se deteriore paulatinamente y por tanto la calidad con la que presta el servicio se vea disminuida, los daños al inicio son mínimos pero si no se les atiende o se les brinda seguimiento estos pueden resultar un verdadero problema para el usuario ya que cada vez son de mayor magnitud, por lo cual no se debe olvidar que una vía necesita conservación para mantener las características de diseño, la comodidad y la seguridad de la misma.

Conservar una carretera indica mantenerla todos los años de su vida útil con la misma calidad de servicio con la que se concibió inicialmente, atendiendo los daños ocasionados por las cargas repetidas que generalmente es la causa más notable del deterioro.

Cabe resaltar que de acuerdo al tipo de deterioro de la carretera se pueden llevar a cabo diferentes esquemas de conservación esto con el objetivo de que la vía sea funcional, dichos esquemas de conservación pueden ser rutinarios, periódicos o en un caso extremo; es decir cuando la carretera ya presenta demasiados desperfectos se tiene que recurrir a la reconstrucción; se entiende por conservación a las actividades que se deben realizar para mantener las condiciones de transitabilidad de la carretera y así prevenir el deterioro que provocan por una parte el que la carretera se encuentre en uso constante y por otra parte lo que generan los factores climatológicos.

3.4.1.Conservación rutinaria

Dentro de las actividades que comprenden la conservación rutinaria se encuentran la limpieza de la superficie de rodamiento, sellado de las grietas existentes en carpetas asfálticas o en losas de concreto y el bacheo tanto superficial como profundo; a continuación se explican brevemente las características de cada una de las actividades.

a. Limpieza de la superficie de rodamiento. Consiste en retirar toda materia extraña que se encuentre sobre la superficie de rodamiento y que genere al usuario la sensación de incomodidad e inseguridad. Dentro de los materiales que son posibles retirar de la superficie de rodamiento se tienen los sólidos, que básicamente son rocas o basura de gran magnitud, pedazos de árboles o madera que generalmente son retirados por pepena; los materiales pulverulentos son el siguiente tipo de material que se retira que son polvo o tierra de tamaño pequeño y es posible retirarlos empleando una barredora mecánica o en dado caso de que estén muy adheridos a la superficie de rodamiento con la ayuda de agua o aire y finalmente el último tipo le corresponde a las sustancias líquidas dentro de las cuales se encuentran combustibles o lubricantes que para conseguir retirarlos se tiene la necesidad de auxiliarse de arena, para que ésta sea saturada con la sustancia derramada y se retire por medio de paleo.

Los residuos productos de la limpieza son llevados en camiones perfectamente aislados para evitar la contaminación de la carretera y se conducen al sitio de disposición final, teniendo como resultado una superficie de rodamiento perfectamente limpia y con una textura y aspecto uniforme que vuelve a ser segura para los usuarios que transitan por la carretera.

b. Sellado de grietas en carpetas asfálticas. Consiste en eliminar todas aquellas grietas que tienen hasta un milímetro de abertura que existen en la carpeta asfáltica, con la finalidad de evitar que se introduzcan objetos extraños y agua ya que existe la posibilidad de que se dañen las capas inferiores del pavimento lo que origina pérdida de resistencia en la estructura del pavimento.

El procedimiento que se efectúa comúnmente para llevar a cabo dicha actividad implica que se realice un señalamiento adecuado, además de que la grieta se debe encontrar perfectamente limpia, posteriormente se aplica el material empleado para el sello en la grieta que puede ser mortero o materiales asfálticos ya sea en frío o en caliente, es necesario retirar los excesos que quedaron del material de sello y es importante que no exista el tránsito vehicular hasta que el sello haya fraguado completamente, de tal forma que como resultado es posible obtener una superficie de rodamiento con una textura uniforme.

c. Sellado de grietas y juntas en losas de concreto hidráulico. Consiste en eliminar las grietas y juntas existentes en las carpetas de concreto hidráulico para así evitar la introducción de cuerpos extraños y agua a las capas inferiores del pavimento ya que genera pérdida de resistencia, degradación y deterioro en la estructura del pavimento.

El procedimiento que se efectúa comúnmente para este tipo de sellado requiere de un señalamiento adecuado además de la delimitación de las grietas o juntas a tratar sobre la superficie, la grieta o junta debe encontrarse perfectamente limpia y si ésta tiene una abertura mayor a cinco milímetros se debe extraer toda sustancia que se encuentre alojada en ella, en las caras interiores se debe dar un rociado ligero de agua si el material así lo requiere por ser la aplicación en frío pero si la aplicación del material de sellado es en caliente se debe verificar que se encuentre perfectamente seca, las juntas se deben aserrar para remover el material sellados y de relleno, posteriormente se deben pulir las caras con la ayuda de una cortadora y se debe dejar perfectamente limpia para así proceder a la aplicación del material de sellado con una buena distribución en toda la junta o grieta, es importante evitar el tránsito sobre la superficie hasta que el sello haya

fraguado en su totalidad, hasta que finalmente se tiene como resultado una superficie de rodamiento con una textura uniforme y adecuada para ser transitada nuevamente.

d. Bacheo superficial aislado. Consiste en reponer una parte de la carpeta asfáltica que presenta oquedades por desprendimiento o por la desintegración inicial de los agregados, siempre y cuando la base del pavimento se encuentre en buenas condiciones y sin la presencia de agua.

El procedimiento necesario para llevar a cabo las labores del bacheo superficial requiere de un señalamiento adecuado, posteriormente se realiza un levantamiento por inspección visual de los daños de la carpeta y es necesario delimitar con pintura las áreas por reparar, después se procede a realizar el corte perimetral de las áreas marcadas en la superficie de rodamiento y retirar la carpeta dañada desde el interior hacia el perímetro del área dañada, la superficie que queda expuesta debe compactarse y dejarse perfectamente limpia, en seguida se aplica un riego asfáltico y finalmente se tiende y compacta la mezcla asfáltica para obtener como resultado una superficie de rodamiento con textura y acabado uniforme al mismo nivel de la carpeta existente.

e. Bacheo profundo aislado. Consiste en reponer una parte del pavimento asfáltico dañado ya que presenta deformaciones y oquedades por desprendimiento o desintegración de los agregados, además de que las capas interiores presentan inestabilidad y exceso de agua.

En este tipo de bacheo se puede proceder a reponer las capas subyacentes o la reposición de la carpeta asfáltica, de tal forma que el procedimiento que se sigue para reponer las capas subyacentes a la carpeta requiere de un señalamiento adecuado, del levantamiento por inspección visual de los daños así como de la delimitación de área afectada con pintura sobre la carpeta asfáltica, después se efectúan los cortes en la carpeta dañada cuidando la verticalidad de los cortes, en seguida se retira el pavimento dañado producto del corte y se lleva al sitio de disposición final, una vez realizado lo anterior se procede a recompartar el fondo de la excavación y se tiende y compacta la base. En el caso del procedimiento para la reposición de la carpeta asfáltica se requiere la limpieza de la superficie en donde va la carpeta asfáltica, posteriormente se aplica un riego asfáltico para proseguir con el tendido y compactación de la mezcla y finalmente se debe dejar la superficie completamente limpia; para tener como resultado en ambos casos una superficie con una textura y acabado uniforme con igual nivel que la carpeta existente.

3.4.2. Conservación periódica

Dentro de las actividades que comprenden la conservación periódica se tiene la renivelación local en pavimento asfáltico, las carpetas de un riego, carpetas de granulometría abierta, carpetas de mortero asfáltico, carpetas asfálticas de granulometría densa, el fresado de la superficie de pavimentos flexibles, recorte de carpetas asfálticas, recuperación en caliente de carpetas asfálticas, fresado de la superficie de rodamiento en pavimentos rígidos, reposición total o parcial de la superficie de rodamiento de los pavimentos rígidos, reparación de desconchaduras en losas de concreto hidráulico, estabilización de losas de concreto hidráulico, estabilización de revestimientos con cloruro de calcio, carpetas de rodamiento de granulometría discontinua, tipo SMA y carpetas de rodamiento de granulometría discontinua, tipo CASAA, en seguida se describe brevemente cada una de las actividades correspondientes a la conservación periódica.

a. Renivelación local. Consiste en corregir las deformaciones permanentes que existen sobre la vía para restablecer las características geométricas de drenaje superficial, seguridad y comodidad con las que debe contar la carretera. Es importante resaltar que dicha actividad sólo se puede efectuar cuando el pavimento no tiene daño estructural y las deformaciones máximas están comprendidas entre 1 y 5 cm en cualquier dirección. Cuando son necesarias una o varias capas de asfalto para renivelar hundimientos o depresiones, se debe colocar con su superficie paralela a la rasante del proyecto ya que de esta manera se puede garantizar la uniformidad de la superficie de rodamiento, la mezcla asfáltica ya colocada debe ser nivelada con la mínima cantidad de rastrilleo debido a que su exceso provoca que los materiales pequeños bajen dejando el material grueso arriba, la compactación debe efectuarse al mismo nivel del pavimento que rodea la zona y la superficie debe quedar con las mismas condiciones de la zona adyacente.

El procedimiento para llevar a cabo la renivelación local implica que exista un señalamiento adecuado, después se requiere realizar un levantamiento por inspección visual de los daños y se deben delimitar con pintura las áreas dañadas para proseguir con el corte y picado de la superficie a renivelar, en seguida se aplica un riego asfáltico ligero, se limpia la superficie para proceder con el tendido y compactación de la mezcla; y finalmente se tiene como resultado una superficie limpia con textura y acabado uniforme que coincide con el nivel que posee la carpeta asfáltica existente.

b. Carpetas de un riego. Consiste en construir sobre la superficie de la carpeta asfáltica una carpeta de un riego con material asfáltico y pétreo, con la finalidad de mejorar las características de resistencia y seguridad de la superficie de rodamiento.

El procedimiento que se efectúa para esta actividad requiere de un adecuado señalamiento además de que la superficie a tratar debe encontrarse perfectamente limpia y sin la presencia de baches, las estructuras aledañas a la zona a tratar deben protegerse para que no se manchen con el material asfáltico, después se aplica, tiende y plancha el material asfáltico; es fundamental que el tránsito se impida hasta que se hayan alcanzado las condiciones de resistencia del material y al final se retira todo el material que no se haya adherido para que la superficie quede limpia y así obtener como resultado una superficie de rodamiento que quede exenta de deformaciones además de que las orillas de la carpeta quedan recortadas y libres de obstáculos que impidan una libre circulación al usuario.

c. Carpetas de granulometría abierta. Consiste en construir sobre la superficie de la carpeta asfáltica una carpeta elaborada generalmente en caliente con cemento asfáltico y materiales pétreos, con la finalidad de mejorar la comodidad y seguridad de la superficie de rodamiento. Esta carpeta tiene como característica que permite que el agua de lluvia se desplace por las llantas de los autos ocupando de esta forma los vacíos y a su vez incrementando la fricción.

El procedimiento que se sigue para la construcción de esta carpeta implica que se cuente con un señalamiento adecuado para iniciar con el fresado de la superficie por cubrir para eliminar los defectos superficiales que existan ya que se requiere que la superficie se encuentre limpia y exenta de baches, se continua con la aplicación de un riego de liga para proseguir con el tendido y compactación de la mezcla asfáltica y es necesario que el tránsito se impida hasta que se obtengan las condiciones adecuadas en la superficie para tener como resultado una carpeta con textura y acabado uniforme.

d. Carpetas de mortero asfáltico. Consiste en construir sobre la superficie de la carpeta asfáltica una carpeta generalmente elaborada en frío con una emulsión asfáltica y materiales pétreos finos, con la finalidad de mejorar la resistencia y seguridad de la carpeta, en la mayoría de las ocasiones son delgadas, aproximadamente de 1 cm de espesor.

El procedimiento que se lleva a cabo para la construcción de este tipo de carpetas implica que se cuente con un señalamiento adecuado para iniciar con el fresado de la superficie para eliminar los desperfectos superficiales existentes, una vez realizado lo anterior la superficie se debe dejar completamente limpia, es decir, libre de residuos producto del fresado y de esta forma continuar con un riego de liga para concluir con el tendido y compactación de la carpeta y finalmente obtener una carpeta limpia con una textura y acabado uniforme en toda la sección.

e. Carpetas asfálticas de granulometría densa. Consiste en construir una carpeta asfáltica sobre el pavimento existente con una mezcla de cemento asfáltico y agregados densos con la finalidad de reforzar la estructura del pavimento brindando mayor comodidad y seguridad al usuario.

El procedimiento que se efectúa para la construcción de este tipo de carpetas requiere de un señalamiento adecuado para poder iniciar con las labores de fresado de la superficie para eliminar los defectos superficiales existentes, una vez concluido el fresado la superficie debe quedar perfectamente limpia sin residuos producto del fresado, para proseguir con la aplicación de un riego de liga y así poder tender y compactar la nueva carpeta y de esta manera tener como resultado una superficie limpia y con una textura y acabado uniforme en toda la sección.

f. Fresado de la superficie de rodamiento en pavimentos flexibles. Consiste en eliminar las deformaciones superficiales con una fresadora para mejorar la fricción de la superficie de rodamiento y brindar mayor comodidad al usuario.

El procedimiento para esta actividad necesita un adecuado señalamiento para así iniciar con la delimitación del área por fresar en la superficie de rodamiento, en seguida se lleva a cabo el fresado del área ya identificada y los residuos producto del fresado son retirados y llevados al sitio de disposición final y de esta forma se tiene una superficie de rodamiento perfectamente limpia y con una textura uniforme libre de deformaciones, lista para recibir un tratamiento superficial.

g. Recorte de carpetas asfálticas. Consiste en remover la carpeta asfáltica por medios mecánicos con la finalidad de reponerla. El procedimiento para esta actividad requiere de un señalamiento adecuado para poder delimitar el área a cortar sobre la superficie de la carpeta asfáltica y antes de proceder con el corte del área afectada la superficie se debe encontrar limpia, dicho corte se realiza a la profundidad adecuada y los residuos productos del corte son llevados al sitio de disposición final; finalmente como resultado se tiene que la superficie recortada queda lisa y sin marcas excesivas producto del corte, por tal motivo la superficie que es recortada tiene una textura uniforme.

h. Recuperación en caliente de carpetas asfálticas. Consiste en desintegrar superficialmente la carpeta asfáltica por medios mecánicos y empleando calor para posteriormente reutilizar el material recuperado para formar una nueva carpeta.

El procedimiento que generalmente se lleva a cabo en esta actividad requiere de un adecuado señalamiento además de la limpieza de la superficie de rodamiento, para continuar con la eliminación de los baches que pudieran existir, después la superficie de la carpeta existente se calienta sin utilizar una flama directa ya que se corre el riesgo de que los materiales se quemem, una vez caliente se recorta y se recupera el material obtenido del corte para posteriormente triturarlo, en seguida se mezcla el material recuperado con los nuevos materiales pétreos y asfálticos para poder continuar con el tendido y compactación de la mezcla, los residuos son llevados al sitio de disposición final y finalmente se obtiene una superficie de la capa terminada con una textura y acabado uniforme.

i. Fresado de la superficie de rodamiento en pavimentos rígidos. Consiste en la eliminación de deformaciones superficiales mediante el fresado con la finalidad de mejorar la comodidad y seguridad de la superficie de rodamiento ofrecida al usuario. El procedimiento requiere la existencia de un adecuado señalamiento además de la limpieza de la superficie de rodamiento, después es necesario delimitar el área por fresar sobre la carpeta de concreto hidráulico para proseguir con el fresado, los residuos producto del fresado se trasladan al sitio de disposición final y finalmente como resultado la superficie fresada presenta una textura y acabado uniforme, lista para recibir un tratamiento superficial.

j. Reposición total o parcial de la superficie de rodamiento de los pavimentos rígidos. Consiste en reponer las losas dañadas con fracturas con la finalidad de brindar mayor comodidad y seguridad, además de recuperar la capacidad estructural del pavimento.

El procedimiento que generalmente se lleva a cabo para este tipo de actividad necesita un señalamiento adecuado para iniciar con la identificación de las losas por reponer sobre la superficie, después se efectúa la demolición de las losas identificadas, los residuos producto de la demolición son llevados al sitio de disposición final, los baches que se encuentran en la base y sub-base deben ser reparados, para proseguir con la perforación y limpieza de los orificios que se utilizan para la reposición de pasajuntas, se reemplaza el acero de refuerzo para enseguida colar, vibrar, enrasar y llevar a cabo el curado del concreto, es necesario que las juntas se aserren y sellen, además de ser fundamental que el tránsito sobre la losa se impida hasta que se haya logrado alcanzar la resistencia deseada; como resultado se tiene que la superficie de las losas presentan ya una textura uniforme.

k. Reparación de desconchaduras en losas de concreto hidráulico. Consiste en realizar la remoción parcial de la losa en la zona donde se presenta la desconchadura, además del resane y reemplazo del sello de las juntas con la finalidad de obtener mejor comodidad y seguridad sobre la superficie de rodamiento y evitar así la degradación de la losa. Este tipo de mantenimiento es conveniente cuando la desconchadura se localiza en el tercio (1/3) superior de la losa ya que no es conveniente realizarlo cuando el deterioro es profundo.

