



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

NOMBRE DEL PROYECTO

DICTAMENES TÉCNICOS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS FEDERALES LIBRES DE CUOTAS

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA CIVIL

PRESENTA:

MIGUEL ANGEL TEXIS TORREZ

NOMBRE DEL ASESOR:

M. I. NÉSTOR MANUEL REZZA DÍAZ



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Ciencias de la Tierra

Apizaco, Tlax., 13/enero/2023
OFICIO No. C.T. 007/23

Asunto: Liberación de Proyecto
Para Titulación Integral

ENRIQUE ACOLTZI BAUTISTA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del Egresado:	MIGUEL ANGEL TEXIS TORREZ
Carrera:	INGENIERÍA CIVIL
No. de Control:	15370439
Nombre Del Proyecto:	"DICTAMENES TÉCNICOS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS FEDERALES LIBRE DE CUOTAS".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

MIGUEL ÁNGEL TLATZIMATZI FLORÉS
JEFE DEL DEPTO. CIENCIAS DE LA TIERRA

NÉSTOR MANUEL REZZA DÍAZ
ASESOR

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
**DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA**

C.P.-DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES (COMUNIQUESE LA INTERESADA)
C.P.-DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
C.P.-ARCHIVO.



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 144.
e-mail: ctierra@apizaco.tecnm.mx tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



2023
Francisco VILLA



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala **23/octubre/2025**

TEXIS TORREZ MIGUEL ANGEL
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
CIVIL
CON NÚMERO DE CONTROL 15370439.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **DICTÁMENES TÉCNICOS PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS FEDERALES LIBRES DE CUOTA**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastado, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo

CYAL/rrc



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





© Miguel Angel Taxis Torrez 2020

Todos los derechos reservados



Carretera Apizaco – Tzompantepec , esquina con Av . Instituto Tecnológico S/N
Conurbado Apizaco- Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90300
Tel. 01 (241)4172010
www.tecnm.mx | www.apizaco.tecnm.mx





Agradecimientos

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día en confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por estar dispuesta acompañarme y darme su apoyo en cada decisión que tomo; gracias a mi padre por siempre demostrarme que día a día se aprenden cosas nuevas que sirven para superarte cada vez más como persona.

La vida se encuentra de retos, y uno de ellos es cursar el nivel superior. Tras mi paso ante mi formación, me he dado cuenta de que más allá de ser un reto, es una base no solo para mi entendimiento del campo en el que me he visto inmerso, si no para lo que concierne a la vida y mi futuro.

Agradezco a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme y llegar al punto en el que me encuentro. Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de transmitirme sus conocimientos y dedicación que los ha regido, he logrado importantes objetivos como culminar el desarrollo de este proyecto con éxito.

Y para finalizar, también agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de Universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mi crecimiento profesional y personal adelante en mi carrera profesional.





Índice General

Introducción.....	X
Planteamiento del Problema	XI
Justificación.....	XI
Objetivo General	XII
Objetivos Específicos	XII
Capítulo 1 Generalidades de la dependencia.....	13
1.1 Antecedentes históricos de la dependencia	13
1.2 Misión.....	13
1.3 Visión	14
1.4 Ubicación y Giro.....	14
1.5 Nombre del departamento en el cual se trabajó: Dirección General de Servicios Técnicos, S.C.T.	15
1.5.1 Misión	15
1.5.2 Visión	15
Capítulo 2 Marco de referencia	16
2.1 Caracterización del área de desarrollo del proyecto.....	16
2.2 Planteamiento del Problema.....	16
2.3 Alcances	18
2.4 Limitaciones	18
Capítulo 3 Marco teórico	19
3.1 Antecedentes	19
3.2 Estudio de Auscultación.....	20
3.2.1 Acciones Realizadas	21
3.2.2 El Programa y sus componentes.....	22
3.2.3 Umbrales de Aceptación/Rechazo	23
3.2.3 Umbrales de Aceptación/Rechazo	24
3.2.4 Normativa Aplicada	25
3.3 Resultados del Programa	26
3.4 Condición Superficial de la Red Carretera.....	27
3.4.1 Condición Superficial de la Red Carretera Federal: CF e IFI	31
3.4.2 Condición estructural de la Red Carretera Federal. Deflexiones	35
3.5 Recursos Materiales y Presupuestos	38
Capítulo 4 Metodología	42
4.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	42
4.1.1 Planeación	42





4.1.2 Planeación en Campo	42
4.1.3 Mediciones del Estado Superficial del Pavimento	43
4.1.4 Estructura del Pavimento	43
4.1.5 Índice de Servicio Actual	45
4.1.6 Estudio de Tránsito.....	46
4.2 Revisión de la estructura con el programa de diseño DISPAV-5.	46
4.2.1 Tipo de procedimiento	46
4.2.2 Tipo de diseño	46
4.2.3 Tránsito del proyecto	47
4.2.4 Datos del tránsito.....	48
4.2.5 Composición del tránsito	48
4.2.6 Tránsito de proyecto en millones de ejes estándar	49
4.2.7 Sección estructural de la carretera.....	49
4.2.8 Características y módulo de rigidez de los materiales	50
4.2.9 Diseño por deformación	50
4.2.10 Cálculo con nuevos espesores propuestos.....	51
4.3 Recomendaciones.....	52
4.4 Procedimiento de construcción del Trabajo en Espera	52
4.4.1 Riego de Sello	52
4.4.2 Normas Aplicadas	54
4.4.3 Propuesta de Señalización Horizontal y Vertical	55
Capítulo 5 Resultados.....	57
Conclusiones y Recomendaciones	58
Glosario.....	59
Referencias bibliográficas y virtuales.....	61
Anexos	62





Índice de Imágenes

ILUSTRACIÓN 1. ORGANIGRAMA DE LA DEPENDENCIA S.C.T	15
ILUSTRACIÓN 2. RED NACIONAL DE CARRETERAS	19
ILUSTRACIÓN 3. MACROTEXTURA Y MICROTEXTURA.....	33
ILUSTRACIÓN 4. EQUIPO MU-METER MODELO MK6	34
ILUSTRACIÓN 5. DIAGRAMA DEL CUENCO DE DEFLEXIÓN PRODUCIDO EN LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO	36
ILUSTRACIÓN 6. CICLO INTEGRAL DE PLANEACIÓN DE LA RED CARRETERA FEDERAL.....	41
ILUSTRACIÓN 7. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON ESPESORES REGLAMENTARIOS.....	44
ILUSTRACIÓN 8. TIPO DE CAMINO - DISPAV5	47
ILUSTRACIÓN 9. TRÁNSITO DE PROYECTO - DISPAV 5.....	47
ILUSTRACIÓN 10. TRÁNSITO ACUMULADO EN VEHICULOS TDPA - DISPAV5.....	48
ILUSTRACIÓN 11. COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO - DISPAV5	48
ILUSTRACIÓN 12. TRÁNSITO - DISPAV5	49
ILUSTRACIÓN 13. SECCIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA - DISPAV5	49
ILUSTRACIÓN 14. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES - DISPAV5.....	50
ILUSTRACIÓN 15. RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO/NO ADECUADO - DISPAV5.....	51
ILUSTRACIÓN 16. RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO/ADECUADO - DISPAV5.....	51
ILUSTRACIÓN 17. PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO - HUAMANTLA	57
ILUSTRACIÓN 18. PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	57
ILUSTRACIÓN 19. PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO - TERRENATE.....	57





Índice de Tablas

TABLA 1. UBICACIÓN Y GIRO	14
TABLA 2. UMBRALES DE ACEPTACIÓN/RECHAZO ESTABLECIDOS POR LA DGST	23
TABLA 3. FRECUENCIA DE MEDICIÓN POR PARÁMETRO DE EVALUACIÓN Y TIPO DE RED	24
TABLA 4. NORMATIVA	26
TABLA 5. PROGRAMA DE AUSCULTACIÓN DE LA RED CARRETERA FEDERAL 2013 - 2018	26
TABLA 6. CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS EN FUNCIÓN DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN	32
TABLA 7. CLASIFICACIÓN DEL ESTADO FÍSICO ACTUAL	45
TABLA 8. CLASIFICACIÓN ACTUAL DEL PAVIMENTO	45
TABLA 9. CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL	46
TABLA 10. CATALOGO DE CONCEPTOS DE SEÑALAMIENTO VERTICAL	55
TABLA 11. CLASIFICACIÓN DE LAS MARCAS Y DISPOSITIVOS PARA EL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	55
TABLA 12. CLASIFICACIÓN DE MARCAS VIALES	56





Índice de Graficas

GRAFICA 1. RESUMEN DE INDICADORES DEL ESTADO SUPERFICIAL 2020	28
GRAFICA 2. IRI POR TIPO DE RED Y ENTIDAD FEDERATIVA	29
GRAFICA 3. PR POR TIPO DE RED Y ENTIDAD FEDERATIVA	29
GRAFICA 4. DET POR TIPO DE RED Y ENTIDAD FEDERATIVA	30
GRAFICA 5. MAC POR TIPO DE RED Y ENTIDAD FEDERATIVA	30
GRAFICA 6. COMPARATIVA 2012 - 2015 DE LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL EN LA RED BÁSICA LIBRE Y CORREDORES. GRAFICA DE OCUPANTES DE VEHICULOS	37





Abstract

The construction of optimal roads is of great importance in any geographical situation, because they facilitate the movement of the inhabitants of the towns, in this way the socioeconomic development of the sector is guaranteed, in addition to offering better access to basic needs.

The preparation of a Technical Report is of utmost importance for the Secretary of Communications and Transportation, since it aims to document the actions carried out, the monitoring and control, as well as the results and benefits achieved and impacts identified in the auscultation carried out on the roads. that make up the Federal Highway Network. This program is carried out based on the applicable regulatory framework, being linked to the 2017-2021 National Development Plan (PND), the National Infrastructure Program and the Communications and Transportation Sector Program.

With the help of the different studies carried out to obtain data and with the help of the technological means that are presented today, they favor us for the elaboration of a proposal according to the needs of the users.

The analysis of the structural behavior of the pavements has the purpose of providing the necessary technical elements to the competent areas, to prioritize investments in the conservation of the Network, so that a good physical state is achieved in the shortest possible time, achieving with This will reduce vehicle operating costs, preserve road assets and improve user safety. The requirement that to conserve a heritage it is necessary to know it, covers both the definition of its elements, as well as the physical state in which the roads are.

Finally, by combining the above with the traffic analysis, the remaining life of the pavement is obtained or, failing that, the thickness of reinforcement that must be applied to recover the bearing capacity of the pavement.





Introducción

El constante crecimiento y desarrollo del estado nos invita a conservar en buen estado la infraestructura carretera a fin de contar capacidad necesaria para satisfacer las necesidades de comunicación de cada región; por lo que es fundamental conjuntar la experiencia técnica de empresas especializadas en el ramo con los requerimientos técnicos de cada proyecto para lograr la optimización de los recursos, cristalizando los beneficios de nuestro objetivo al desarrollo económico y social, acortando las distancias entre los puntos estratégicos de la zona y continuar con el crecimiento carretero del estado. Estas características influyen sobre los diversos aspectos relativos a la funcionalidad de las carreteras, siendo los más notables:

- Seguridad
- Confort
- Costos de operación
- Dinámica de los vehículos

Las exigencias de los usuarios de las carreteras van aumentando en forma continua y lo que ahora se considera de calidad excepcional puede evaluarse dentro de un cierto tiempo como de calidad media. Como resultado de la comparación con mejores estructuras, se advierte ya una cierta presión sobre los ingenieros responsables de la construcción, conservación y operación de los mismos, principalmente en lo referente a las vías carreteras de nuestro país.

La DGST diseño implantó y ejecutó anualmente el Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal con el fin de determinar las condiciones superficiales, estructurales y de seguridad vial de las carreteras libres y de cuota del país, responsable de establecer los procedimientos y efectuar las evaluaciones para conocer el estado físico, la calidad de los servicios y los niveles de operación que ofrece la infraestructura carretera a los usuarios. Asimismo, de participar en el desarrollo de programas tendentes a mejorar las condiciones de seguridad en el sistema vial del país.



Planteamiento del Problema

Los principales aspectos de la problemática de la red federal de carreteras son el deficiente estado físico en que se encuentran, las limitaciones geométricas y de capacidad de una longitud importante de los corredores que constituyen sus tramos más utilizados, la insuficiente cobertura, el mal estado de los caminos y la necesidad de consolidar el funcionamiento adecuado al sistema de carreteras federales libres de cuotas, tanto en lo que se refiere a sus aspectos financieros como a cuestiones operativas y de conservación.

Sin embargo, es independientemente del esfuerzo que se realiza, los montos de inversión que se han canalizado a la conservación de carreteras no resultan suficientes para superar todos los rezagos y lograr que la red carretera no tenga caminos en mal estado, ocasionando una complicación de comunicaciones a los diferentes municipios del estado.