El procedimiento para esta actividad requiere de un señalamiento adecuado para poder iniciar con la delimitación de las zonas dañadas sobre la superficie, después se efectúa la remoción del sello existente en las juntas, se realiza el corte y limpieza de las juntas además del corte del concreto de las zonas dañadas, los residuos producto del corte se trasladan al sitio de disposición final, posteriormente se instala en las juntas una placa de acero para evitar el contacto del material de resane con la losa adyacente, se debe limpiar

la superficie que recibe el resane para aplicar adhesivos, en seguida se cuela, engrasa y cura el concreto hidráulico, se sellan las juntas y es fundamental que se evite el tránsito sobre la losa hasta que se haya alcanzado la resistencia necesaria; finalmente se tiene como resultado una superficie con una textura uniforme y similar a las losas adyacentes que existen.

l. Estabilización de losas de concreto hidráulico. Consiste en rellenar los espacios vacíos que existen por debajo de la losa de concreto hidráulico, mediante la inyección de lechada con la finalidad de proporcionar un apoyo uniforme para estabilizar la estructura del pavimento.

El procedimiento que se emplea para esta actividad necesita un adecuado señalamiento, para iniciar con un levantamiento visual de los daños existentes, después de debe delimitar las losas a estabilizar, en seguida se perforan y se limpian los orificios que se emplearán para la inyección de la lechada, además se requiere la fabricación e inyección de la lechada, y se requiere de una evaluación de la estabilización antes de que se proceda a rellenar las perforaciones que se emplearon para la inyección; finalmente como resultado se obtienen losas a nivel de la superficie de rodamiento.

m. Refuerzo de estabilización de revestimientos con cloruro de calcio. Consiste en estabilizar o reforzar la estabilización con cloruro de calcio de los revestimientos construidos, con la finalidad de mejorar el nivel de servicio y reducir la generación de polvo cuando transitan los vehículos. El procedimiento que se lleva a cabo para esta actividad requiere de un adecuado señalamiento, los baches existentes deben ser eliminados, después se aplica un riego de agua y se extiende el cloruro de calcio; el tramo o sección estabilizada se debe cerrar al tránsito para que el material penetre de forma satisfactoria y finalmente una vez que el tránsito se reanuda es éste el que tendrá la función de compactar la sección estabilizada.

n. Carpetas de rodamiento de granulometría discontinua, tipo SMA (Stone Matrix Asphalt). Las carpetas de rodamiento con mezcla asfáltica en caliente de granulometría discontinua de tipo SMA, son aquellas que se construyen mediante el tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos y cemento asfáltico, modificado o no, utilizando calor como medio de incorporación, para brindar al usuario una superficie de rodamiento resistente al derrapamiento, cómoda y segura. Este tipo de carpetas no tienen función estructural debido a que el espesor con la cual se construye no supera los 4 cm. Están compuestas de dos partes: un esqueleto de agregados gruesos y un mortero con alto contenido de cemento asfáltico, el esqueleto proporciona el contacto piedra a piedra en la mezcla asfáltica dándole resistencia, mientras que el mortero proporciona durabilidad. Es una aplicación rápida y de pronta apertura al tránsito, con el objetivo principal de resistir las roderas y proporcionar mayor durabilidad, tiene beneficios adicionales, como: menor ruido, mayor fricción en húmedo, mayor resistencia al agrietamiento, el alto contenido de asfalto reduce el envejecimiento, no tiene función drenante.

o. Carpetas de rodamiento de granulometría discontinua, tipo CASAA (Capa Asfáltica Superficial Altamente Adherida). Las carpetas de rodamiento con mezcla asfáltica en caliente de granulometría discontinua de tipo CASAA, son aquellas que consisten en una capa asfáltica elaborada en caliente de granulometría discontinua escalonada con alta fricción interna y resistente a deformaciones, provee una excelente macrotextura y capacidad drenante, para proporcionar una fricción adecuada y reducir el fenómeno de acuaplaneo; reduce el nivel del ruido y pulverización de agua durante la lluvia, es una

aplicación rápida y de pronta apertura al tránsito, se tiende con equipo sincronizado para aplicar una membrana de emulsión polimerizada seguida de la mezcla en caliente, con una diferencia menor a 10 segundos, sellando e impermeabilizando con mayor adherencia, para alargar la vida útil del pavimento; proporciona una apariencia estética y uniforme, de alta seguridad y confort para el usuario.

3.4.3.Reconstrucción

Implica todas las actividades que se necesitan para alcanzar las condiciones originales de operación y seguridad de la carretera una vez que se encuentra muy dañada porque no se llevo a cabo a tiempo alguna labor de conservación rutinaria o periódica; la reconstrucción comprende trabajos como: la recuperación de los pavimentos asfálticos, la demolición de alguna sección de la losa en lo que se refiere a pavimentos rígidos, recorte de pavimentos flexibles, construcción de bases o sub-bases de la carpeta asfáltica, por mencionar algunas; a continuación se explica de manera breve las actividades correspondientes a la reconstrucción.

a. Recuperación en frío de pavimentos flexibles. Consiste en desintegrar la carpeta asfáltica además de la base o sub-base y el material recuperado se tiende y compacta formando una base o sub-base para que sobre ella se construya una nueva carpeta.

El procedimiento que generalmente se lleva a cabo en esta actividad necesita la existencia de un adecuado señalamiento para iniciar con la limpieza de la superficie que se recuperará, además se deben eliminar los baches que pudieran presentarse y se deben proteger las estructuras cercanas, se prosigue con el corte de la carpeta así como de las capas inferiores, el material recuperado se mezcla en el sitio añadiendo materiales nuevos y una vez que se ha conformado la mezcla, ésta se tiende y se compacta para formar una base o sub-base recuperada, después se forman las juntas de contracción y se procede con el curado de la base o sub-base recuperada, para finalmente construir sobre ellas la nueva carpeta asfáltica; y como resultado se tiene una superficie uniforme y limpia de la capa recuperada.

b. Demolición de losas. Consiste en fragmentar y remover mecánicamente las losas de concreto hidráulico. El procedimiento a seguir para esta actividad requiere de un adecuado señalamiento para iniciar con la delimitación del área por demoler sobre la superficie de la carpeta, en seguida se realiza el corte de la losa y la demolición de la misma, después es necesario levantar y fragmentar el concreto deteriorado y los resultados producto de la demolición son trasladados al sitio de disposición final, de tal forma que se tiene como resultado una carretera que queda libre de residuos y sin contaminación por consecuencia de la demolición.

c. Recorte de pavimentos flexibles. Consiste en retirar la carpeta asfáltica, base y sub-base mecánicamente con la finalidad de sustituirlas por unas nuevas. El procedimiento que se efectúa necesita de un adecuado señalamiento para iniciar con la delimitación del área que se requiere recortar, se deben proteger las estructuras aledañas para que no sufran daño alguno, en seguida se procede con el corte del pavimento dejando caras verticales en todo el perímetro y finalmente los residuos son trasladados al sitio de disposición final para tener como resultado una superficie de rodamiento sin contaminación producto del corte que impida la operación de la carretera.

d. Construcción de bases o sub-bases hidráulicas. Consiste en brindar refuerzo a los pavimentos mediante la construcción de nuevas bases o sub-bases. El procedimiento que

generalmente se emplea para este tipo de actividad implica la existencia de un adecuado señalamiento para poder iniciar con el mezclado del material ya sea en planta o en el sitio, después se tiende y compacta la base o sub-base y para concluir se debe dejar el área perfectamente limpia, para tener como resultado una superficie de rodamiento libre de residuos para que la operación de la carretera no se vea afectada.

e. Construcción de bases o sub-bases estabilizadas. Consiste en brindar refuerzo al pavimento mediante la construcción de bases o sub-bases estabilizadas con materiales asfálticos, cemento, cal, entre otros materiales. El procedimiento efectuado en este tipo de actividad necesita un señalamiento adecuado para dar inicio al mezclado del material ya sea en planta o en el sitio, en seguida se debe tender y compactar la base o sub-base ya estabilizada para finalizar con el curado de las mismas y así tener como resultado una superficie libre de residuos para que la operación de la carretera no se afecte.

f. Construcción de base o sub-bases de concreto compactado con rodillo. Consiste en colocar y compactar una mezcla de agregados pétreos, cemento y agua que formará la base o sub-base para conseguir brindar refuerzo al pavimento. El procedimiento en esta actividad requiere de un señalamiento adecuado para iniciar con el mezclado del material en planta, en el sitio o con motoconformadora, en seguida se lleva a cabo el tendido y compactación de la base o sub-base de concreto compactado con rodillo, posteriormente se deben elaborar las juntas longitudinales, transversales y de construcción para proseguir con el curado y acabado; finalmente se tiene como resultado una superficie que queda libre de residuos para que no se afecte la operación de la carretera.

g. Construcción de carpeta ultradelgada de concreto hidráulico. Consiste en construir una carpeta de concreto hidráulico sobre el pavimento asfáltico que existe, con la finalidad de brindar una superficie de rodamiento uniforme, cómoda y segura al usuario. La construcción de esta carpeta puede ser de dos tipos; el primero es una carpeta de concreto hidráulico no adherida, con un espesor de 22 cm o mayor, que se construyen directamente sobre la superficie del pavimento asfáltico; y el segundo tipo es una carpeta ultradelgada de concreto hidráulico adherida, con un espesor de 10 a 15 cm, que se construye sobre la superficie de un pavimento asfáltico, garantizando su adherencia.

El procedimiento que se sigue para esta actividad implica que se cuente con un adecuado señalamiento, además de que se debe verificar que se encuentre dentro de los niveles adecuados, para proceder con la reparación superficial o profunda de las capas de la estructura del pavimento que no proporcionen suficiente resistencia, se continúa con el fresado de la superficie asfáltica y en seguida se cuela, vibra y cura el concreto, además se deben sellar las juntas y continuar con la limpieza de la zona en donde se llevaron a cabo los trabajos; para finalmente obtener una superficie de rodamiento libre de residuos para evitar que la carretera se vea afectada.

3.5. Inversiones en conservación de carreteras

La infraestructura es un factor muy importante para poder incrementar la competitividad de la economía nacional y el bienestar de la población, por esta razón debe ser prioridad para el Gobierno el incrementar la cobertura de la red carretera, conservar o mejorar la calidad de la red existente.

Actualmente para el Gobierno una actividad que tiene gran relevancia es el fortalecer las vías de comunicación y para ello es necesario que se destinen recursos suficientes que permitan mantener un nivel de servicio adecuado en las carreteras, además de que se

realicen los estudios necesarios que justifiquen la inversión, tales como llevar a cabo la investigación de las condiciones de operación del camino existente, así como el análisis comparativo entre el volumen de tránsito que circula por el camino existente y el volumen de servicio del propio camino de acuerdo a las características geométricas y de tránsito lo cual se obtiene mediante un aforo; por otra parte es importante conocer los niveles de servicio actuales y futuros de la red carretera porque ello sirve como herramienta para conseguir establecer una adecuada jerarquía de las necesidades viales para determinar cuál de las vías requerirá primero de algún tipo de mantenimiento.

Cabe resaltar que otra forma de obtener información acerca de la situación real y las condiciones de operación de la red de carretera es mediante un análisis anual y a través de encuestas a los usuarios para contar así con los datos necesarios para poder llevar a cabo una planeación estratégica de la conservación de la red carretera.

Para evitar los riesgos de realizar una inadecuada inversión en la conservación de carreteras es necesario que cada Gobierno de los Estados cuente con un sistema de administración de pavimentos que proporcione que se cuente con una planeación eficiente de la conservación futura que requerirá la red de carreteras, debido a que las carreteras requieren de una adecuada gestión para conseguir que se obtenga el máximo beneficio de los recursos invertidos y se mantenga una buena calidad.

CAPÍTULO 4

ESTUDIO DE CASO



Fuente: SCT

4. ESTUDIO DE CASO. “PPS para mantenimiento de carreteras en el Estado de Guanajuato”

Guanajuato invierte anualmente de 200 a 300 millones de pesos en el mantenimiento de infraestructura carretera; con el propósito de incrementar el desarrollo de infraestructura necesaria para la población y aumentar la competitividad del Estado, buscar nuevas alternativas para obtener el financiamiento de la misma, en especial se pretende considerar un PPS debido a que es éste el esquema que no requiere de disponibilidad de recursos inmediata ya que el servicio se paga una vez que se ha recibido y permite ejecutar el proyecto en tiempo y dentro del presupuesto establecido.

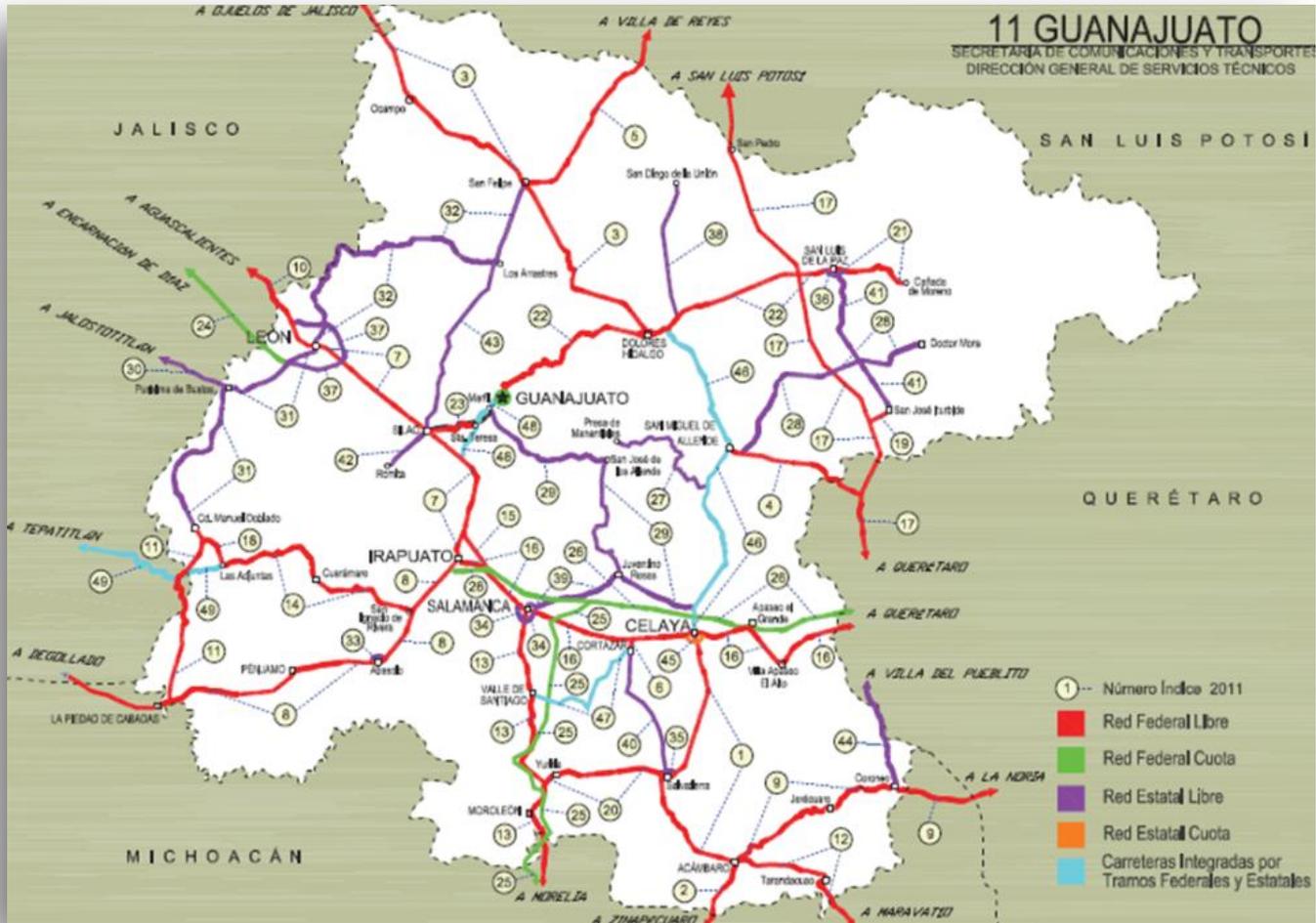
El objetivo general del estudio de caso es analizar si es posible o no generar una estrategia para poder estructurar un PPS de mantenimiento carretero en el Estado de Guanajuato, teniendo como base, la red carretera del mismo y la Ley de PPS como apoyo jurídico.