Justificación

El desarrollo económico y social de una región está estrechamente relacionado con la condición o el estado de los sistemas carreteros. Las distintas regiones crecen tanto en el ámbito cultural, como económico y social, en la medida en que existe mayor posibilidad de comunicarse y trasladarse. En muchas ocasiones, el deterioro de la infraestructura no es el resultado de las malas prácticas de diseño o construcción, sino que, es debido al uso y daños que se presentan durante el transcurso de los años, el deterioro gradual de un pavimento se debe a factores que incluyen: variaciones en el clima, drenaje, condiciones del suelo, tránsito de camiones, entre otras. Por ello, en esta experiencia educativa, se proveerá del análisis que se realiza en la conservación periódica en carreteras correspondientes, en base a los Estudios de Auscultación, Deflexión, ISA y Tránsito.

Independientemente de la naturaleza y magnitud de los desafíos que deben superarse en el sistema carretero, las condiciones del entorno y las modalidades del trabajo necesario para lograrlo serán distintas a cada uno de los tramos que se pretende realizar una conservación. En particular, se reconocen las necesidades y responsabilidades, así como establecer nuevos y más estrechos mecanismos de colaboración con el estado. En material de conservación de la red de carreteras, las principales tareas a desarrollar estarán orientadas a preservar el importante activo que representa, con objeto de proporcionar una operación económica, eficiente y segura de los vehículos.

En lo que se refiere a construcción y modernización de carreteras, lo principal será el de concluir la modernización integral de los diferentes tramos para su conservación. En los caminos federales libre de cuota existe el doble desafío de seguir extendiendo la cobertura de la red, tan importante para la vida de las comunidades y la vinculación productiva de la misma, asegurando la adecuada conservación del vasto número de caminos existentes.



Objetivo General

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes se ha fijado en el ámbito de las carreteras, el cual es la de dotar al país de un sistema eficaz, seguro, respetuoso del medio ambiente y permanentemente accesible para todos los mexicanos, que sea promotor del desarrollo y contribuya a multiplicar las oportunidades de la población en todo el territorio.

Se busca avanzar hacia la visión que anima el desarrollo del sistema carretero: contar con un sistema de transporte carretero moderno y bien conservado, con capacidad suficiente para el movimiento rápido, económico y seguro del tránsito y con una cobertura que lo haga accesible a toda la población, receptivo a la atención de sus necesidades y con crecientes espacios para la participación de estados, municipios y del sector privado en el financiamiento, la gestión y la ejecución directa de los proyectos.

Para ellos es necesario evaluar los trabajos por ejecutar, considerando los estudios de la Auscultación, Deflexiones, Índice de Servicio Actual (ISA) y Tránsito realizados en tramo de estudio, determinando las condiciones del pavimento para establecer las recomendaciones de rehabilitación y programar los trabajos de conservación necesarios para elevar el índice de servicio y ofrecer al usuario un camino de calidad mejor.

Objetivos Específicos

- Analizar del comportamiento estructural de los pavimentos, teniendo como finalidad proveer de elementos técnicos necesarios a las áreas competentes, para priorizar las inversiones en la conservación de la Red, de manera que se alcance en el menor tiempo posible un estado físico bueno, logrando con ello abatir los costos de operación vehicular, preservar el patrimonio carretero y mejorar la seguridad del usuario.
- La Dirección General de Servicios Técnicos (DGST-SCT) es el encargado para recabar y analizar información de campo acerca del aporte estructural del pavimento de la red objeto de estudio, mediante la obtención de las deflexiones en el pavimento, así como tomar en cuenta algunas consideraciones como:
- Los requerimientos de los usuarios, los cuales son cada vez más exigentes en cuanto a la calidad, concretamente, en materia de seguridad, comodidad y economía del transporte.
- El requerimiento de que para conservar un patrimonio es necesario conocerlo y abarca tanto la definición de sus elementos, como el estado físico en que se encuentran las carreteras.



Capítulo 1 Generalidades de la dependencia.

Nombre de la Dependencia: Secretaría de Comunicaciones y Transportes “S.C.T. Centro”.

1.1 Antecedentes históricos de la dependencia

La secretaria de Comunicaciones y Transportes tiene su origen funcional en la Secretaria del Estado y Derecho a Relaciones Exteriores e Interiores establecida el 8 de noviembre de 1821; Posteriormente, debido a las modificaciones efectuadas en el aparato de gobierno, las funciones relativas al ramo de comunicaciones y transportes se diseminaron entre varios organismos.

En 1857, se funda la Administración General de Caminos y peajes como un intento por centralizar las funciones encaminadas a satisfacer las necesidades de comunicación en el ámbito nacional, el cual se ve consolidado el 13 de mayo de 1891, fecha en que se crea la Secretaria de Comunicaciones y Obras Públicas, misma que se centralizo en forma definitiva tales funciones.

En 1925, se creó la comisión Nacional de Caminos, el primero de enero de 1928, la oficina de Transito en los Caminos Federales, así como todo lo relacionado con el Autotransporte Federal para su legal explotación. Dicha oficina paso a depender del Departamento de Caminos y Puentes de la Secretaria de Comunicaciones y Obras Públicas. En febrero de 1931, se creó la Policía Federal de Caminos por acuerdo presidencial.

El 11 de enero de 1951, la Secretaria de Comunicaciones y Obras Publicas se organizó en dos subsecretarias denominadas: de Obras Publicas y Comunicaciones y Transportes respectivamente. El mes de julio de 1953, se fundó la Escuela de la Policía Federal de caminos. En 1959, la Secretaria de Comunicaciones y Obras Públicas, se dividió, creándose la hoy llamada Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

1.2 Misión

Contribuir al desarrollo de los sistemas de comunicación y Transportes en la entidad federativa, ejecutando y promoviendo los programas institucionales con seguridad, eficiencia y calidad, para el bienestar económico, social y cultural, con respecto al medio ambiente, al marco legal y ético.





1.3 Visión

Ser una unidad administrativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes con facultades suficientes para promover y cumplir con los programas institucionales, a fin de brindar servicios de excelencia, realizando actividades con calidad, ética y responsabilidad dentro del marco legal en coordinación con los distintos niveles de gobierno y grupos sociales, en beneficio de los habitantes de la entidad.