Para llevar a cabo lo anterior el Estado realiza un estudio para levantar las condiciones actuales de la red carretera que posee y almacena los datos correspondientes a las características físicas, estructurales y de funcionalidad de las vías, para posteriormente clasificarlas de forma adecuada, generando grupos de tramos que son similares y puedan ser susceptibles de efectuar su conservación mediante diferentes esquemas de financiación, es decir, considerando el esquema tradicional de obra pública y las Asociaciones Público Privadas.

4.1. Estado actual de la infraestructura

Es necesario recordar que el Estado se encuentra en una de las mayores zonas de afluencia carretera; como se mencionó en el capítulo 1, y se aprecia en la figura 28, razón por la cual es importante que se cuente con una adecuada estrategia de conservación de la red carretera, para conseguir brindar el nivel de servicio requerido y satisfacer las necesidades del usuario.

Para llevar a cabo el estudio de las condiciones actuales de la red carretera y determinar el grado de mantenimiento que se requiere para definir si existe la posibilidad de efectuar un PPS, es necesario realizar un análisis de la información existente, para lo cual se realizaron dos formas de obtener la información; la primera consistió en tomar como apoyo el banco de información generado por el área de conservación de carreteras en la Dirección General de Infraestructura Vial perteneciente a la Secretaría de Obra Pública del Estado de Guanajuato, la cual desde hace más de 10 años ha sido la encargada de realizar un levantamiento constante para la recolección de datos y generar el inventario de la red vial, contando con características superficiales, estructurales y de demanda. La segunda forma para la obtención de información consistió en la realización de un levantamiento técnico de la red, el cual complementó y actualizó los datos de la red carretera correspondientes al inventario proporcionado por el área de conservación del Estado de Guanajuato.



Fuente: DGST, SCT.

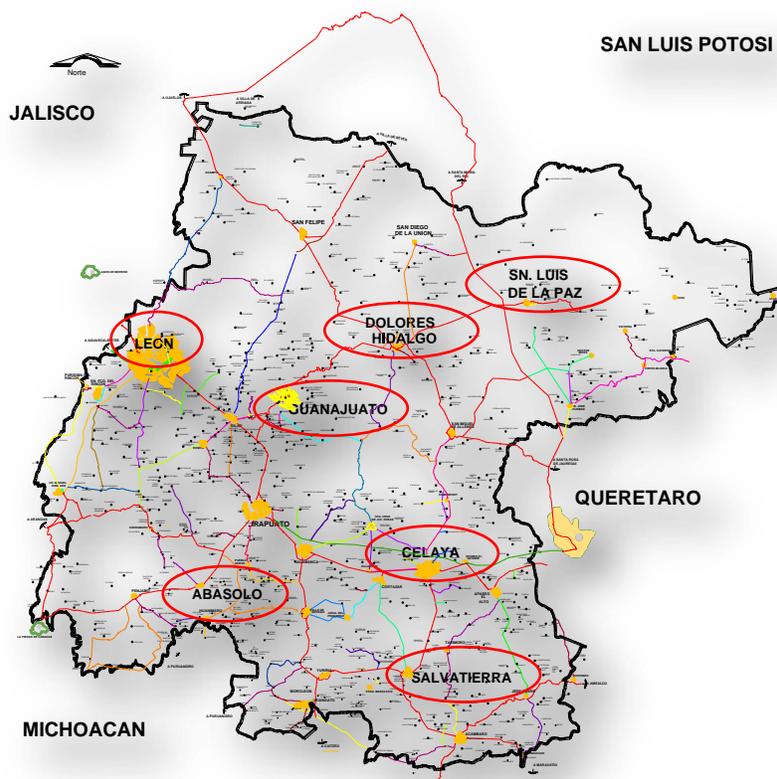
Figura 28. Red carretera del Estado de Guanajuato.

La finalidad de la evaluación es seleccionar los tramos que puedan llevarse a cabo bajo el esquema PPS de acuerdo a las prioridades que se tengan, así como de los diversos estándares de conservación a alcanzar y del presupuesto disponible, justificándose en función del beneficio que se brinda a la sociedad, contribuyendo en el desarrollo económico y social de cada región y en consecuencia del propio Estado.

El levantamiento técnico que se realizó para actualizar el inventario del estado de la red pavimentada comprende, la evaluación superficial de las fallas o deterioros propios de la vía, la valoración del estado de los elementos de la misma; los elementos complementarios como son acotamientos, señalamiento, obras de drenaje, el derecho de vía, etc., los cuales se levantaron para conocer el estado actual en el que se encuentran, ya que deben ser incluidos en el programa de mantenimiento que se contemple.

Al realizar el levantamiento técnico se consideraron tramos homogéneos en cuanto a sus características de construcción y condiciones de tránsito, para cada tramo con características similares, se identificaron secciones de evaluación con longitud no mayor a 1 km para que la recolección de información y manejo de la misma se facilitara.

Para el análisis se consideraron las carreteras libres de peaje y estatales que se encuentran distribuidas en los Municipios, como se mencionó en el capítulo 1, y se aprecia en la figura 29, contando con una longitud de 2,436.8 km, incluyendo los tramos entre las localidades que logran una vinculación, además de los libramientos y los ramales propios de la red.



Fuente: Gobierno del Estado de Guanajuato.

Figura 29. Ubicación de los municipios que comprenden la Red carretera analizada.

Se lograron identificar 2,544 subtramos, comprendidos en los municipios de: Abasolo, Celaya, Dolores Hidalgo, Guanajuato, León, Salvatierra y San Luis de la Paz, que se aprecian en la figura 30, cabe mencionar que más del 90% de ellos poseen una longitud de 1 km, teniendo un promedio total de 0.96 km/subtramo.



Fuente: Gobierno del Estado de Guanajuato.

Figura 30. Municipios que comprenden la Red carretera analizada.

El levantamiento se inició con el recorrido en campo de los tramos, buscando no superar la velocidad de 30 km/h, y al final de cada tramo se registraron las mediciones y observaciones correspondientes a la sección recorrida; para corroborar que la información obtenida fuera correcta se realizó en campo un recorrido a pie en un área representativa de 20 m de longitud, esto al final del tramo, y se inspeccionó que las características de estado obtenidas previamente tuvieran congruencia con la inspección visual realizada a pie; se registraron todos los deterioros observados siempre y cuando no representaran una situación aislada de lo que se observó durante el recorrido; para lograr una adecuada ubicación se registró el cadenamiento en donde se presentó el evento, además de especificar si se encontró en sentido ascendente, es decir, en el sentido en el que va creciendo el cadenamiento del tramo o en el sentido descendente, y se marcó con pintura el inicio y fin del tramo estudiado.

Los tipos de deterioros a evaluar dependieron del tipo de superficie de rodamiento que se encuentra sobre la vía; mediante el recorrido por la red carretera se procedió a realizar una inspección visual de la misma y se encontraron los siguientes tipos de deterioros en pavimentos flexibles:

- Desprendimiento de agregados gruesos y finos.
- Fisuración.
- Pulimiento de agregado.
- Calavereo.
- Deformaciones transversales (Roderas).
- Deformaciones longitudinales (Rugosidad).
- Agrietamiento en forma de mapa.
- Agrietamiento de piel de cocodrilo.
- Baches superficiales y profundos, los cuales incluyen algunos que ya habían sido reparados.

En pavimentos rígidos los deterioros que más se presentaron son:

- Deformación longitudinal.
- Fisuración.
- Baches superficiales y profundos, incluyendo los que ya habían sido reparados.
- Escalonamiento en juntas transversales.
- Desprendimiento de borde en juntas transversales.

El principal resultado de la evaluación consiste en lograr identificar los rangos de atención que se requieren para cada grupo de tramos carreteros, razón por la cual se empleó el criterio de agrupar los tramos homogéneos en celdas representativas.

La metodología que se utiliza para conformar las celdas consiste en generar una matriz de Estado-Tránsito, en el estado se incluyen características superficiales y estructurales, y en lo referente al tránsito se realiza la caracterización de la flota vehicular, los costos de los estándares de conservación, composición del tránsito vehicular, el periodo de análisis, tasa de referencia, tasa de descuento, las alternativas evaluadas y la asignación de estándares de conservación.

Para tener un mayor control de la información, cada tramo y subtramo carretero posee sus propias características, obtenidas del inventario de la Dirección General de Infraestructura Vial, y para fines de este estudio se dividen de acuerdo a los municipios como se aprecia en la figura 29.

ABASOLO

En lo que corresponde a éste municipio, las características físicas con sus respectivos porcentajes totales de la red municipal se muestran en la tabla 11.

TIPO DE TERRENO		CORONA (m)		RAMPA (m/km)		CURVATURA (°/km)		VELOCIDAD (km/h)		CLIMA	
Lomerío	26.65%	Corona<6m	6.84%	Positiva	100%	Tangente	47%	Menor a 90	71.46%	Semicálido	100%
Plano	73.35%	6m≤Corona≤7m	79.72%			Curva	53%	Igual a 90	28.54%		
		Corona>7m	13.44%								

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Características físicas del municipio de Abasolo.

Cabe resaltar que las rampas y pendientes se requieren para definir la geometría vertical del camino, en este municipio el 100% de los tramos tienen pendiente positiva, el grado de curvatura es necesario para especificar la geometría horizontal de la vía, mencionando que para este más del 50% de los tramos se encuentran en curva, teniendo la mayoría de ellos

una velocidad menor a los 90 km/h siendo la más común 80 km/h, la totalidad del municipio presenta un clima semicálido.

Las características estructurales del municipio que se han considerado para el análisis se presentan en la tabla 12, destacándose que cerca del 39% de los tramos tienen una edad de pavimento entre 6 y 10 años, aproximadamente el 51% son pavimentos flexibles, alrededor del 95% de la base del pavimento se encuentra entre 15 y 21 cm, respecto a la sub-base el 40% tiene entre 10 y 15 cm y en cuanto a la subrasante más del 95% posee entre 21 y 25 cm de espesor; en la tabla 12 además se pueden observar algunos parámetros como son el Número Estructural (SN) de los cuales se tiene más del 95%, el Valor de Soporte Relativo (VSR o CBR) se tiene únicamente el 5% de datos, respecto a las deflexiones el 60% son menor a 1 milímetro y en cuanto al IRI más del 80% son mayores a 2.81 m/km; de estos parámetros se hablará más adelante definiendo los rangos que se consideran aceptables para los calificarlos como aceptables.

EDAD PAVIMENTO (años)		ESPESOR DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO (cm)					SN (%)		CBR (%)	
EDAD	%	ESPESOR	CARPETA	BASE	SUB-BASE	SUBRASANTE	Sí	95.3	Sí	5.19
De 1 a 5	11.32%	0	0%	1.18%	31.60%	0%	No	4.7	No	94.81
De 6 a 10	38.44%	De 1 a 5	50.7%	0%	1.18%	0.94%	DEFLEXIONES (mm)			
De 12 a 15	25.94%	De 5.1 a 10	45.52%	0.47%	0%	0%	Menor a 1		60%	
De 16 a 20	5.90%	De 10.1 a 15	3.78%	0.47%	39.86%	0.94%	Mayor a 1		40%	
De 21 a 25	10.14%	De 15.1 a 21	0%	94.81%	25%	2.36%	IRI (m/km)			
De 26 a 30	2.12%	De 21.1 a 25	0%	0%	0.71%	95.76%	Menor a 2.81		15.8%	
De 31 a 34	6.14%	De 25.1 a 90	0%	3.07%	1.65%	0%	Mayor a 2.81		84.2%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Características estructurales del municipio de Abasolo.

En cuanto a las características referentes al tránsito se tienen los TDPA de los años 2009, 2010 y 2011, el crecimiento de tránsito adoptado fue del 3% anual, en la tabla 13 se aprecian los tipos de caminos que prevalecen según el TDPA, destacando que el 83.96% de los tramos analizados tienen un camino tipo C, le siguen los caminos tipo D con un 15.57% y finalmente se tienen en mucho menor proporción caminos tipo A4 con 0.47% que son los que por sus características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso que establece la ley.

TIPO	Con un TDPA	RED CARRETERA
A4	De 5,000 a 20,000 vehículos	0.47 %
C	De 500 a 1,500 vehículos	83.96%
D	De 100 a 500 vehículos	15.57%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Tipo de camino en función del TDPA del municipio de Abasolo.

CELAYA

En lo que concierne a éste municipio las características físicas con los porcentajes totales pertenecientes a la red municipal se muestran en la tabla 14.

TIPO DE TERRENO		CORONA (m)		RAMPA (m/km)		CURVATURA (°/km)		VELOCIDAD (km/h)		CLIMA	
Plano	82.13%	Corona<6m	7.73%	Positiva	100%	Tangente	39.61%	Menor a 90	64.73%	Semicálido	68.6%
Lomerío	16.67%	6m≤Corona≤7m	59.66%			Curva	60.39%	Igual a 90	28.90%	Semiseco	28.8%
Montañoso	1.2%	Corona>7m	32.61%					Mayor a 90	6.37%	Templado SH	2.6%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Características físicas del municipio de Celaya.

Del municipio de Celaya resaltamos que más del 80% de las vías se encuentran sobre terreno plano, teniendo la totalidad de ellos pendiente positiva y más del 60% se encuentran en curva, siendo el ancho de corona más común el que se encuentra entre los 6 y 7 metros, teniendo la mayoría de ellos una velocidad menor a los 90 km/h y el clima semicálido es el que rige al municipio.

Las características estructurales del municipio que se han considerado para el análisis se muestran en la tabla 15, de la cual se puede mencionar que el 29% de los tramos tienen una edad de pavimento entre 1 y 5 años, más del 98% son pavimentos flexibles, alrededor del 73% de la base del pavimento se encuentra entre 15 y 21 cm, respecto a la sub-base más del 40% tiene entre 10 y 15 cm y en cuanto a la subrasante más del 70% posee entre 25 y 90 cm de espesor; en la misma tabla se pueden observar también el Número Estructural (SN) de los cuales se tiene más del 85%, el Valor de Soporte Relativo (VSR o CBR) se tiene únicamente el 14% de datos, respecto a las deflexiones más del 87% son mayores a 1 milímetro y en cuanto al IRI más del 50% de los tramos son mayores a 2.81 m/km.

EDAD PAVIMENTO (años)		ESPESOR DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO (cm)					SN (%)		CBR (%)	
EDAD	%	ESPESOR	CARPETA	BASE	SUB-BASE	SUBRASANTE	Sí	87.44	Sí	14.25
De 1 a 5	29.0%	0	0%	0.48%	28.0%	1.20%	No	12.56	No	87.75
De 6 a 10	8.70%	De 1 a 5	0%	0%	0%	0%	DEFLEXIONES (mm)			
De 12 a 15	9.90%	De 5.1 a 10	0%	5.31%	0.24%	1.20%	Menor a 1		12.80%	
De 16 a 20	11.60%	De 10.1 a 15	0%	17.40%	41.0%	4.10%	Mayor a 1		87.20%	
De 21 a 25	5.80%	De 15.1 a 21	0%	72.70%	15.7%	14.25%	IRI (m/km)			
De 26 a 30	7.25%	De 21.1 a 25	1.20%	3.38%	0.24%	7.25%	Menor a 2.81		47.10%	
De 31 a 42	27.75%	De 25.1 a 90	98.80%	0.73%	14.82%	72.0%	Mayor a 2.81		52.90%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Características estructurales del municipio de Celaya.

Para las características que involucran el tránsito, en la tabla 16 se aprecian los tipos de caminos que prevalecen según el TDPA, enfatizando que más del 80% de los tramos analizados tienen un camino tipo C.

TIPO	Con un TDPA	RED CARRETERA
A4	De 5,000 a 20,000 vehículos	16.18%
A2	De 3,000 a 5,000 vehículos	2.68%
B	De 1,500 a 3,000 vehículos	0.97%
C	De 500 a 1,500 vehículos	80.17%

Fuente: Elaboración propia. **Tabla 16. Tipo de camino en función del TDPA del municipio de Celaya.**

DOLORES HIDALGO

En lo que corresponde a éste municipio las características físicas con los porcentajes totales pertenecientes a su propia red municipal se muestran en la tabla 17.