1.4 Ubicación y Giro

Nombre:	SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES "CENTRO S.C.T."				
Giro, Ramo: o Sector:	Industrial () Público (X)	Servicios () Privado ()	Otro ()	R.F.C.	SCT830526
Domicilio:	GURIDI Y ALCOCER SN				
Colonia:	CENTRO	C. P.	90000	Fax	26363
Ciudad:	TLAXCALA	Teléfono (no celular)		(246) 46 2 41 14	

Tabla 1. Ubicación y Giro



La estructura organizacional del Centro S.C.T. es la siguiente, marcando el área en donde participe:

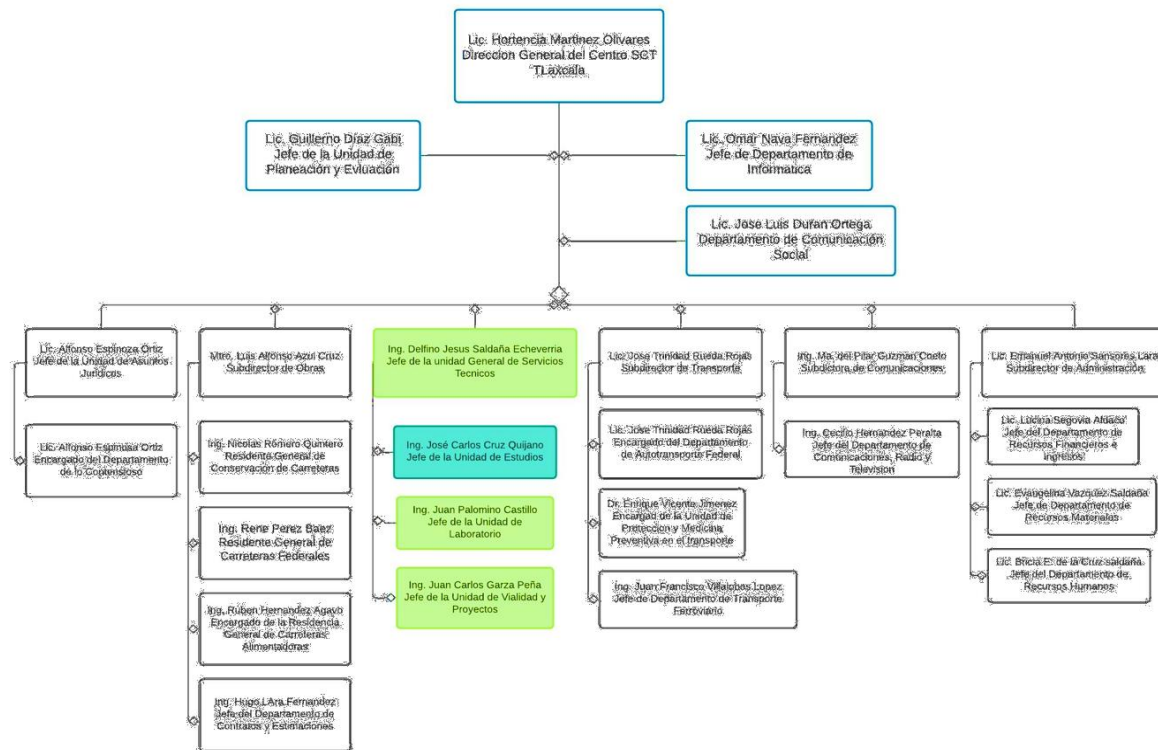


Ilustración 1. Organigrama de la Dependencia S.C.T

1.5 Nombre del departamento en el cual se trabajó: Dirección General de Servicios Técnicos, S.C.T.

1.5.1 Misión

Brindar apoyo técnico integral y multidisciplinario para la planeación, estudio diseño, proyecto, construcción, conservación y operación de la red nacional de carreteras, mediante la más avanzada tecnología disponible.

1.5.2 Visión

Ser una unidad administrativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes con facultades suficientes para promover y cumplir con los programas institucionales, a fin de brindar servicios de excelencia, realizando actividades con calidad, ética y responsabilidad dentro del marco legal en coordinación con los distintos niveles de gobierno y grupos sociales, en beneficio de los habitantes de la entidad.



Capítulo 2 Marco de referencia

2.1 Caracterización del área de desarrollo del proyecto

Trabajo de Oficina

- Realizar los estudios previos de la zona, determinando ubicación, situando coordenadas, superficie, entre otras.
- Determinar las mediciones del estado superficial del pavimento.
- Obtener el comportamiento estructural de los pavimentos (Deflexiones)
- Determinar los conceptos desarrollados como son: estructura del pavimento, modulo de elasticidad, estudios de tránsito.
- Determinar la estructura del pavimento que se propone y verificar los resultados en el programa "Dispav-5"

Trabajo de Campo

- Realizar aforos vehiculares en los tramos requeridos, obteniendo datos viales que nos ayudaran a determinar el TDPA.
- Realizar reportes fotograficos del estado actual de la zona, determinando las carpetas afectadas o en mal estado, con o sin señalamientos horizontales y verticales.

2.2 Planteamiento del Problema

Los principales aspectos de la problemática de la red federal de carreteras son el deficiente estado físico en que se encuentran, las limitaciones geométricas y de capacidad de una longitud importante de los corredores que constituyen sus tramos más utilizados, la insuficiente cobertura, el mal estado de los caminos y la necesidad de consolidar el funcionamiento adecuado al sistema de carreteras federales libres de cuotas, tanto en lo que se refiere a sus aspectos financieros como a cuestiones operativas y de conservación.

Sin embargo, es independientemente del esfuerzo que se realiza, los montos de inversión que se han canalizado a la conservación de carreteras no resultan suficientes para superar todos los rezagos y lograr que la red carretera no tenga caminos en mal estado, ocasionando una complicación de comunicaciones a los diferentes municipios del estado.



A.-) Efectos de la intensidad del tráfico y del peso de los vehículos.

- Agrietamiento por fatiga de las capas superiores del pavimento.
- Deformaciones de la estructura del pavimento flexible.

B.-) Efecto del agua.

- Deformaciones, agrietamientos y baches en pavimentos flexibles.
- Agrietamiento y pérdida de soporte por la migración de finos a la superficie de los pavimentos.
- Desprendimiento de agregados y pérdida de resistencia en capas asfálticas.

C.-) Efecto de la temperatura y del medio ambiente.

- Agrietamiento por contracción y dilatación en las capas superiores del pavimento.
- Agrietamiento y envejecimiento de la capa asfáltica en pavimentos flexibles.
- Deformación permanente de capas asfálticas.

D.-) Efecto de un control de calidad deficiente durante la construcción.

- Desempeño deficiente y corta durabilidad del pavimento (Deficiente control de calidad en la producción, almacenamiento y manejo de los materiales pétreos y asfálticos; un mal diseño de la mezcla asfáltica; dosificación deficiente de los materiales pétreos y asfalto en la elaboración de la mezcla asfáltica; deficiente control de temperaturas de mezclado, tendido y compactación).
- Desprendimiento de partículas en capas asfálticas (Control de calidad deficiente como son: exceso de agregados gruesos en la superficie por una dosificación inadecuada en la producción de la mezcla, separación de gruesos durante el tendido, endurecimiento prematuro del asfalto por falta de control de temperatura del material pétreo; falta de cohesión para contener la fracción gruesa por falta de finos o por escasez de asfalto en la mezcla).
- Falta de adherencia entre la capa de apoyo y la capa asfáltica de rodadura (Superficie sucia y una mala dosificación del riego de liga).



Posibles Causas:

- Mala Calidad del material asfáltico.
- Huella de rodada; Impresión el relieve localizado en la superficie del pavimento.
- Piel de cocodrilo de retícula; vejez del pavimento e insuficiente espesor de la carpeta asfáltica.
- Limpieza insuficiente previa el tratamiento superficial.

2.3 Alcances

- Rehabilitar carreteras con vida útil de 15 años.
- Eliminación de baches.
- Eliminación de grietas transversales y longitudinales.
- Eliminación de deformación por hundimiento.
- Mejoramiento de la superficie de rodadura.
- Mejorar la resistencia al derrape.
- Mejoramiento de la mezcla asfáltica.
- Seleccionar los materiales adecuados para el diseño de mezcla y los ensayos de desempeño necesarios.
- Ofrecer seguridad, eficiencia y comodidad en el transporte.
- Optimización de tiempo de traslado para los usuarios.

2.4 Limitaciones

La principal limitación en este proyecto son las condiciones meteorológicas imprevistas, ya que es un problema que no se puede controlar, ya que nos afecta el recabar la información deseada de los aforos vehiculares en las zonas que estan seleccionados para su conservación, otra de las dificultades que nos afecta es lo que hoy en dia, la situación del pais que esta pasando, la contingencia por Covid 19.



Capítulo 3 Marco teórico.

3.1 Antecedentes

El sistema carretero es el principal componente del sistema de transporte. Atiende al 98% de los pasajeros que se desplazan entre ciudades y alrededor del 74% de la carga terrestre. Durante las próximas décadas, las carreteras seguirán siendo el componente principal del sistema de transporte nacional, pues no se prevé que sea desplazado por ningún otro modo de transporte, además, se prevé el aumento de la demanda debido al crecimiento del número de vehículos y al aumento de los niveles de motorización.

La red Nacional de carreteras cuenta con 50,519 km de longitud distribuidas como se muestra a continuación:

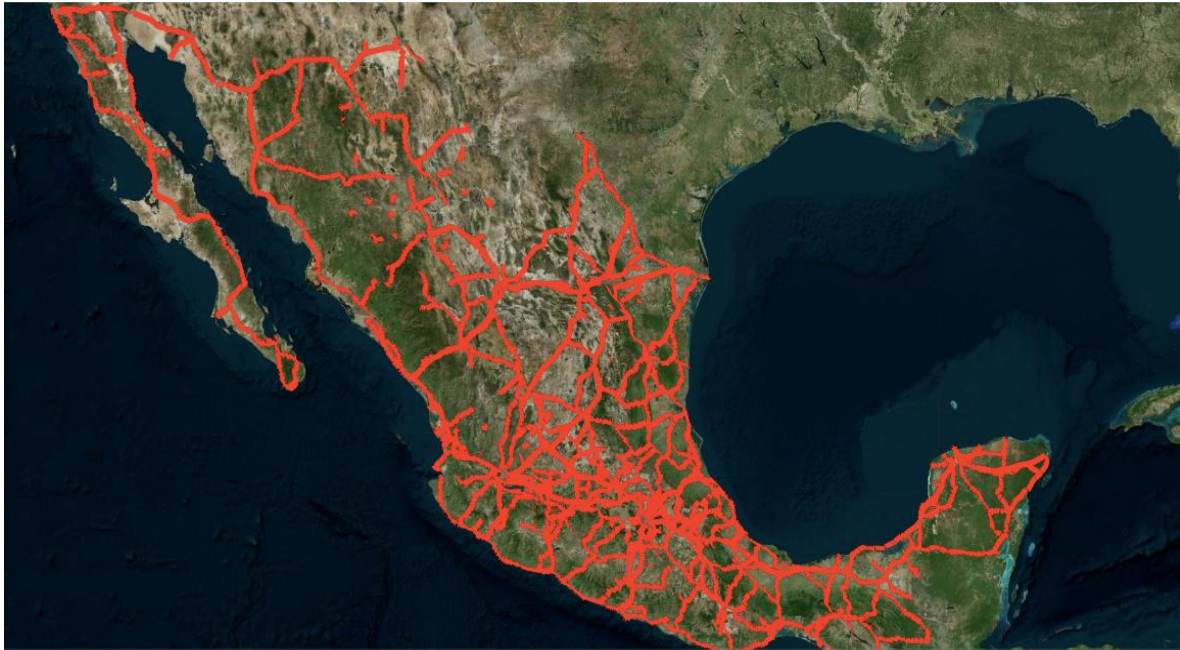


Ilustración 2. Red Nacional de Carreteras

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte

La red carretera federal (RCF), a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, constituye la columna vertebral del sistema de transporte nacional. Su construcción inició en la década de los cincuenta del siglo pasado y ha estado sometida a acciones de modernización para modificar sus características de diseño con el fin de adoptarla a los requerimientos de la flota vehicular actual, aunque existen tramos pendientes de modernizar.



De acuerdo con el régimen de mantenimiento y operación, la RCF se divide en red libre y red de cuota. En ella se desarrollan corredores que son conjuntos de tramos y puentes, libres y de cuota, que enlazan las regiones y conectan los puntos generadores y receptores de carga y de pasaje. Así mismo, el traslado de los vehículos debe realizarse de forma eficiente, segura, rápida, cómoda y económica, por lo que es necesario disponer de una red carretera que reúna las condiciones adecuadas.

Por lo anterior, desde 1999, la SCT ha realizado de manera continua la medición de distintos parámetros de la infraestructura carretera para evaluar los niveles de servicio, confort y seguridad que ofrece a los usuarios, entre ellos, el Índice de Regularidad Internacional (IRI), la Profundidad de las Roderas (PR) y el Coeficiente de Fricción (CF). Hasta 2012, la calificación del estado físico se realizaba mediante brigadas y visitas de campo que llevaba a cabo un grupo de evaluadores coordinados por las Unidades Generales de Servicio Técnico (UGST) adscritas a los centros SCT, quienes aplicaban cuestionarios técnicos con base en los cuales se otorgaba una puntuación ponderada a criterios del evaluador. Esta calificación se realiza dos veces al año en las carreteras de cuota y una vez al año en las carreteras libres de peaje, sin embargo, estas últimas se empezaron a calificar en 2015 con base en los resultados obtenidos en el programa de auscultación.