TIPO DE TERRENO		CORONA (m)		RAMPA (m/km)		CURVATURA (°/km)		VELOCIDAD (km/h)		CLIMA	
Plano	34.15%	Corona < 6m	4.94%	Positiva	100%	Tangente	29.22%	Menor a 90	88.0%	Semicálido	19.34%
Lomerío	65.85%	6m ≤ Corona ≤ 7m	76.54%			Curva	70.78%	Igual a 90	12.0%	Semiseco	64.60%
		Corona > 7m	18.52%							Templado SH	16.06%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Características físicas del municipio de Dolores Hidalgo.

En el caso del municipio de Dolores Hidalgo se destaca que más del 60% de las vías se encuentran sobre terreno lomerío, teniendo la totalidad de ellos pendiente positiva y más del 70% se encuentran en curva, el ancho de corona más común es el que se encuentra entre los 6 y 7 metros de longitud, la mayoría de los tramos tiene una velocidad menor a los 90 km/h y el clima que se presenta en la mayor parte del municipio es el semiseco.

Las características estructurales del municipio se muestran en la tabla 18, se destaca que más del 45% de los tramos tienen una edad de pavimento mayor a los 10 años sin tenerse la precisión en cuanto a la edad del mismo, más del 78% son pavimentos flexibles, alrededor del 21% carecen de base en el pavimento por lo que corresponden a pavimentos rígidos, respecto a la sub-base más del 80% tiene entre 15 y 21 cm y en cuanto a la subrasante más del 40% posee entre 25 y 90 cm de espesor; en la misma tabla se pueden apreciar también el Número Estructural (SN) de los cuales se tiene más del 89%, el Valor de Soporte Relativo (VSR o CBR) se tiene cerca del 49% de datos, respecto a las deflexiones más del 77% son menores a 1 milímetro y en cuanto al IRI más del 57% de los tramos son menores a 2.81 m/km.

EDAD PAVIMENTO (años)		ESPESOR DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO (cm)					SN (%)		CBR (%)	
EDAD	%	ESPESOR	CARPETA	BASE	SUB-BASE	SUBRASANTE	Sí	89.3	Sí	48.15
De 1 a 5	15.23%	0	0%	21.81%	12.35%	11.11%	No	10.7	No	51.85
De 6 a 10	22.22%	De 1 a 5	78.19%	0%	0%	0%	DEFLEXIONES (mm)			
De 12 a 15	0%	De 5.1 a 10	14.40%	15.34%	0%	0%	Menor a 1		77.36%	
De 16 a 20	0%	De 10.1 a 15	7.41%	24.28%	0%	17.70%	Mayor a 1		22.64%	
De 21 a 25	12.76%	De 15.1 a 21	0%	24.28%	80.66%	27.57%	IRI (m/km)			
De 26 a 30	4.52%	De 21.1 a 25	0%	14.29%	0.41%	2.06%	Menor a 2.81		57.61%	
De 31 a 42	45.27%	De 25.1 a 90	0%	0%	6.58%	41.56%	Mayor a 2.81		42.39%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Características estructurales del municipio de Dolores Hidalgo.

Para las características en las que interviene el tránsito, en la tabla 19 se aprecian los tipos de caminos que prevalecen según el TDPA, enfatizando que más del 90% de los tramos analizados tienen un camino tipo C.

TIPO	Con un TDPA	RED CARRETERA
B	De 1,500 a 3,000 vehículos	7.82%
C	De 500 a 1,500 vehículos	92.18%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Tipo de camino en función del TDPA del municipio de Dolores Hidalgo.

GUANAJUATO

En lo que atañe a éste municipio las características físicas con los porcentajes totales de su red municipal se muestran en la tabla 20.

TIPO DE TERRENO	CORONA (m)		RAMPA (m/km)		CURVATURA (°/km)		VELOCIDAD (km/h)		CLIMA		
Plano	11.65%	Corona<6m	4.85%	Positiva	99.0%	Tangente	22.30%	Menor a 90	58.25%	Semicálido	71.8%
Lomerío	58.25%	6m≤Corona≤7m	33.00%	Negativa	1.0%	Curva	77.70%	Igual a 90	11.65%	Templado SH	28.2%
Montañoso	30.10%	Corona>7m	62.15%					Mayor a 90	30.1%		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Características físicas del municipio de Guanajuato.

Del municipio de Guanajuato se enfatiza que más del 50% de las vías se encuentran sobre terreno lomerío, teniendo el 99% de ellos pendiente positiva y más del 70% se encuentran en curva, siendo el ancho de corona más común el que se encuentra por encima de los 7 m, teniendo la mayoría de ellos una velocidad menor a los 90 km/h y el clima semicálido es el que se presenta en la mayor parte del municipio.

Las características estructurales del municipio se aprecian en la tabla 21, de la cual se puede mencionar que más del 90% de los tramos tienen una edad de pavimento entre 6 y 10 años, más del 50% son pavimentos rígidos, alrededor del 45% de la base del pavimento se encuentra entre 15 y 21 cm, en relación a la sub-base más del 30% tiene entre 21 y 25 cm y en cuanto a la subrasante más del 50% posee entre 25 y 90 cm de espesor; en la misma tabla se pueden observar el Número Estructural (SN) de los cuales se tiene más del 88%, el Valor de Soporte Relativo (VSR o CBR) se tiene el más del 49% de datos, respecto a las deflexiones más del 88% son menores a 1 mm y en cuanto al IRI más del 88% de los tramos son menores a 2.81 m/km.

EDAD PAVIMENTO (años)		ESPESOR DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO (cm)					SN (%)		CBR (%)	
EDAD	%	ESPESOR	CARPETA	BASE	SUB-BASE	SUBRASANTE	Sí	88.35	Sí	49.5
De 1 a 5	5.82%	0	0%	54.37%	26.21%	35.92%	No	11.65	No	50.5
De 6 a 10	94.18%	De 1 a 5	24.27%	0%	0%	0%	DEFLEXIONES (mm)			
De 12 a 15	0%	De 5.1 a 10	54.36%	0%	0%	0.97%	Menor a 1		88.35%	
De 16 a 20	0%	De 10.1 a 15	8.73%	0%	22.33%	4.85%	Mayor a 1		11.65%	
De 21 a 25	0%	De 15.1 a 21	0%	45.63%	38.83%	7.77%	IRI (m/km)			
De 26 a 30	0%	De 21.1 a 25	12.64%	0%	0%	0%	Menor a 2.81		35.0%	
De 31 a 42	0%	De 25.1 a 90	0%	0%	12.63%	50.92%	Mayor a 2.81		65.0%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Características estructurales del municipio de Guanajuato.

Para las características que envuelven al tránsito, en la tabla 22 se aprecian los tipos de caminos que prevalecen según el TDPA, resaltando que más del 50% de los tramos analizados tienen un camino tipo C.

TIPO	Con un TDPA	RED CARRETERA
A4	De 5,000 a 20,000 vehículos	30.10%
A2	De 3,000 a 5,000 vehículos	6.80%
B	De 1,500 a 3,000 vehículos	11.65%
C	De 500 a 1,500 vehículos	51.45%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Tipo de camino en función del TDPA del municipio de Guanajuato.

LEÓN

Para éste municipio las características físicas con los porcentajes totales de la red municipal se aprecian en la tabla 23.

TIPO DE TERRENO		CORONA (m)		RAMPA (m/km)		CURVATURA (°/km)		VELOCIDAD (km/h)		CLIMA	
Plano	53.91%	Corona<6m	6.58%	Positiva	100%	Tangente	35.59%	Menor a 90	100%	Semicálido	45.4%
Lomerío	30.07%	6m≤Corona≤7m	69.75%			Curva	64.41%			Semiseco	23.7%
Montañoso	16.02%	Corona>7m	23.67%							Templado SH	30.9%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Características físicas del municipio de León.

Del municipio de León se enfatiza que más del 50% de las vías se encuentran sobre terreno plano, teniendo el 100% de ellos pendiente positiva y más del 60% se encuentran en curva, siendo el ancho de corona más común el que se encuentra entre los 6 y 7 metros, la totalidad de ellos poseen una velocidad menor a los 90 km/h y el clima semicálido es el que se presenta en la mayor parte del municipio.

Las características estructurales del municipio se pueden apreciar en la tabla 24, de la cual se puede destacar que más del 35% de los tramos tienen una edad de pavimento entre 26 y 45 años, más del 60% son pavimentos flexibles, el 83% de la base del pavimento se encuentra entre 15 y 21 cm, en relación a la sub-base más del 55% tiene entre 10 y 15 cm y en el caso de la subrasante más del 85% posee entre 25 y 90 cm de espesor; en la misma tabla se pueden apreciar el Número Estructural (SN) de los cuales se tiene más del 77%, el Valor de Soporte Relativo (VSR o CBR) se tiene sólo el 16% de datos, en las deflexiones más del 70% son menores a 1 milímetro y en cuanto al IRI más del 56% de los tramos son mayores a 2.81 m/km.

EDAD PAVIMENTO (años)		ESPESOR DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO (cm)					SN (%)		CBR (%)	
EDAD	%	ESPESOR	CARPETA	BASE	SUB-BASE	SUBRASANTE	Sí	77.6	Sí	16.37
De 1 a 5	23.13%	0	0%	10.5%	13.52%	4.45%	No	22.4	No	83.63
De 6 a 10	14.23%	De 1 a 5	60.67%	0%	0%	0%	DEFLEXIONES (mm)			
De 12 a 15	3.20%	De 5.1 a 10	29.18%	0%	0%	0.36%	Menor a 1		70.10%	
De 16 a 20	22.06%	De 10.1 a 15	0.36%	6.5%	56.76%	4.45%	Mayor a 1		29.9%	
De 21 a 25	0.53%	De 15.1 a 21	9.79%	83.0%	19.04%	2.5%	IRI (m/km)			
De 26 a 45	36.85%	De 21.1 a 25	0%	0%	0%	2.5%	Menor a 2.81		43.60%	
		De 25.1 a 90	0%	0%	10.71%	85.74%	Mayor a 2.81		56.40%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Características estructurales del municipio de León.

Para las características que involucran al tránsito, en la tabla 25 se aprecian los tipos de caminos que prevalecen según el TDPA, resaltando que más del 67% de los tramos analizados tienen un camino tipo C.

TIPO	Con un TDPA	RED CARRETERA
A4	De 5,000 a 20,000 vehículos	4.98%
A2	De 3,000 a 5,000 vehículos	13.52%
B	De 1,500 a 3,000 vehículos	7.47%
C	De 500 a 1,500 vehículos	67.61%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Tipo de camino en función del TDPA del municipio de León.

SALVATIERRA

En lo que compete a éste municipio las características físicas con los porcentajes totales pertenecientes a la red municipal se muestran en la tabla 26.

TIPO DE TERRENO		CORONA (m)		RAMPA (m/km)		CURVATURA (°/km)		VELOCIDAD (km/h)		CLIMA	
Plano	32.10%	Corona<6m	6.40%	Nula	0.4%	Tangente	32.30%	Menor a 90	19.12%	Semicálido	55.6%
Lomerío	66.15%	6m≤Corona≤7m	67.91%	Positiva	99.2%	Curva	67.70%	Igual a 90	80.88%	Semiseco	8.5%
Montañoso	1.75%	Corona>7m	25.69%	Negativa	0.4%					Templado SH	35.9%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Características físicas del municipio de Salvatierra.

Del municipio de Salvatierra resaltamos que más del 66% de las vías se encuentran sobre terreno lomerío, teniendo la mayor parte de ellos en pendiente positiva y más del 60% se encuentran en curva, siendo el ancho de corona más común el que se encuentra entre los 6 y 7 metros, la mayoría de ellos una velocidad igual a los 90 km/h y el clima semicálido es el que predomina en el municipio.

Las características estructurales del municipio que se han estudiado muestran en la tabla 27, de la cual se destaca que más del 38% de los tramos tienen una edad de pavimento entre 6 y 10 años, alrededor del 66% son pavimentos flexibles, más del 80% de la base del pavimento se encuentra entre 15 y 21 cm, respecto a la sub-base más del 90% tiene entre 10 y 15 cm y en cuanto a la subrasante más del 70% posee entre 25 y 90 cm de espesor; en

la misma tabla se aprecia el Número Estructural (SN) de los cuales se tiene más del 90%, el Valor de Soporte Relativo (VSR o CBR) se tiene aproximadamente el 4% de datos, respecto a las deflexiones más del 60% son mayores a 1 milímetro y en cuanto al IRI más del 75% de los tramos son mayores a 2.81 m/km.

EDAD PAVIMENTO (años)		ESPESOR DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO (cm)					SN (%)		CBR (%)	
EDAD	%	ESPESOR	CARPETA	BASE	SUB-BASE	SUBRASANTE	Sí	6.90	Sí	4.62
De 1 a 5	12.08%	0	0%	0%	4.62%	0.44%	No	93.10	No	95.38
De 6 a 10	38.46%	De 1 a 5	66.6%	0%	0%	0%	DEFLEXIONES (mm)			
De 12 a 15	27.25%	De 5.1 a 10	22.42%	0%	0.44%	0.44%	Menor a 1		31.43%	
De 16 a 20	4.61%	De 10.1 a 15	7.47%	5.27%	91.87%	0%	Mayor a 1		68.57%	
De 21 a 25	4.61%	De 15.1 a 21	0.44%	85.27%	3.07%	13.40%	IRI (m/km)			
Más de 10	12.99%	De 21.1 a 25	3.07%	9.46%	0%	5.93%	Menor a 2.81		23.73%	
		De 25.1 a 90	0%	0%	0%	79.79%	Mayor a 2.81		76.27%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Características estructurales del municipio de Salvatierra.

Para las características en las que interviene el tránsito, en la tabla 28 se aprecian los tipos de caminos que prevalecen según el TDPA, enfatizando que más del 80% de los tramos analizados tienen un camino tipo C.

TIPO	Con un TDPA	RED CARRETERA
A4	De 5,000 a 20,000 vehículos	1.53%
B	De 1,500 a 3,000 vehículos	13.8%
C	De 500 a 1,500 vehículos	84.67%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28. Tipo de camino en función del TDPA del municipio de Salvatierra.

SAN LUIS DE LA PAZ

En lo que implica a éste municipio las características físicas con los porcentajes totales pertenecientes a la red municipal se muestran en la tabla 29.

TIPO DE TERRENO		CORONA (m)		RAMPA (m/km)		CURVATURA (°/km)		VELOCIDAD (km/h)		CLIMA	
Plano	26.82%	Corona < 6m	11.37%	Positiva	100%	Tangente	29.15%	Menor a 90	73.45%	Semiseco	73.2%
Lomerío	44.31%	6m ≤ Corona ≤ 7m	88.63%			Curva	70.85%	Igual a 90	25.66%	Templado SH	26.8%
Montañoso	28.87%							Mayor a 90	0.89%		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Características físicas del municipio de San Luis de la Paz.

Del municipio de San Luis de la Paz se enfatiza que más del 40% de las vías se encuentra sobre terreno lomerío, teniendo la totalidad de ellos en pendiente positiva y más del 70% se encuentran en curva, siendo el ancho de corona más común el que se encuentra entre los 6 y 7 metros, la mayoría de ellos una velocidad menor a los 90 km/h y el clima semiseco es el que impera en el municipio.

Las características estructurales del municipio que se han considerado se muestran en la tabla 30, de la cual se destaca que más del 45% de los tramos tienen una edad de pavimento superior a los 10 años sin tener precisión en ellos, más del 90% son pavimentos flexibles, el 100% de la base del pavimento se encuentra entre 15 y 21 cm, respecto a la sub-base más del 95% tiene entre 10 y 15 cm y en cuanto a la subrasante el 100% posee entre 25 y 90 cm de espesor; en la misma tabla se aprecia el Número Estructural (SN) de los cuales se tiene aproximadamente el 90%, el Valor de Soporte Relativo (VSR o CBR) se tiene alrededor del 6% de datos, respecto a las deflexiones más del 80% son menores a 1 milímetro y en cuanto al IRI más del 50% de los tramos son menores a 2.81 m/km.

EDAD PAVIMENTO (años)		ESPESOR DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO (cm)					SN (%)		CBR (%)	
EDAD	%	ESPESOR	CARPETA	BASE	SUB-BASE	SUBRASANTE	Sí	90.67	Sí	6.12
De 1 a 5	18.37%	0	0%	0%	3.50%	0%	No	9.33	No	93.88
De 6 a 10	17.49%	De 1 a 5	94.2%	0%	0%	0%	DEFLEXIONES (mm)			
De 12 a 15	0%	De 5.1 a 10	5.8%	0%	0%	0%	Menor a 1		88.04%	
De 16 a 20	15.74%	De 10.1 a 15	0%	0%	96.5%	0%	Mayor a 1		11.96%	
Más de 10	48.4%	De 15.1 a 21	0%	100%	3.07%	0%	IRI (m/km)			
		De 21.1 a 25	0%	0%	0%	0%	Menor a 2.81		53.53%	
		De 25.1 a 90	0%	0%	0%	100%	Mayor a 2.81		46.65%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Características estructurales del municipio de San Luis de la Paz.

Para las características en las que interviene el tránsito, en la tabla 31 se aprecian los tipos de caminos que prevalecen según el TDPA, enfatizando que más del 80% de los tramos analizados tienen un camino tipo C.

TIPO	Con un TDPA	RED CARRETERA
A4	De 5,000 a 20,000 vehículos	2.91%
C	De 500 a 1,500 vehículos	83.40%
D	De 100 a 500 vehículos	13.69%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Tipo de camino en función del TDPA del municipio de San Luis de la Paz.

Para lograr la composición de las celdas también se empleó el modelo HDM-4 (Highway Development and Management System) que es un sistema para el desarrollo y gestión de carreteras, tiene un conjunto de herramientas para el análisis técnico y económico de diversas alternativas de inversión relacionadas con la conservación de carreteras. El HDM-4 permite predecir el deterioro del pavimento durante su vida útil, calcular los efectos de acciones de conservación y mejoramiento del pavimento, estimar costos de operación vehicular, calcular los montos de inversión necesarios para mantener un determinado nivel de servicio en la red carretera o estimar el nivel de servicio que pueda lograrse con un techo presupuestal fijo, así como evaluar los efectos de las políticas de largo plazo, tales como cambios en las cargas legales del tránsito o en los estándares de conservación de pavimentos, y evaluar proyectos y programas de conservación en términos técnicos y económicos, obteniendo los montos y beneficios de cada alternativa considerada, calculando sus indicadores de rentabilidad que son el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Los datos que requiere el HDM-4 de los tramos carreteros fundamentalmente son: características geométricas y estructurales, tales como la topografía, dimensiones de la vía, daños superficiales, deflexiones, estructura del pavimento lo cual incluye el tipo de pavimento y los espesores de las diferentes capas del mismo, IRI, estado de deterioro del pavimento, características del TDPA, la composición del parque vehicular, estándares de conservación de carreteras y las características climatológicas de la zona.

Cómo ya se mencionó en el capítulo 3, las deflexiones se requieren para determinar el daño estructural que tiene un pavimento, por lo que son un parámetro universalmente empleado para la caracterización de la capacidad estructural del mismo; de acuerdo al inventario fueron tomadas en los años 2008, 2010 y 2011, contándose con un 94.5 % de toda la red carretera como se observa en las tablas anteriores, las cuales se complementaron con el levantamiento técnico. El conocimiento de los parámetros que rigen el comportamiento esfuerzo-deformación de los materiales constitutivos es de gran importancia para la evaluación estructural. Para la evaluación estructural del pavimento se realizaron mediciones de desplazamientos verticales mediante la aplicación de una carga por impacto más o menos a 6 toneladas, en la rodada externa del carril, las pruebas se ejecutaron separadas a cada 200 m. Si la deflexión obtenida es menor o igual a 1 mm se ha considerado como permitida, no así cuando la deflexión supera 1 mm.

El IRI al igual que las deflexiones se tiene de los años 2008, 2010, y 2011, contándose con un total del 97.8 %, cabe mencionar que en los últimos años se observan discrepancias en los valores por lo que se verificaron los valores en el año 2011 con el levantamiento técnico por lo que se tuvieron que realizar las mediciones correspondientes para validar los datos proporcionados en el inventario y completar el 100% de los datos necesarios para el análisis de los tramos carreteros. De los resultados obtenidos del IRI de forma general el 60% de los tramos tienen un IRI mayor a 2.81 m/km, lo que se puede apreciar en las tablas que se presentaron anteriormente de los municipios, por lo cual se debe prestar especial atención en dichos tramos.

También se inventarió los valores correspondientes al número estructural del camino (SN), es importante resaltar que la resistencia del pavimento se basa en el SN; cada capa tiene un aporte de resistencia al pavimento, la cual disminuye mientras más inferior sea, el SN es uno de los factores que tiene mayor influencia debido a que modela la capacidad del pavimento para resistir las cargas del tránsito, representa un valor que proporciona información de la superficie de rodamiento y de los deterioros provocados por la deformación de las capas inferiores; los factores que tienen mayor importancia para determinar el SN son las condiciones climáticas y el estado de drenaje.

El VSR o CBR (California Bearing Ratio) que es el valor relativo de soporte y el cual muy pocos tramos lo tienen indicado, en total se tiene registrado el 15% de los subtramos de acuerdo a la base de datos, el CBR (%) se establece como una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y su capacidad para soportar las cargas aplicadas sobre él; en otras palabras, es la prueba que se le aplica a los materiales que se pretenden utilizar en pavimentos, para conocer su resistencia al corte; éste valor varía dependiendo del material que se analice, ya que los valores aceptables para las terracerías son diferentes de los de la base y sub-base de los pavimentos. Los factores que afectan el VSR son la textura del suelo, el contenido de agua, y su condición de compactación.

Por otra parte la composición vehicular de la red carretera del Estado de Guanajuato es importante porque es la base para definir la cantidad demanda de vehículos que circula por

la red, la flota vehicular que ha sido considerada para el análisis consta de automóviles (A), autobuses intermedios (B1), autobuses pesados (B2), camiones de 2 ejes (C2), camiones de 3 ejes (C3), camiones de 4 ejes (T2-S2), camiones de 5 ejes (T3-S2), camiones de 6 ejes (T3-S3), camiones de 7 ejes (T3-S2-R2) y camiones de 9 ejes (T3-S2-R4), los cuales se tomaron de acuerdo a la norma de pesos y dimensiones máximas circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación.

En la tabla 32 se puede apreciar la forma en la que se ha agrupado la composición del tránsito, que para fines de nuestro análisis se realizó una estructuración más sencilla de acuerdo al número de ejes y lograr la conformación de la matriz Estado-Tránsito; las letras A, B, C y D constituyen las columnas de lo que será nuestra matriz.

NOMENCLATURA	TIPO	COMPOSICIÓN %	AGRUPAMIENTO FLOTA VEHICULAR	% FINAL AGRUPADO
A	Automóvil	89.5 %	A	89.5 %
B1	Autobús intermedio	2.5 %	B	4.5 %
B2	Autobús pesado	2.0%		
C2	Camión de 2 ejes	1.0 %	C	2.0 %
C3	Camión de 3 ejes	1.0 %		
T2-S2	Camión de 4 ejes	0.6 %	D	4.0 %
T3-S2	Camión de 5 ejes	2.0 %		
T3-S3	Camión de 6 ejes	1.0 %		
T3-S2-R2	Camión de 7 ejes	0.2 %		
(T3-S2-R4)	Camión de 9 ejes	0.2 %		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Composición vehicular agrupada.

El conocimiento del volumen y del tipo de vehículo que circulan en la red carretera brinda la posibilidad de determinar el grado de ocupación y las condiciones en que opera cada tramo carretero que fue seleccionado, el análisis de su evolución histórica es primordial para definir las tendencias de su crecimiento y para planear las acciones que se requieren para evitar que algunos tramos dejen de prestar el servicio demandado por el usuario.

Una vez que ya se cuenta con la información anterior se tienen las herramientas necesarias para elaborar la matriz de Estado-Tránsito representativa de Guanajuato, considerando un algoritmo de agrupamiento de tramos en Excel con funciones lógicas, separando los tramos de la red que presenten las mismas condiciones estructurales y de demanda, asociándolos a su vez a una celda representativa para su análisis, los tramos considerados son los que poseen mayor tránsito y peor estado.

En las columnas además de la composición vehicular que se identifica con la letras A, B, C y D, tabla 32 agrupamiento de la flota vehicular, se estratifican los tramos en función del IRI y de las deflexiones y en las filas se considera el tránsito, la matriz se puede dividir en tantas columnas como rangos de IRI se quieran considerar, como se contempla tener una reducción del IRI a un promedio de 3 m/km los rangos de estado considerados en función de la regularidad y deflexiones se muestran en la tabla 33.

IDENTIFICACIÓN	IRI (m/km)	ESTADO DE CONDICIÓN
A	$IRI \leq 2.81$	Bueno
B	$2.81 < IRI \leq 3.5$	Regular
C	$3.5 < IRI \leq 4.5$	Malo
D	$IRI \geq 4.5$	Muy malo

IDENTIFICACIÓN	DEFLEXIÓN (mm)
Rango a	$d \leq 1$
Rango b	$d > 1$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Rangos de estado en función del IRI y deflexiones.

En las filas que se tomó en cuenta el TDPA (vehículos/día) para el agrupamiento, los rangos considerados se pueden apreciar en la tabla 34.

IDENTIFICACIÓN	TDPA
1	Hasta 500 v/d
2	De 501 a 1500 v/d
3	De 1501 a 2500 v/d
4	De 2501 a 3500 v/d
5	De 3501 a 5000 v/d
6	Mayor a 5000 v/d

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Rangos de estado en función del TDPA.

Los rangos de tránsito se consideraron como:

1. Hasta 500 vehículos por día (vpd).
2. De 501 a 1500 (vpd).
3. De 1,501 a 1500 (vpd).
4. De 2,501 a 3500 (vpd).
5. De 3,501 a 5000 (vpd).
6. Mayor a 5,000 (vpd).

Los sub-rangos de estado en función de la rugosidad (IRI) y las deflexiones, fueron los siguientes:

- A. Menor o igual a 2.81 m/km.
- B. Mayor que 2.81 m/km y menor o igual a 3.5 m/km.
- C. Mayor que 3.5 m/km y menor o igual a 4.5 m/km.
- D. Mayor o igual a 4.5 m/km.

Para las deflexiones se tuvieron dos sub-rangos:

- a. Menor o igual a 1 mm.
- b. Mayor a 1 mm.

Considerando los datos anteriores y después del análisis, se tiene que la red del Estado de Guanajuato está constituida por 48 celdas que representan el estado superficial - estructural y tránsito de los tramos, cada celda representa la sumatoria de los tramos que constituye

dicha condición, del agrupamiento se tiene un total de 46 celdas, ya que dos de ellas carecen de tramos con las características que se establecieron, la matriz se muestra en la tabla 35 con las longitudes en km y en la tabla 36 con los km procesados en porcentajes, debemos recordar que A, B, C y D, son el agrupamiento de la flota vehicular mostrado en la tabla 32.

Longitudes (en Km)	Def. IRI	A		B		C		D		Total en km
		Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	
		0	2.8	2.8	3.5	3.5	4.5	4.5	10	
		a	b	a	b	a	b	a	b	
Tránsitos		< 1mm	> 1mm							
1	< 500	57.0	0.0	64.1	0.0	49.8	3.0	38.9	6.2	218.9
2	< 1500	86.2	23.7	158.3	45.2	149.7	19.2	49.4	42.0	573.6
3	< 2500	49.1	23.0	150.2	25.6	92.3	37.0	49.2	24.9	451.4
4	< 3500	90.8	46.0	154.8	75.6	89.2	70.5	41.0	17.0	584.8
5	< 5000	61.5	8.5	103.8	19.8	28.2	14.0	18.6	15.7	270.1
6	> 5000	39.3	10.0	116.7	10.0	62.6	10.0	21.2	4.0	273.8
		383.8	111.1	747.9	176.2	471.8	153.7	218.3	109.7	2372.5
		495		924		625		328		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Matriz con las longitudes en km.

%	Def. IRI	A		B		C		D		Total en %
		Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	
		0	2.8	2.8	3.5	3.5	4.5	4.5	10	
		a	b	a	b	a	b	a	b	
Tránsitos		< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	
1	< 500	2.4%	0.0%	2.7%	0.0%	2.1%	0.1%	1.6%	0.3%	9%
2	< 1500	3.6%	1.0%	6.7%	1.9%	6.3%	0.8%	2.1%	1.8%	24%
3	< 2500	2.1%	1.0%	6.3%	1.1%	3.9%	1.6%	2.1%	1.0%	19%
4	< 3500	3.8%	1.9%	6.5%	3.2%	3.8%	3.0%	1.7%	0.7%	25%
5	< 5000	2.6%	0.4%	4.4%	0.8%	1.2%	0.6%	0.8%	0.7%	11%
6	> 5000	1.7%	0.4%	4.9%	0.4%	2.6%	0.4%	0.9%	0.2%	12%
		16%	5%	32%	7%	20%	6%	9%	5%	100%
		21%		39%		26%		14%		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36. Matriz con las longitudes procesadas en %.

Al analizar la matriz se concluye que la red del Estado de Guanajuato, queda constituida por 46 celdas representativas de la condición de estado superficial – estructural y tránsito, ya que dos de las celdas agrupadas las cuales son A1b y B1b no existen tramos con tales características.

De las matrices se puede apreciar que el 60% de la red tienen rugosidades de buenas a aceptable y el 40% posee valores altos mayores a 3.5 m/km; 23% de la red tienen problemas estructurales lo cual se aprecia a través de las deflexiones, el 3.9% además de tener deflexiones altas tiene TDPA mayores a 3,500 vehículos por día, haciendo necesario que se refuercen dichas vías; finalmente, de la matriz de evaluación Estado-

Tránsito, se concluye que el 21% de la red vial se encuentra en estado bueno, el 39% en estado regular, el 26% en un estado malo y el 14% en estado muy malo; de tal forma que la lógica de las evaluaciones viales indican que la priorización de las inversiones deben corresponder a las celdas de mayor TDPA, es decir, los niveles de tránsito 5 y 6 y peor estado, los B, C y D.

Por otra parte también es necesario conocer los valores actuales que se tienen en el mercado en cuanto a los conceptos más utilizados en conservación de carreteras; se pueden observar en la tabla 37 los costos relacionados con la conservación rutinaria.

CONSERVACIÓN RUTINARIA		
PAVIMENTOS		
CONCEPTO	UNIDAD	Costo
1. Limpieza de la superficie de rodamiento.	ha	\$14.85
2. Barrido de la superficie por tratar.	ha	\$2,799.11
3. Calafateo de grietas mayores de 3 mm.	ml	\$6.96
4. Sellado de grietas menores de 3 mm.	ml	\$5.08
5. Calavereo con mezcla asfáltica.	m ³	\$3,824.32
6. Bacheo superficial con mezcla asfáltica en planta en caliente.	m ³	\$3,187.24
7. Renivelación con mezcla asfáltica en acceso de estructuras.	m ³	\$2,401.19
LIMPIEZA		
1. Limpieza de estacionamientos y áreas de descanso.	ha	\$346.53
2. Limpieza de banquetas.	ml	\$4.43
3. Limpieza y desazolve de cunetas.	m ³	\$301.97
4. Limpieza de cunetas y contracunetas.	m ³	\$341.87
5. Limpieza y desazolve de cajas de captación.	m ³	\$191.92
6. Limpieza y desazolve de pozos de visita.	m ³	\$191.92
7. Limpieza de pasos granaderos.	pza	\$177.67
8. Limpieza y desazolve de alcantarillas con facilidad.	m ³	\$233.76
9. Limpieza y desazolve de canales de entrada y salida.	m ³	\$222.10
10. Limpieza y desazolve de lavaderos.	m ³	\$592.26
11. Limpieza de señales verticales menores con agua y jabón.	pza	\$9.54
12. Limpieza de fantasmas.	pza	\$2.08
13. Limpieza de vialetas y ménsulas reflejantes.	pza	\$1.96
14. Limpieza de juntas de dilatación en estructuras.	ml	\$8.88
15. Limpieza de drenes.	ml	\$8.88
16. Limpieza de barrera central de concreto.	ml	\$2.26
17. Limpieza de barrera metálica de 2 crestas.	ml	\$3.10
18. Limpieza de terreno adyacente a cabinas S.O.S.	pza	\$46.30
PINTURAS		
1. Pintura en cunetas.	m ²	\$19.21
2. Pintura en bordillos.	ml	\$11.03
3. Pintura de tránsito, pintura reflejante en raya continua. 10 cm.	ml	\$4.86
4. Pintura de tránsito, pintura reflejante en raya continua. 15 cm.	ml	\$4.95
5. Pintura de tránsito, pintura reflejante en raya discontinua. 10 cm.	ml	\$4.86
6. Pintura de tránsito, pintura reflejante en raya discontinua. 15 cm.	ml	\$4.95
7. Pintura de señales verticales menores.	pza	\$90.76
8. Pintura en vibradores.	m ²	\$59.86
9. Pintura en parapetos metálicos.	m ²	\$147.03
10. Pintura vinílica en estructuras.	m ²	\$107.75
11. Pintura en guarniciones.	ml	\$6.68
OBRAS DE DRENAJE		
1. Calafateo de juntas en lavaderos.	ml	\$58.05
2. Construcción de banquetas.	m ²	\$184.11
3. Construcción de bordillo.	m ²	\$64.42
4. Construcción de pozos de visita en sub-drenaje.	pza	\$14,205.44
OBRAS DIVERSAS		
1. Remoción de derrumbes.	m ³	\$162.60
2. Demolición de rocas.	m ³	\$327.57
3. Pepeña, recolección y retiro de basura.	m ³	\$816.24
4. Conservación rutinaria del camino lateral.	km	\$13,201.21

Fuente: Elaboración propia, con costos manejados en el Estado de Guanajuato.