3.2 Estudio de Auscultación.

Con respecto a la medición de indicadores, el IRI es un parámetro de referencia de la calidad de la superficie de rodadura de la carretera, que históricamente ha sido obtenido por las diferentes áreas responsables de operar y conservar las carreteras, con el fin de planear y programar los trabajos de mantenimiento y supervisión. De igual forma, han medido la profundidad de roderas (PR) y el coeficiente de fricción de los caminos (CF) en tramos y longitudes diferentes.

Esta situación ha provocado que la conservación de la red (conservación rutinaria, conservación periódica y reconstrucción) se realice mediante esquemas de intervención puntuales que contemplan acciones locales de mantenimiento que no consideran a la red en todo su entorno. A su vez, las formas de gestión e intervención en la operación y mantenimiento de la red se han reflejado en los costos de operación vehicular, porque las condiciones superficiales de los pavimentos y la geometría de las carreteras son dos de sus principales determinantes.

Respecto a la seguridad vial de la red, los puntos negros y los tramos de conflicto se han determinado a partir de la estadística de accidentes ocurridos en la red. Un punto negro se presenta cuando en 1 km de longitud de carretera, ocurre cuatro o más accidentes o un accidente de muertos o dos accidentes con heridos, en cada uno de los dos últimos años analizados. En el caso de tramos, es necesaria la ocurrencia de ocho o más accidentes o dos accidentes con muertos o cuatro con accidentes con heridos, en los dos últimos años analizados.



Como se explica en los apartados siguientes y con el fin de revertir la situación descrita, se estableció el Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal con el fin de obtener los indicadores funcionales, estructurales y de seguridad vial de las carreteras a partir de los cuales, se evalúan los tramos y sub-tramos de la red de acuerdo con metodología y prácticas recomendables de aplicación internacionales, eliminando el criterio subjetivo del evaluar e impulsar las acciones de tipo preventivo. La entrega de esta información a las áreas responsables de modernizar y conservar las carreteras constituyen un soporte en la planeación y gestión de las acciones que determinen los conductores.

3.2.1 Acciones Realizadas

La Dirección General de Servicios Técnicos, atendiendo las atribuciones que le confiere el Artículo 19 de Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, comenzó la implementación de las acciones necesarias para avanzar en la evaluación de la RCF de forma integral, ya que es un proceso fundamental para planificar y programar las acciones para su conservación y modernización, así como para dar seguimiento a los cumplimiento de los objetivos y metas que establecen las instancias competentes para elevar los niveles de servicio, confort y seguridad vial de las carreteras.

El pronóstico del comportamiento estructural y superficial de un pavimento, es decir, de la evolución de los diferentes mecanismos del deterioro que sufre a través del tiempo, constituye un elemento fundamental para la conservación de los caminos, porque permite la programación de los trabajos que requiere cada tramo con el fin de recuperar su capacidad portante. De esta manera, los costos de reparación o de rehabilitación se aplican en los tiempos adecuados, principalmente de forma preventiva y no en términos de reconstrucciones que representan costos más elevados.

Además de evaluar la capacidad estructural y las condiciones físicas de la superficie de los pavimentos, se incorporó la evaluación de la seguridad vial, con el fin de determinar los factores que intervienen en la generación de muertes y de heridos graves ante la ocurrencia de accidentes en las carreteras federales, considerando a todos los usuarios de los caminos, la cual ha sido aplicada exitosamente en más de 70 países de América, Asia, Europa y Oceanía.

La auscultación de una carretera consiste en la exploración física de los tramos en operación a través de equipos puntuales o de alto rendimiento que generan datos que permiten conocer el estado físico en el que se encuentra cada tramo. En ese sentido, la auscultación es un instrumento de suma importancia para gestionar la conservación y modernización de la infraestructura vial, ya que proporciona información técnica oportuna a los responsables de su planeación y conservación. Los más de 49,000 km de la Red Carretera Federal requieren la utilización de equipos de alto rendimiento, pues con estos equipos la obtención de datos se hace con mayor rapidez, ya que las mediciones se llevan a cabo a las velocidades de operación autorizadas en las carreteras.



Con los equipos de alto rendimiento se obtiene información certera, ya que se produce una cantidad importante de datos a cada 20 m y es posible obtenerlos a la distancia que se requiera, dependiendo del tipo de parámetro o de red en estudio. Cabe señalar, que el empleo de equipos láser aumenta considerablemente la precisión ya que minimiza omisiones de percepción o errores humanos y se eliminan los cierres parciales en las carreteras con altos volúmenes de tránsito, como ocurre con la aplicación de métodos convencionales, por lo que se reduce el riesgo de un accidente tanto para los miembros de las brigadas que realizan las mediciones como para los usuarios del camino. Todo lo anterior, maximiza la obtención de datos y de indicadores de desempeño de las carreteras.

Con el fin de que la estadística y el análisis de la red sean confiables y consistentes, las mediciones y trabajos en campo se establecieron en temporada de secas, pues el rendimiento de los equipos láser disminuye en condiciones de lluvia. También se determinó el uso de equipos de última generación para la medición de los aspectos estructurales de las carreteras, aunque por su propia naturaleza, la medición se hace de manera puntual, por lo que se estableció la utilización de carros piloto con señalamiento de protección para evitar accidentes.

3.2.2 El Programa y sus componentes

El Programa tiene tres componentes:

El primero consiste en la obtención de los parámetros superficiales de la red, cuyos resultados al relacionarlos con los umbrales de aceptación/rechazo establecidos por la DGST, permite clasificar su estado en bueno, regular y malo o no aceptable, siendo éste el Índice Regularidad Internacional (IRI), la Profundidad de Roderas (PR), la Macrotextura (MAC), los Deterioros Superficiales (DET) y el Coeficiente de Fricción (CF). Este último parámetro es de trascendental importancia para la seguridad de los usuarios, ya que define el grado de adherencia que existe entre los neumáticos de los vehículos y la superficie de rodadura en condiciones críticas de pavimento mojado.