Tabla 37. Costos de conservación rutinaria.

En la tabla 38 se pueden observar los costos correspondientes a la conservación periódica y en la tabla 39 los relacionados con actividades de reconstrucción.

CONSERVACIÓN PERIÓDICA		
PAVIMENTOS		
CONCEPTO	UNIDAD	Costo
1. Riego de sello premezclado en planta.	m ²	\$960.16
2. Fresado de pavimento.	m ³	\$70.04
3. Fresado de la carpeta existente de 10 cm de espesor.	m ³	\$148.17
4. Construcción de base asfáltica en caliente de espesor variable.	m ³	\$1,975.17
5. Construcción de carpeta con asfalto normal de espesor variable.	m ³	\$1,975.17
6. Construcción de sobrecarpeta asfáltica de espesor variable.	m ³	\$1,975.17
7. Corte de carpeta asfáltica existente.	m ³	\$13.50
8. Corte de base hidráulica existente.	m ³	\$13.50
9. Barrido de la superficie descubierta de base asfáltica.	ha	\$851.72
10. Compactación de 10 cm de sub-base hidráulica existente.	m ³	\$12.85
11. Riego de impregnación y riego de liga.	lts	\$5.44
12. Carpeta asfáltica en caliente elaborada en planta	m ³	\$1,060.15
13. Carpeta de concreto asfáltico.	m ³	\$1,349.40
14. Base mejorada con asfalto	m ³	\$714.16
OBRAS DE DRENAJE		
1. Construcción de rejillas drenantes de agua pluvial.	pza	\$30,353.58
SEÑALAMIENTO		
1. Suministro y colocación de señalamiento.	pza	\$2,382.94
ESTRUCTURAS		
1. Reparación de estructuras.	puente	\$6,499,980.86
2. Reforzamiento de estructuras.	puente	\$2,599,992.35
3. Junta de dilatación asfáltica.	m	\$13,841.52
4. Construcción de paso inferior peatonal.	puente	\$2,000,000.00
EQUIPOS DE PEAJE		
1. Modernización de equipos de peaje.	carril	\$387,304.62
2. Reposición de equipos de peaje.	carril	\$968,262.55

Fuente: Elaboración propia, con costos manejados en el Estado de Guanajuato.

Tabla 38. Costos de conservación periódica.

RECONSTRUCCIÓN		
PAVIMENTOS		
CONCEPTO	UNIDAD	Costo
1. Reconstrucción de losas.	m ²	\$5,395.13
2. Construcción de sub-base de basalto triturado compactada al 95%.	m ³	\$126.90
3. Construcción de base asfáltica formada con mezcla de base existente y carpeta asfáltica recuperada (fresado), compactada al 100%.	m ³	\$269.58
4. Construcción de base hidráulica estabilizada con asfalto compactada al 100%.	m ³	\$400.64
OBRAS DE DRENAJE		
1. Sustitución de alcantarillas.	pza	\$38,157.72
ESTRUCTURAS		
1. Sustitución de apoyos de neopreno.	pza	\$2,298.69
2. Reconstrucción de parapetos.	m	\$4,049.49
OTROS		
1. Ampliación de carriles en casetas de cobro.	m ²	\$715.00
2. Demoliciones de mampostería.	m ³	\$180.68
3. Demoliciones de concreto hidráulico.	m ³	\$492.78
4. Reconstrucción de techumbres en casetas de cobro.	m ²	\$6,785.19

Fuente: Elaboración propia, con costos manejados en el Estado de Guanajuato.

Tabla 39. Costos de reconstrucción.

4.2. Diversas alternativas de proyectos

Con la información proveniente del levantamiento técnico, y considerando las condiciones de estado físico-estructural, de tránsito y ubicación geográfica se identificaron 4 mallas posibles de evaluar por regiones, las cuales se encuentran en los municipios de Abasolo, Celaya, Salvatierra y San Luis de la Paz, se aprecian en el mapa que se encuentra en las figura 29 y 30.

El criterio que se empleó para agrupar en mallas fue, la ubicación geográfica, la continuidad de corredores viales, se consideraron tramos completos que contienen subtramos con tránsitos mayores a 3,500 (vpd), se evitó considerar aquellos tramos con tránsitos mayores a 3,500 que sean urbanos, o se encuentren aislados, se incluyeron tramos pertenecientes a otras celdas pertenecientes a la malla con la finalidad de brindar continuidad.

Evidentemente por el criterio empleado no todos los tramos pueden ser considerados para efectuarse como PPS, por lo que en la tabla 40, se aprecian únicamente los que presentan dicha cualidad.

Longitudes (en Km)		Def. IRI	TRAMOS CONSIDERADOS PARA PPS								Total en km
			A		B		C		D		
			Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	
			0	2.8	2.8	3.5	3.5	4.5	4.5	10	
Tránsitos		a		b		a		b			
		< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm		
1	< 500	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		3.3
2	< 1500	3.3	0.0	11.0	8.2	0.0	0.0	0.0	0.9		23.4
3	< 2500	29.2	2.0	79.4	4.0	17.9	12.0	15.3	7.0	166.8	
4	< 3500	24.9	16.0	90.2	18.1	54.0	19.0	39.0	2.0	263.2	
5	< 5000	58.7	2.0	92.8	17.8	24.4	14.0	17.4	13.8	240.9	
6	> 5000	31.3	10.0	89.1	10.0	36.4	10.0	9.5	4.0	200.3	
		150.7	30.0	362.5	58.1	132.7	55.0	81.2	27.7	897.9	
		181		421		188		109			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40. Matriz con los tramos considerados para PPS.

En la tabla 41 se observan aquellos que no se contemplan como PPS, es decir, los que necesariamente por sus características deben efectuarse bajo la modalidad de obra pública tradicional.

		TRAMOS CONTEMPLADOS PARA OBRA PÚBLICA TRADICIONAL								Total en km
		A		B		C		D		
		Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	
		0	2.8	2.8	3.5	3.5	4.5	4.5	10	
%		Def.	IRI	a	b	a	b	a	b	
		< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	
Tránsitos										
1	< 500	53.7	0.0	64.1	0.0	49.8	3.0	38.9	6.2	215.7
2	< 1500	82.9	23.7	147.3	37.0	149.7	19.2	49.4	41.1	550.3
3	< 2500	19.9	21.0	70.8	21.6	74.5	25.0	33.9	17.9	284.6
4	< 3500	65.9	30.0	64.6	57.5	35.3	51.5	2.0	15.0	321.8
5	< 5000	2.8	6.5	11.0	2.0	3.8	0.0	1.2	1.9	29.2
6	> 5000	8.0	0.0	27.6	0.0	26.2	0.0	11.7	0.0	73.5
		233.2	81.2	385.4	118.1	339.3	98.7	137.1	82.1	1475.1
		314.4		503.5		438.0		219.2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Matriz con los tramos contemplados para obra pública tradicional.

Las mallas identificadas para realizarse bajo el esquema de PPS suman un total 897.9 km de la red vial, lo que corresponde al 36% de la red.

En seguida se presenta con mayor detalle las 4 mallas identificadas en las cuales los tramos que las componen fueron agrupados en la matriz de Estado-Tránsito.

MALLA ABASOLO

En el caso de esta malla, tabla 42, se encuentra ubicada en el municipio de Abasolo, teniendo una longitud de 199.3 km.

		MALLA ABASOLO								Total en km
		A		B		C		D		
		Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	
		0	2.8	2.8	3.5	3.5	4.5	4.5	10	
Longitudes (en Km)		Def.	IRI	a	b	a	b	a	b	
		< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	
Tránsitos										
1	< 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	< 1500	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.9	7.1
3	< 2500	6.0	0.0	10.0	1.0	4.0	5.0	0.0	0.0	26.0
4	< 3500	5.9	0.0	37.0	0.0	34.0	19.0	28.5	2.0	126.4
5	< 5000	0.0	0.0	8.0	5.0	0.0	11.0	5.0	1.8	30.8
6	> 5000	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	2.0	0.0	9.0
		11.9	0.0	55.0	12.2	45.0	35.0	35.5	4.7	199.3
		11.9		67.2		80.0		40.2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42. Matriz de la malla Abasolo.

MALLA CELAYA

La malla Celaya, tabla 43, contiene tramos que pertenecen a los municipios de Celaya, Dolores Hidalgo y Guanajuato y tiene una longitud de 220.4 km.

		MALLA CELAYA								Total en km
		A		B		C		D		
Longitudes (en Km)	Def. IRI	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	
		0	2.8	2.8	3.5	3.5	4.5	4.5	10	
		a	b	a	b	a	b	a	b	
		< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	
Tránsitos										
1	< 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	< 1500	3.3	0.0	11.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.3
3	< 2500	3.9	0.0	38.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.4
4	< 3500	15.0	13.0	15.6	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	44.6
5	< 5000	6.0	2.0	11.0	0.0	3.0	2.0	3.4	0.0	27.4
6	> 5000	13.3	7.0	41.0	3.0	12.4	4.0	7.0	2.0	89.7
		41.5	22.0	117.1	5.0	15.4	6.0	11.4	2.0	220.4
		63.50		122.10		21.40		13.40		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43. Matriz de la malla Celaya.

MALLA SALVATIERRA

En el caso de la malla Salvatierra, tabla 44, contiene tramos que pertenecen a los municipios de Celaya, Dolores Hidalgo y Guanajuato y tiene una longitud de 134 km.

		MALLA SALVATIERRA								Total en km
		A		B		C		D		
Longitudes (en Km)	Def. IRI	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	
		0	2.8	2.8	3.5	3.5	4.5	4.5	10	
		a	b	a	b	a	b	a	b	
		< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	
Tránsitos										
1	< 500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	< 1500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	< 2500	2.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	11.2	0.0	17.2
4	< 3500	0.0	0.0	15.0	0.0	11.0	0.0	9.5	0.0	35.5
5	< 5000	0.0	0.0	33.8	2.6	13.9	0.0	1.0	0.0	51.3
6	> 5000	0.0	3.0	9.0	5.0	7.0	6.0	0.0	0.0	30.0
		2.0	3.0	57.8	7.6	35.9	6.0	21.7	0.0	134.0
		5.00		65.40		41.90		21.70		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44. Matriz de la malla Salvatierra.

MALLA SAN LUIS DE LA PAZ

La malla San Luis de la Paz, tabla 45, contiene tramos que pertenecen a los municipios de Celaya, Dolores Hidalgo y Guanajuato y tiene una longitud de 122.6 km.

Longitudes (en Km)		Def. IRI	MALLA SAN LUIS DE LA PAZ								Total en km
			A		B		C		D		
			Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	
			0	2.8	2.8	3.5	3.5	4.5	4.5	10	
			a	b	a	b	a	b	a	b	
			< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	
Tránsitos											
1	< 500		3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
2	< 1500		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	< 2500		6.0	2.0	22.9	3.0	8.0	0.0	2.0	0.0	43.9
4	< 3500		4.0	3.0	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0
5	< 5000		3.7	0.0	6.0	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	19.9
6	> 5000		5.5	0.0	25.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	35.5
			22.5	5.0	66.9	13.2	13.0	0.0	2.0	0.0	122.6
			27.50		80.10		13.00		2.00		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45. Matriz de la malla San Luis de la Paz.

4.3. Propuestas de alternativas que pueden ser PPS

A continuación se presentará la evaluación de cada una de las mallas anteriores, se consideraron inversiones iniciales en función al estado y nivel de tránsito de cada celda, mantenimiento rutinario óptimo, es decir, bacheo al 100%, sellado de fisuras y conservación de rutina, y por otro lado un mantenimiento periódico de capital con refuerzos de 3 y 5 cm de concreto asfáltico.

Para las mallas analizadas, cada alternativa seleccionada como óptima requiere de inversiones de capital y mantenimiento rutinario, el cual implica un capital recurrente a largo del horizonte de temporal de análisis que es de 20 años.

El indicador calculado que permite visualizar por matriz el beneficio obtenido por kilómetro, debido a las inversiones de capital y recurrentes es el Valor Presente Neto (VPN)/km. Cada una de las mallas presenta un flujo de fondos para inversiones y gastos recurrentes, necesarios para efectuar las alternativas seleccionadas; este flujo de fondos es transformado en una cuota anual constante equivalente, a una tasa de referencia del 12%, de tal forma que:

$$VA \text{ Gastos}(r = 12\%) = VA \text{ Cuota Anual Equivalente} (r = 12)$$

Es decir, que el valor actual de gastos actualizados a una tasa de referencia, resulte igual a ese flujo de fondos equivalente constante actual, actualizado con la misma tasa de referencia.

$$VA \text{ Gastos} (r = 12\%) = CAE * \sum_{n=1}^{20} \frac{1}{(1+r)^n}$$

Donde n= periodo anual y CAE es la cuota anual equivalente.

Dicha cuota representa el presupuesto promedio anual que el Estado de Guanajuato debe prever para implementar las soluciones propuestas.

MALLA ABASOLO

El (VPN) de la malla resulta de \$355.79 millones, tabla 46 y las soluciones óptimas obtenidas para la malla se muestran en la tabla 47.

CELDA	LONGITUD (km)	ALTERNATIVA ÓPTIMA	COSTOS FINANCIEROS DE CAPITAL	COSTOS FINANCIEROS RECURRENTE	VPN
A3a	6.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	0.47	2.32	0.19
A4a	5.90	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	0.62	2.37	0.88
B2b	6.20	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.5	0.71	2.50	0.34
B3a	10.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	1.91	3.94	2.78
B3b	1.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	0.21	0.39	0.49
B4a	37.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	7.02	14.92	19.06
B5a	8.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 3.5	2.01	3.03	8.13
B5b	5.00	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	2.14	1.88	7.14
C3a	4.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	1.61	1.36	5.62
C3b	5.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	2.37	1.68	7.99
C4a	34.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	13.36	11.60	73.71
C4b	19.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	9.94	6.32	42.50
C5b	11.00	Fresado 5 cm + ref. 10 am C.A.	17.84	3.52	28.95
C6a	7.00	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	5.83	2.30	53.18
D2b	0.90	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.5	0.38	0.30	0.88
D4a	28.50	Refuerzo de 5 cm de C.A.	17.86	9.57	60.27
D4b	2.00	Refuerzo de 5 cm de C.A.	1.45	0.66	4.32
D5a	5.00	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	3.85	1.64	19.33
D5b	1.80	Fresado 5 cm + ref. 10 am C.A.	2.75	0.57	5.12
D6a	2.00	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	1.83	0.66	14.93
Σ TRAMOS	199.30		94.17	71.54	355.79

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46. VPN malla Abasolo.

Longitudes (en Km)		Def. IRI	ALTERNATIVAS ÓPTIMAS DE LA MALLA ABASOLO							
			A		B		C		D	
			Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta
			0	2.8	2.8	3.5	3.5	4.5	4.5	10
			a	b	a	b	a	b	a	b
			< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm
Tránsitos										
1	<	500								
2	<	1500			Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.5				Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.5	
3	<	2500	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0		Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0			
4	<	3500	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0		Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0		Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0	Refuerzo de 5 cm de Concreto Asfáltico	Refuerzo de 5 cm de Concreto asfáltico
5	<	5000			Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 3.5	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5		Fresado 5 cm + Refuerzo 10 cm de Concreto asfáltico	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5	Fresado 5 cm + Refuerzo 10 cm de Concreto asfáltico
6	>	5000					Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5		Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5	
VALOR PRESENTE NETO DE LA MALLA:			\$355.79 Millones							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47. Alternativas óptimas malla Abasolo

MALLA CELAYA

El Valor Presente Neto (VPN) de la malla resulta de \$696.46 millones, tabla 48 y las soluciones óptimas obtenidas para la malla se muestran en la tabla 49.

CELDA	LONGITUD (km)	ALTERNATIVA ÓPTIMA	COSTOS FINANCIEROS DE CAPITAL	COSTOS FINANCIEROS RECURRENTES	VPN
A2a	3.30	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.5	0.00	1.35	0.04
A3a	3.90	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	0.30	1.51	0.12
A4a	15.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	1.59	6.02	2.23
A4b	13.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	1.67	5.06	4.14
A5a	6.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 3.5	1.32	2.25	8.83
A5b	2.00	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	0.66	0.73	2.74
A6a	13.30	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 3.5	4.28	4.79	93.85
A6b	7.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 3.5	5.05	2.43	44.75
B2a	11.00	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	0.89	4.60	0.17
B2b	2.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.5	0.23	0.81	0.11
B3a	38.50	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	7.36	15.18	10.70
B4a	15.60	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	2.96	6.29	8.04
B5a	11.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 3.5	2.76	4.17	11.18
B6a	41.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 3.5	17.25	15.35	274.40
B6b	3.00	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	2.51	1.10	20.26
C5a	3.00	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	2.27	0.99	9.79
C5b	2.00	Fresado 5 cm + Ref. 10 cm C.A.	3.24	0.64	5.26
C6a	12.40	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	10.33	4.07	94.21
C6b	4.00	Fresado 5 cm + Ref. 10 cm C.A.	9.56	1.29	24.66
D4a	1.00	Refuerzo de 5 cm de C.A.	0.63	0.34	2.11
D5a	3.40	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	2.62	1.12	3.14
D6a	7.00	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	6.42	2.32	52.24
D6b	2.00	Fresado 5 cm + Ref. 10 cm C.A.	4.50	0.65	13.50
Σ TRAMOS	220.40		88.38	83.05	696.46

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48. VPN malla Celaya.

		MALLA CELAYA							
		A		B		C		D	
Longitudes (en Km)	Def. IRI	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta
		0	2.8	2.8	3.5	3.5	4.5	4.5	10
		a	b	a	b	a	b	a	b
		< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm
Tránsitos									
1	< 500								
2	< 1500	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.5		Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.5	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.5				
3	< 2500	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0		Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0					
4	< 3500	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0				Refuerzo de 5 cm de Concreto asfáltico	
5	< 5000	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 3.5		Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5	Fresado de 5 cm + Refuerzo de 10 cm de Concreto Asfáltico	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5	
6	> 5000	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 3.5	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 3.5	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5	Fresado de 5 cm + Refuerzo de 10 cm de Concreto Asfáltico	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5	Fresado de 5 cm + Refuerzo de 10 cm de Concreto Asfáltico
VALOR PRESENTE NETO DE LA MALLA:		\$ 696.46 Millones							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49. Alternativas óptimas de la malla Celaya.

MALLA SALVATIERRA

El Valor Presente Neto (VPN) de la malla resulta de \$336.69 millones, tabla 50 y las soluciones óptimas obtenidas para la malla se muestran en la tabla 51.

CELDA	LONGITUD (km)	ALTERNATIVA ÓPTIMA	COSTOS FINANCIEROS DE CAPITAL	COSTOS FINANCIEROS RECURRENTE	VPN
A3a	2.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	0.16	0.77	0.06
A6b	3.00	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	2.16	1.04	19.18
B4a	15.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	2.85	6.05	7.73
B5a	33.80	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 3.5	8.48	12.80	34.37
B5b	2.60	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	1.11	0.98	3.71
B6a	9.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 3.5	3.79	3.37	60.24
B6b	5.00	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	4.19	1.83	33.76
C3a	4.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	1.61	1.36	5.62
C4a	11.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	4.32	3.75	23.85
C5a	13.90	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	10.51	4.60	45.35
C6a	7.00	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	5.83	2.30	53.18
C6b	6.00	Fresado 5 cm + Ref. 10 cm C.A.	14.34	1.94	36.99
D3a	11.20	Refuerzo de 5 cm de C.A.	8.02	3.81	18.71
D4a	9.50	Refuerzo de 5 cm de C.A.	5.95	3.19	20.09
D5a	1.00	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	0.77	0.33	3.87
Σ TRAMOS	134.0		74.09	48.12	366.69

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50. VPN malla Salvatierra.

		MALLA SALVATIERRA								
		A		B		C		D		
Longitudes (en Km)	Def. IRI	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	
		0	2.8	2.8	3.5	3.5	4.5	4.5	10	10
		a	b	a	b	a	b	a	b	
		< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	
Tránsitos										
1	< 500									
2	< 1500									
3	< 2500	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0				Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0		Refuerzo de 5 cm de Concreto Asfáltico		
4	< 3500			Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0		Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0		Refuerzo de 5 cm de Concreto Asfáltico		
5	< 5000			Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 3.5	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5		Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5		
6	> 5000	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 3.5	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5	Fresado de 5 cm + Refuerzo de 10 cm de Concreto Asfáltico			
		VALOR PRESENTE NETO DE LA MALLA:						\$ 366.69 Millones		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51. Alternativas óptimas de la malla Salvatierra.

MALLA SAN LUIS DE LA PAZ

El Valor Presente Neto (VPN) de la malla resulta de \$301.59.69 millones, tabla 52 y las soluciones óptimas obtenidas para la malla se muestran en la tabla 53.

CELDA	LONGITUD (km)	ALTERNATIVA ÓPTIMA	COSTOS FINANCIEROS DE CAPITAL	COSTOS FINANCIEROS RECURRENTE	VPN
A1a	3.30	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.5	0.00	1.38	0.04
A3a	6.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	0.47	2.32	0.19
A3b	2.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	0.29	0.76	0.49
A4a	4.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	0.42	1.60	0.60
A4b	3.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	0.38	1.17	0.96
A5a	3.70	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 3.5	0.82	1.39	5.45
A6a	5.50	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 3.5	1.77	1.98	38.81
B3a	22.90	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	4.38	9.03	6.37
B3b	3.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	0.63	1.16	1.47
B4a	13.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	2.47	5.24	6.70
B5a	6.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 3.5	1.51	2.27	6.10
B5b	10.20	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	4.36	3.83	14.56
B6a	25.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 3.5	10.52	9.36	167.32
C3a	8.00	M.R. + Ref. 3 cm al IRI 4.0	3.23	2.73	11.24
C6a	5.00	M.R. + Ref. 5 cm al IRI 3.5	4.16	1.64	37.99
D3a	2.00	Refuerzo de 5 cm de C.A.	1.43	0.68	3.34
Σ TRAMOS	122.60		36.83	46.54	301.59

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52. VPN malla Salvatierra.

Longitudes (en Km)		Def. IRI	MALLA SAN LUIS DE LA PAZ								
			A		B		C		D		
			Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta	
			0	2.8	2.8	3.5	3.5	4.5	4.5	10	
			a	b	a	b	a	b	a	b	
			< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	< 1mm	> 1mm	
Tránsitos											
1	<	500	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.5								
2	<	1500									
3	<	2500	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0		Refuerzo de 5 cm de Concreto Asfáltico		
4	<	3500	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 4.0						
5	<	5000	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 3.5		Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 3.5	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5					
6	>	5000	Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 3.5		Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 3 cm al IRI 3.5		Mantenimiento Rutinario + Refuerzo de 5 cm al IRI 3.5				
			VALOR PRESENTE NETO DE LA MALLA:							\$ 301.59 Millones	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53. Alternativas óptimas de la malla San Luis de la Paz.

En promedio la rugosidad actual de la red vial es de 3.2 (m/km); a lo largo del horizonte temporal después de aplicar la ejecución de las alternativas seleccionadas como óptimas en los 20 años es de 2.82 (m/km), por lo que la red vial tendría una mejora global en el Estado al implementarse las soluciones respecto a la situación actual.

En la tabla 54 se presentan los resultados de la evaluación de las mallas analizadas.

MALLAS ANALIZADAS	LONGITUD (KM)	CUOTA ANUAL EQUIVALENTE (CAE)							
		VPN		20 AÑOS		15 AÑOS		6 AÑOS	
		(MILLONES)	(\$/KM)	(MILLONES)	(\$/KM)	(MILLONES)	(\$/KM)	(MILLONES)	(\$/KM)
ABASOLO	199.3	355.79	1.79	19.43	97,538.00	19.93	100,018.00	25.10	125,990.00
CELAYA	220.4	696.46	3.16	20.30	92,188.00	20.83	94,569.00	23.75	107,837.00
SALVATIERRA	134.0	366.69	2.74	14.33	106,904.00	14.88	111,056.00	19.86	148,238.00
SAN LUIS DE LA PAZ	122.6	301.59	2.46	9.92	80,892.00	10.01	81,654.00	11.11	90,577.00
TOTALES	676.30	1,720.53	2.54	63.98	94,380.50	65.65	96,824.25	79.82	118,160.50

RED RESTANTE	LONGITUD (KM)	VPN		20 AÑOS	
		(MILLONES)	(\$/KM)	(MILLONES)	(\$/KM)
	1474.80	1357.28	0.92	124.47	84397.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54. Resultados de las mallas analizadas.

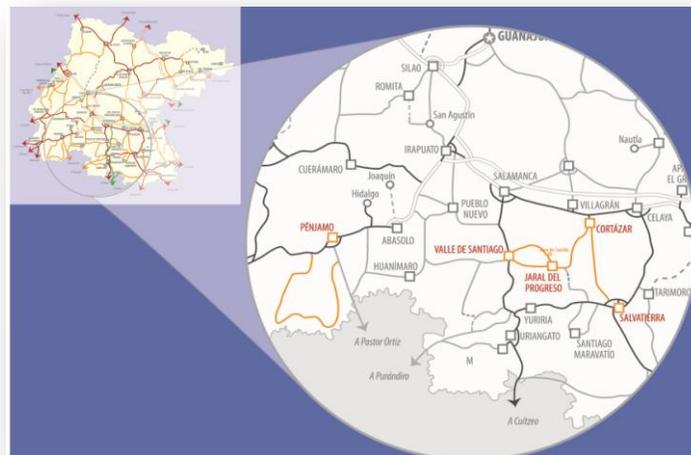
Es importante resaltar que las celdas que tienen mayor tránsito y peor estado son las que generan los mayores beneficios debido a las inversiones realizadas, de tal forma que las mallas que resulta conveniente realizarlas mediante PPS son: Abasolo es bueno realizarla a un plazo de 20 años al igual que Salvatierra y la malla de Celaya y San Luis de la Paz mediante la obra pública tradicional.

Al ejecutarse la malla de Celaya como PPS se tendrían mejoras en los tiempos de recorrido, reducción en los costos de operación vehicular y en cuanto a los gastos de mantenimiento del vehículo, lo que beneficia directamente al usuario del PPS, además de tener una importante reducción en el índice de accidentalidad.

El VPN global de las mallas resulta en \$ 1,720.53 millones, a razón de 2.54 \$/km.

4.4. Proyecto PPS

El PPS que se podría ejecutar se ubica principalmente en el municipio de Celaya, considera carreteras que son: Cortázar-Salvatierra con una longitud de 31.8 km, Cortázar-Jaral del Progreso con 15.9 km, Jaral del Progreso-Valle de Santiago que tiene 12.6 km, Jaral del Progreso-Valle de Santiago por Rosa de Castilla con 16.4 km y finalmente la Herradura de Pénjamo con una longitud de 76.30 km y se aprecian en la figura 31, de tal forma que el proyecto constaría de 153 km de longitud en total.



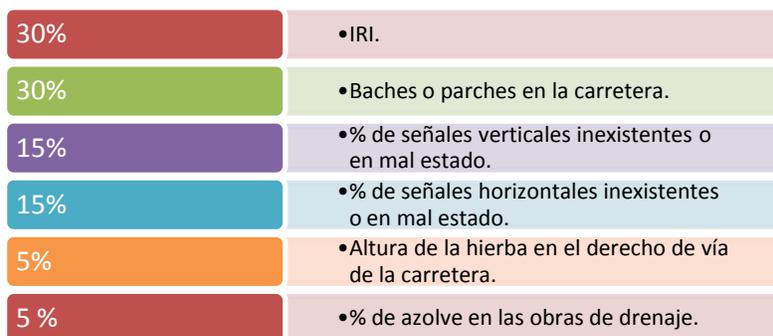
Fuente: Gobierno del Estado de Guanajuato.

Figura 31. Carreteras involucradas en el proyecto.

El desarrollo del proyecto contempla 5 tramos carreteros divididos en 9 subtramos y se propone que se tengan los tres tipos de conservación, es decir, rutinaria, periódica y reconstrucción en 3 periodos de trabajo que es uno inicial de 3 años, uno básico de 10 años y uno final que será de preparación y entrega de 2 años, por lo que la duración del proyecto será de 15 años.

Para la estructuración del PPS se ha planteado que en periodo inicial se efectúe conservación rutinaria y rehabilitación de acuerdo al nivel de deterioro que presente el tramo, en el periodo básico que se desarrolle conservación rutinaria o periódica según sea el caso y en el periodo final que se siga llevando a cabo la conservación rutinaria además de las acciones especiales que se requieran para entregar el proyecto.

Los indicadores que se utilizarán para medir la calidad de la infraestructura y sus respectivos porcentajes se aprecian en la figura 32, serán medidos cada seis meses y se emplearán como base para el pago al sector público.

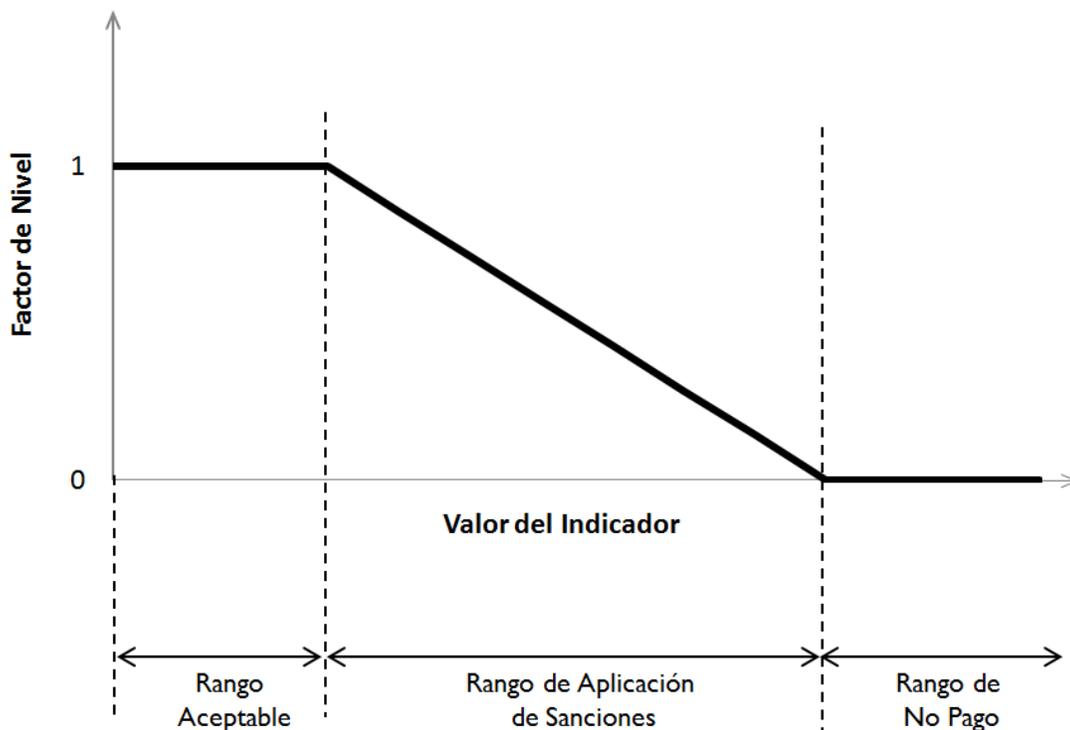


Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Indicadores de calidad.

Cada semestre el sector privado brindará al sector público un pago que se calculará considerando lo siguiente: el pago semestral solicitado en el concurso multiplicado por un factor de pago del semestre y a su vez multiplicado por otro factor de actualización por inflación.

El factor de pago del semestre se obtiene mediante la suma del producto del factor de ponderación del indicador multiplicado por el factor del nivel del indicador para ese semestre, lo cual se realizará para los seis indicadores contemplados; si el trabajo del sector público es impecable el factor de pago del semestre vale la unidad y el pago semestral se realizará sin sanciones. El factor de nivel del semestre de cada indicador se obtendrá de la figura 33.