El segundo componente corresponde a la determinación de los elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos, a partir de la obtención de las Deflexiones (DEF), las cuales simulan la respuesta que, al inicio del programa, por única vez, se determinaron los espesores y el tipo de material que componen las capas de los pavimentos de la Red Carretera Federal, mediante el uso de radar de penetración. Con ambos insumos, se calculan los módulos de elasticidad, los cuales representan la capacidad estructural de cada capa y en conjunto con el nivel de tránsito (ejes equivalentes), es posible calcular la vida remanente de los pavimentos. A partir de los horizontes de vida determinados, los responsables de planear el mantenimiento y conservación de la red cuenta con elementos técnicos sustentados para determinar las acciones pertinentes de conservación y en su caso, de reconstrucción.



El Tercer Componente es la evaluación de los aspectos que inciden en la seguridad vial en las carreteras que integran la RCF, a través de la metodología IRAP (International Road Assessment Programme), con base en la actualización del inventario geométrico, la revisión y análisis del señalamiento vial existente, la recopilación de imágenes digitales georreferenciadas a 150° y 360°, la evaluación y clasificación de los caminos atendiendo a 62 elementos de riesgo de muertes y heridos graves ante la ocurrencia de un accidente, las propuestas de contramedidas para mitigar el riesgo y los costos beneficios de su implementación. Con esta metodología se establece una clasificación por estrellas (de una a cinco) cuyo número es proporcional a su nivel de seguridad.

3.2.3 Umbrales de Aceptación/Rechazo

A través de la DGST, la dependencia ha establecido umbrales de aceptación/rechazo por tipo de red para los parámetros superficiales y estructurales de las carreteras en operación, los cuales están reacionados con el nivel de servicio y seguridad que la carretera brinda a los usuarios de la infraestructura. A través del grado de cumplimiento de los parámetros evaluados respecto de los umbrales (valores de referencia) establecidos por la DGST, los ingenieros responsables de la planeación y conservación de la Red Carretera Federal pueden determinar de manera global el estado actual de las carreteras y sus necesidades de conservación.

Índice de Regularidad Internacional (IRI)			Deflexiones (DEF)		
Clasificación	Autopistas y Corredores Carreteros (m/km)	Red Básica Libre y Red Secundaria (m/km)	Clasificación	Autopistas y Corredores Carreteros (mm)	Red Básica Libre y Red Secundaria (mm)
Bueno	< 1,8	< 2,5	Buena	0 a 0,4	0 a 0,50
Aceptable	1,8 a 2,5	2,5 a 3,5	Regular		>0,50 y ≤0,80
No Satisfactorio	> 2,5	> 3,5	Malo	> 0,4	> 0,80

Macrotextura (MAC)			Coeficiente de Fricción (CF)	
Clasificación	Autopistas y Corredores Carreteros (mm)	Red Básica Libre y Red Secundaria (mm)	Clasificación	Autopistas y Corredores Carreteros Red Básica Libre y Secundaria
Bueno	>0,90	0 a 8,0	No aceptable (pulido)	0 a 0,40
Regular	0,75 a 0,90	0,65 a 0,80	Aceptable	0,41 a 0,60
Malo	< 0,75	>0,65	Bueno	0,61 a 0,90
			No aceptable (áspero)	> 0,90

Profundidad de Roderas (PR)			Deterioros superficiales (DET)		
Clasificación	Autopistas y Corredores Carreteros (mm)	Red Básica Libre y Red Secundaria (mm)	Nivel de severidad	Autopistas y Corredores Carreteros (%)	Red Básica Libre y Red Secundaria (%)
Bueno	< 5,0	<7,0	Bajo	< 5	< 7
Regular	5,1 a 8	7,1 a 9,0	Medio	5,1 a 8	7,1 a 9
Malo	> 8,0	>9,0	Alto	> 8	> 9

Tabla 2. Umbrales de aceptación/rechazo establecidos por la DGST

Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos, Dirección de Estudios



3.2.3 Umbrales de Aceptación/Rechazo

Debido a los factores producidos por las cargas de los vehículos sobre la superficie de rodadura de las carreteras y a las condiciones climáticas, como parte de la estrategia, se estableció la medición anual de los parámetros superficiales.

Respecto a la obtención de las Deflexiones, se determinó hacerla bienalmente (cada dos años) pues las condiciones estructurales son más estables en el tiempo. En los años impares se obtienen las deflexiones en la red básica libre, la red de cuota y los corredores carreteros y en los años pares, en la red secundaria.

En lo correspondiente a la evaluación y clasificación de las carreteras atendiendo a su seguridad vial bajo la metodología iRAP, esta se realizó en el inicio y en la fase intermedia de la Administración Federal, ya que no fue posible realizar la última reevaluación por falta de recursos presupuestales. Las brigadas de campo y los equipos de medición contarán con los elementos y dispositivos de tránsito necesarios para garantizar la seguridad tanto de las brigadas como de los usuarios de las carreteras. Así mismo, se mantuvo el monitoreo de los equipos de medición de manera continua, a través de un sistema de rastreo satelital que permitió verificar la posición de los equipos en tiempo real con el propósito de garantizar el cumplimiento de los programas de medición.

Frecuencia de medición (metros)				
Parámetro	Periodicidad de evaluación	Red Básica	Autopistas	Corredores Carreteros
Medición continua*				
Índice de Regularidad Internacional (IRI)	Anual	20	20	20
Profundidad de Roderas (PR)	Anual	20	20	20
Macrotextura (MAC)	Anual	20	20	20
Deterioros Superficiales (DET)	Anual	100	100	100
Coefficiente de Fricción (CF)	Anual	100	100	100
Espesores de Pavimento (GPR)	En el año de inicio del programa	20	20	20
Clasificación por Estrellas	Trienal	100	100	100
Medición puntual				
Deflexiones (DEF)	Bienal	500	100	200

Tabla 3. Frecuencia de medición por parámetro de evaluación y tipo de red

Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación



3.2.4 Normativa Aplicada

Al inicio del programa no se contaba con normas y manuales en la Normativa para la Infraestructura del Transporte (NIT) para realizar la obtención y evaluación de los parámetros, por lo que se aplicó la normativa ASTM (American Society Standards Worldwide), AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y FHWA (Federal Highway Administration), de 2012 a 2016.