Fuente: Gobierno del Estado de Guanajuato

Figura 33. Factor de nivel para los indicadores.

Por otra parte, los principios que rigen el esquema PPS propuesto son: Eficacia para lograr los objetivos del contrato, simplicidad para tener una fácil instrumentación, economía para evitar costos altos y confiabilidad para respaldar los pagos, se tiene pensado aplicarlo cada seis meses y combinar mediciones de campo con trabajos de gabinete para conseguir los resultados esperados.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Es innegable la importancia de aumentar la participación de la iniciativa privada en la gestión, financiamiento y desarrollo de las carreteras de tal forma que se busque la mejor condición de negocio para el sector privado y el máximo beneficio para el sector público, generando que ambos sectores cumplan sus funciones y objetivos primordiales y el usuario resulte favorecido.

Cabe mencionar que para la implementación de un PPS de mantenimiento carretero no es suficiente conocer cuáles son los modos más eficientes y eficaces para la gestión de una red vial, si no se tiene claro el objetivo de control del Estado y qué cambios y mejoras requiere el mismo, es decir, se deben tener identificadas las acciones a realizar tanto a corto, mediano y largo plazo para que la planeación, elaboración de programas de metas y las obras correspondientes sean confiables, cabe mencionar que una de las funciones indelegables del Estado es el cuidado de su propia infraestructura y para ello se requiere que sea capaz de evaluarla y estudiarla en forma constante y permanente.

Hoy es fundamental el contar con un marco legal aplicable a los PPS para brindar seguridad al sector privado en cuanto al financiamiento y atraer a la vez mayor cantidad de inversionistas porque se tiene un respaldo legal, de tal forma que se genere la participación de mayor cantidad de empresas por las utilidades que se observa pueden generar los PPS, de manera que se tiene mayor competitividad; si no se da la importancia adecuada a los aspectos institucionales el esquema podría conducirse al fracaso, cuando realmente podría resultar óptimo; por ello se resalta que la falta de apoyo institucional resulta perjudicial para los PPS.

Es recomendable analizar qué proyecto es susceptible para ser PPS, por lo que es necesario hacer un filtro de proyectos, ya que no todos deben ser PPS, ni todos pueden ser concesiones, ni todos podrían llevarse a cabo mediante el esquema de aprovechamiento de activos, cada uno de ellos tiene su particularidad por lo que se debe elegir el mejor modelo elaborando un estudio de preinversión.

El mantenimiento de la red carretera es costoso por el deterioro que ésta presenta en el transcurso del tiempo, los Gobiernos tienen que asignar anualmente cuantiosos recursos para mantener sus carreteras en buen estado, el liberar de esta carga presupuestal a los Gobiernos es una gran ayuda para que puedan invertir más recursos en programas sociales que beneficien a la población en general.

Es importante estar pendiente del grado de deterioro que presentan las diversas carreteras, para identificar oportunamente el momento de intervenir en ellas brindándoles el mantenimiento rutinario y periódico adecuado y así postergar el tiempo de realizar una reconstrucción, ya que si se descuidan las fases en las que se deben efectuar los primeros mantenimientos de las carreteras la reconstrucción será a corto plazo y muy costosa.

En nuestro caso de estudio las mallas para hacer PPS son: Abasolo, Celaya, Salvatierra y San Luis de la Paz; resultando con mejores condiciones y mayor rentabilidad para ejecutarse como PPS la malla de Celaya. Cabe recordar que por practicidad se sugiere buscar tramos o redes de tramos carreteros que posean características similares y se encuentren geográficamente cerca, con la finalidad de hacer un PPS rentable.

Con los PPS se tiene mayor eficiencia ya que el Gobierno carece de recursos, entonces el sector privado permite que se brinden los proyectos en tiempo y forma, por lo que los PPS tienen una alta rentabilidad, además de que los usuarios del mismo se ven beneficiados porque obtienen proyectos que cubren sus necesidades.

Es importante no demandar demasiada cantidad de recursos al sector privado con la inversión del proyecto, ya que posteriormente podría no obtener ganancias o podría tener un proyecto poco productivo generándole menor beneficio, además de que se debe recordar que el esquema PPS no proporciona anticipos y el sector público no asume compromisos financieros de inversión que sean considerados como deuda pública ya que únicamente se paga por el servicio efectivamente proporcionado siempre y cuando se cumplan los requerimientos solicitados.

Para un PPS de mantenimiento carretero es necesario identificar el estado actual y la magnitud del mantenimiento antes de llevarlo a cabo como PPS, ya que la calidad del diseño, de la construcción y de la conservación de la red carretera determina las condiciones que podrán ser evaluadas para considerarse en el mecanismo de pago del esquema.

Siempre será factible llevar una estadística del estado de deterioro en el que se encuentra la red carretera, para conocer con mayor certeza el momento adecuado en el cual es necesario invertir en mantenimiento y los montos que requeriría dicho proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Libros y Publicaciones

- “VII Conferencia iberoamericana de ministros de administración pública y reforma del estado”, Madrid, España 22 y 24 de Junio de 2005, Cumbre Iberoamericana.
- “Asociaciones Público Privadas para el desarrollo carretero de México”, Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Subsecretaría de Infraestructura Dirección General de Desarrollo Carretero, México, D.F., Noviembre 2006.
- “Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles”, Consejo de directores de carreteras de Iberia e Iberoamérica, 7 septiembre 1995, XX Congreso Mundial de Carreteras Montreal, trabajo preparado por el aporte de los miembros del consejo en coordinación con la SCT, volumen 11, México.
- “Catálogo de deterioros en pavimentos flexibles de carreteras mexicanas”, Publicación Técnica No. 21, Instituto Mexicano del Transporte (IMT), SCT, Querétaro 1991.
- “Conceptos que conforman en Proyecto Ejecutivo de Carreteras”, XXIV Congreso Mundial de Carreteras, Ciudad de México, del 26 al 30 de septiembre de 2011. DGST, SCT.
- “Diseño de pavimentos rígidos”, Instituto del Cemento Portland Argentino, 20 noviembre 2008, Ciudad de Córdoba.
- “Efecto de la regularidad superficial en la capacidad vial de autopistas y carreteras multicarril mexicanas”, Publicación Técnica No. 262, Instituto Mexicano del Transporte (IMT), SCT, Querétaro 2004.
- “Especificación técnica”, Pavimentos Flexibles, PEMEX, Subdirección de Ingeniería, 2005.
- “Estructuración de vías terrestres”, Fernando Olivera Bustamante, Editorial: Publicación Cultural / Grupo Editorial Patria, México 2009.
- “Índice internacional de rugosidad en la red carretera de México”, Publicación Técnica No. 108, Instituto Mexicano del Transporte (IMT), SCT, Querétaro 1998.
- “Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones”, Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndola, James Cárdenas Grisales, 7a edición, Editorial: Alfaomega, 1995.
- “Ley de obra pública y servicios relacionados con la misma para el estado y los municipios de Guanajuato”, publicada el 07 de septiembre de 2007.
- “Manual de proyecto geométrico de carreteras”, cuarta reimpresión, SCT, México 1991.
- “Mecánica de suelos II”, Juárez Badillo, Rico Rodríguez, Limusa, México.
- Normas SCT, Libro: Características de los materiales, Materiales para pavimentos, Capítulo 003: “Materiales para bases tratadas”.
- Normas SCT, Libro: Métodos de muestreo y prueba de materiales, Parte: Materiales para pavimentos, Título: Materiales para pavimentos, Capítulo 002: “Índice de perfil”.
- Normas SCT, Libro: Conservación, “Trabajos de conservación periódica”, Capítulos: 001-015.
- Normas SCT, Libro: Conservación, “Trabajos de conservación rutinaria”, Capítulos: 001-005.
- Normas SCT, Libro: Conservación, “Trabajos de reconstrucción”, Capítulos 001-007.
- “Pavimentos rígidos y flexibles”, E.J. Yoder. Facultad de Ingeniería, UNAM.

- “*Sistema de evaluación de pavimentos*”, Publicación Técnica No. 245, Instituto Mexicano del Transporte (IMT), SCT, Querétaro 2004.

Tesis

- Soto Correa, Ulises. “*Estrategia para evaluar la capacidad técnica y la rentabilidad de puertos secos en la república mexicana*”. Tesis de maestría, Facultad de Ingeniería, UNAM, México 2008.
- Quiróz Cervantes, Emma. “*Financiamiento privado en infraestructura carretera*”. Tesis de maestría, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 2009.

Mesografía

- <http://www.asfalchile.cl>
- <http://www.banxico.org.mx>
- <http://www.cargainfo.com>
- <http://dictyg.fi-c.unam.mx/~disyp/lecturas/construccionpistas.pdf>
- <http://guanajuatocapital.gob.mx>
- <http://www.imcyc.com>
- <http://sde.guanajuato.gob.mx>

Artículos

- “*Anuario Estadístico*” de SCT 2011.
- “*Concesión del libramiento de Celaya*”, Secretaría de Obra Pública (SOP), Estado de Guanajuato.
- “*Inversión con visión de largo plazo, proyectos de Asociación Público-Privada-APP*”. Guanajuato, Gto, Abril 2008, Coordinación General de Programación y Gestión de la Inversión Pública.
- “*Plan de Gobierno*” 2006-2012, Estado de Guanajuato.
- “*Quinto Informe de Gobierno*” del Estado de Guanajuato.

GLOSARIO

GLOSARIO

GLOSARIO

ACUAPLANEO. Es el fenómeno que se produce cuando un neumático que se desliza sobre una película de agua existente en una carretera, pierde el contacto con el pavimento a causa de las presiones de agua que se desarrollan en la superficie de contacto neumático-pavimento al incrementarse a una cierta velocidad el vehículo. Cuando la pérdida de contacto es total, no se desarrollan esfuerzos cortantes, por lo que el coeficiente de rozamiento del neumático y el pavimento desciende hasta valores de 0 fricción.

BASES ESTABILIZADAS. Son bases que por razones estructurales requieren la incorporación de productos como materiales asfálticos, cemento Pórtland u otros, que modifica alguna de sus propiedades físicas, aumenta su resistencia mecánica, la plasticidad, y se logra que sea estable ante los procesos de meteorización bajo las condiciones climáticas a las que estará expuesto, dichas bases mejoradas o estabilizadas son empleadas para la reconstrucción o refuerzo del pavimento.

BASES DE LICITACIÓN. Es el documento de carácter legal, ya que en él se establecen los derechos y obligaciones del sector público así como del sector privado.

CALAFATEO DE FISURAS. Actividades que se requieren para sellar fisuras no mayores de 3 milímetros de ancho que se presenten en la superficie de rodamiento, utilizando mortero con cemento Pórtland o productos especiales para el sellado con el objetivo de prevenir el ingreso del agua y así evitar su deterioro.

CALAVEREO. Implica el relleno de las “calaveras”, es decir, de pequeñas oquedades sobre la superficie de rodamiento, antes de que éstas se conviertan en un bache y origine mayor costo de reparación y perjudique seriamente el tránsito.

CONSOLIDACIÓN. Es la reducción gradual de volumen del suelo por compresión debido a cargas estáticas, también puede darse por pérdida de aire o agua en el mismo.

CORREDOR CARRETERO. Ruta terrestre que conecta poblaciones o ciudades con mucho tránsito vehicular, en México existen 14 corredores carreteros que lo atraviesan.

CORREDOR INDUSTRIAL. Conjunto de parques o ciudades industriales localizado a lo largo de las vías de comunicación, pueden ser carreteras Federales o Estatales y/o vías de ferrocarril, se establece por lo general entre dos o más municipios, e incluso entre dos Estados de la República Mexicana, puede comprender zonas urbanas o rurales.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS. Es la acción de aplicar un producto estabilizante para modificar las propiedades mecánicas de un suelo.

FENÓMENO DE BOMBEO. Cuando la carga pasa sobre una grieta o junta de la losa, ésta desciende y transmite presión al material bajo ella, si este material está muy húmedo o saturado, la mayor parte de esta presión la tomará el agua, que tiende a escapar por la grieta o junta; después de pasar la carga, la losa se recupera y levanta, este movimiento produce una succión que ayuda el movimiento del agua bajo la losa, si el agua tiene la capacidad de arrastrar partículas del suelo saldrá sucia, creando progresivamente un vacío bajo la losa, que tiende a hacer que el fenómeno se acentúe; además, el remoldeo que este fenómeno produce al suelo tiende a hacer que éste forme un lodo con el agua

con lo que el fenómeno se agudiza, el fin del proceso es la ruptura de la losa bajo carga por falta de sustentación.

RECICLADO EN CALIENTE. Es uno de los métodos en donde es posible que la mayor parte de la carpeta asfáltica, incluyendo en alguno de los casos, parte de la base, sea removida, reducida al tamaño especificado y remezclada en caliente incrementándole en asfalto necesario en una planta central; el proceso puede incluir la adición de agregado nuevo, agentes rejuvenecedores o ambos. El producto terminado es una base superficial o una superficie de rodamiento.

RECICLADO EN FRIO. Con este método es posible la rehabilitación de la mayor parte de la carpeta asfáltica, incluyendo en algunos casos la base, procesándose en el lugar o transportándose el material recuperado a una planta central, los materiales son mezclados en frío y pueden reutilizarse para formar una capa de la base, puede adicionarse el asfalto necesario y aditivos rejuvenecedores durante el mezclado para obtener una base de alta resistencia, este procedimiento requiere de la aplicación de una sobre-carpeta asfáltica o de un riego de sello dependiendo del volumen de tránsito.

REGIÓN DEL BAJÍO. Es la región geográfica y cultural del centro y occidente de México y la comprenden los Estados de Guanajuato, Querétaro, Michoacán y Jalisco.

RIEGO CON CEMENTO ASFÁLTICO (SLURRY-SEAL). Es una mezcla de emulsión asfáltica y agregado mineral fino (arena) que se coloca extendiéndolo sobre una superficie asfáltica y generalmente es empleado en carreteras de altos volúmenes vehiculares, es decir, en carreteras de altas especificaciones.

RIEGO DE IMPREGNACIÓN. Es la aplicación de un asfalto fluidizado a la base granular de un pavimento que no ha sido tratado previamente, con la finalidad de obtener una superficie negra, de impermeabilidad uniforme, con mayor resistencia y sin la presencia de polvo o partículas minerales sueltas; éstas condiciones permiten extender adecuadamente las capas asfálticas superiores sin que exista un corrimiento de las mismas. La impermeabilidad de la base impide la penetración de más humedad y evita que se evapore el agua y se pierda la compactación.

RIEGO DE LIGA. Consiste en aplicar un material asfáltico con la finalidad de lograr buena adherencia con otra capa de mezcla asfáltica que se coloca encima del riego de liga, normalmente se emplea una emulsión asfáltica de rompimiento rápido, la aplicación del riego de liga puede omitirse si la carpeta asfáltica que se construirá encima tiene un espesor mayor o igual a 10 cm.

RIEGO DE TAPONAMIENTO. Se utiliza para evitar el deterioro de la carpeta de rodamiento por efectos del medio ambiente.

RIEGO DE SELLO. Consiste en colocar una capa delgada de asfalto y encima de ella una capa de material graduado, fundamentalmente se utiliza para sellado de grietas, en especial cuando aparece agrietamiento generalizado, malla o piel de cocodrilo; cuando existen problemas de pulimento en la superficie de rodamiento; o cuando se presentan zonas con asfalto llorado. El objetivo principal es mejorar la textura de la superficie de rodamiento aplicando una capa con mejor índice de fricción entre llanta y pavimento; en otras palabras es útil para proteger la superficie de rodamiento de la entrada del agua y mejorar la adherencia o fricción entre la llanta y pavimento. Existen otras clases de riego de sello de mejor calidad y de mayor resistencia, como la lechada asfáltica, riego con

cemento asfáltico también denominado slurry-seal, empleados en carreteras de altos volúmenes vehiculares o en carreteras de altas especificaciones.

SUBRASANTE. Es la superficie de una terracería terminada, cuando el material de la terracería tiene buena calidad, la capa subrasante o el mejoramiento de terracería, está formada por el propio material de terracería con un tratamiento constructivo mejor sobre todo en lo que se refiere a la compactación; cuando el material de la terracería es de mala calidad, puede ser necesario el empleo de una verdadera capa subrasante de material de mejor calidad que haga de transición entre él y el pavimento.

TÉRMINOS DE REFERENCIA. Es el documento que describe los alcances, metas y objetivos de un estudio o proyecto relacionado con el contrato.

TERRACERÍA. Es el conjunto de cortes y terraplenes de una obra vial; cualquier suelo es aprovechable para terracería, excepto los suelos muy orgánicos.