Ante esta circunstancia, a partir de 2015, se determinó elevar la propia normativa conforme a lo establecido en los lineamientos de la NIT. De esta forma, con la participación de especialistas del mercado y bajo la supervisión de las áreas técnicas de la DGST y del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), entre 2015 y 2016, se elaboraron las 38 normas y manuales que se relacionan a continuación:

Norma o Manual (Clave)	Denominación
N·CSV·CAR·1-03-004	Determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI)
N·CSV·CAR·1-03-006	Determinación de la Macrotextura (MAC)
N·CSV·CAR·1-03-007	Determinación del Coeficiente de Fricción (CF)
N·CSV·CAR·1-03-009	Determinación de la Profundidad de Roderas (PR)
N·CSV·CAR·1-03-010	Determinación de las Deflexiones de un pavimento (DEF).
M·MMP·4-07-003	Determinación del perfil longitudinal con Equipo Escáner Transversal
M·MMP·4-07-004	Determinación del perfil longitudinal con Perfilómetro Inercial
M·MMP·4-07-005	Determinación del Perfil Longitudinal con Equipo de Tipo Respuesta
M·MMP·4-07-006	Determinación del Perfil Longitudinal con Nivel y Estadal para el Cálculo del Índice de Regularidad Internacional
M·MMP·4-07-007	Determinación de la Macrotextura con Equipo Escáner
M·MMP·4-07-008	Determinación de la Profundidad Media de la Macrotextura con Perfilómetro Láser
M·MMP·4-07-009	Determinación de la Profundidad Media de la Macrotextura de un Pavimento por el Método del Círculo de Arena
M·MMP·4-07-010	Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Oblicua
M·MMP·4-07-011	Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Parcialmente Bloqueada
M·MMP·4-07-012	Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Bloqueada
M·MMP·4-07-013	Determinación del Coeficiente de Fricción con Péndulo Inglés
M·MMP·4-07-014	Determinación de los Deterioros Superficiales del pavimento con Equipo Escáner
M·MMP·4-07-015	Determinación de los Deterioros Superficiales del pavimento con Equipo Láser
M·MMP·4-07-016	Determinación de los Deterioros Superficiales del pavimento mediante Inspección Visual
M·MMP·4-07-017	Determinación del Perfil Transversal y cálculo de la Profundidad de Roderas con Perfilómetro de Alto Rendimiento
M·MMP·4-07-018	Determinación de la Profundidad de Roderas con Equipo Óptico Láser
M·MMP·4-07-019	Determinación de la Profundidad de Roderas con Equipo de Bajo Rendimiento
M·MMP·4-07-020	Determinación de las Deflexiones con Equipo de Impacto
M·MMP·4-07-021	Determinación de las Deflexiones con Equipo de Medición Discontinua
M·MMP·4-07-022	Determinación de las Deflexiones con Equipo Dinámico



<i>Fascículos terminados, en preparación para someterlos a la Comisión de Normas, Especificaciones y Precios Unitarios de la SCT</i>	
N·CSV·CAR·1-03-008	<i>Determinación de los Deterioros Superficiales del pavimento (DET)</i>
M·MMP·4-07-023	<i>Determinación del Índice de Fricción Internacional</i>
M· por designar	<i>Determinación de la Vida Remanente de un pavimento</i>
M· por designar	<i>Determinación de los espesores de las capas que conforman la estructura de los pavimentos con equipo de alto rendimiento</i>
M· por designar	<i>Determinación e interpretación, clasificación e inventario de los deterioros superficiales de los pavimentos flexibles y rígidos de la Red Carretera Federal</i>
M· por designar	<i>Determinación de las Deflexiones con Equipo de Impacto en Pavimento de Concreto Hidráulico</i>
<i>Auditorías de seguridad vial</i>	
M·PRY·14-01-001	<i>Factibilidad</i>
M·PRY·14-01-002	<i>Anteproyecto</i>
M·PRY·14-01-003	<i>Proyecto Ejecutivo</i>
M·CTR·2-04-001	<i>Preapertura de Carreteras</i>
M·CSV·1-09-001	<i>Inicio de la operación</i>
M·CSV·1-09-002	<i>Seguimiento a la operación</i>
M·CSV·1-09-003	<i>Zona de obras</i>

Tabla 4. Normativa

3.3 Resultados del Programa

En cumplimiento de los objetivos y estrategias establecidas a que se hizo referencia en el apartado anterior, entre 2012 y 2018 se auscultaron 436, 547 km – carril en los que se obtuvieron los parámetros superficiales de la red (IRI, PR, DET y MAC) y también fueron evaluados y clasificados de acuerdo con su nivel de seguridad vial, bajo la metodología iRAP. Así mismo, se midieron 291, 744 km – estudio en los que se obtuvo el coeficiente de fricción, 220, 616 km – estudio en los que se midieron su deflexiones y 65, 370 km – estudio en los que se obtuvieron sus espesores y tipo de material de las distintas capas que conforman la estructura de los pavimentos, como se ilustra a continuación:

Subprograma	Unidad de medida	Longitud auscultada
Evaluación superficial de los pavimentos (IRI, PR, MAC y DET), incluye iRAP para los años en los que se estableció la clasificación de las carreteras	km-carril	436,547
Determinación del Coeficiente de Fricción (CF) de la superficie de rodadura de las carreteras	km-estudio	291,744
Obtención de los elementos para el pronóstico del comportamiento estructural (Deflexiones)	km-estudio	220,616
Obtención de los espesores y tipo de materiales de las distintas capas que conforman la estructura del pavimento (Segundo semestre de 2012, única vez)	km-estudio	65,370

Tabla 5. Programa de Auscultación de la red carretera federal 2013 - 2018

Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación. Elaborado con datos del



Programa de Auscultación de la RCF.

Los resultados del programa de auscultación por cada subprograma, tipo de red e indicador, se describen a continuación y muestran como se han reducido las auscultaciones en los últimos dos años debido a las reducciones presupuestales, no obstante la importancia que estos resultados e indicadores tienen para el Subsector, en cuanto a la planeación y gestión de las acciones de conservación y modernización de las carreteras.

Los informes y bases de datos de los resultados obtenidos fueron entregados cada año a las Direcciones Generales de Conservación de Carreteras y de Desarrollo Carretero, Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) y a Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE), ya que son insumos para la programación de la conservación de las redes y carreteras a su cargo. También fueron entregados a los Centros SCT para que sus áreas técnicas y de obras dispongan de información técnica para la revisión de estudios y proyectos, la integración de propuestas de trabajos de conservación, entre otras.

3.4 Condición Superficial de la Red Carretera

Las mediciones de los indicadores en campo se realizaron en temporada de secas, debido a que la presencia de pavimentos mojados interfiere en la lectura de los resultados que obtienen los equipos.

Los indicadores obtenidos y su interpretación, de acuerdo con la normativa aplicable, fueron entregados a las áreas de la SCT y Sector Coordinado pues son útiles para:

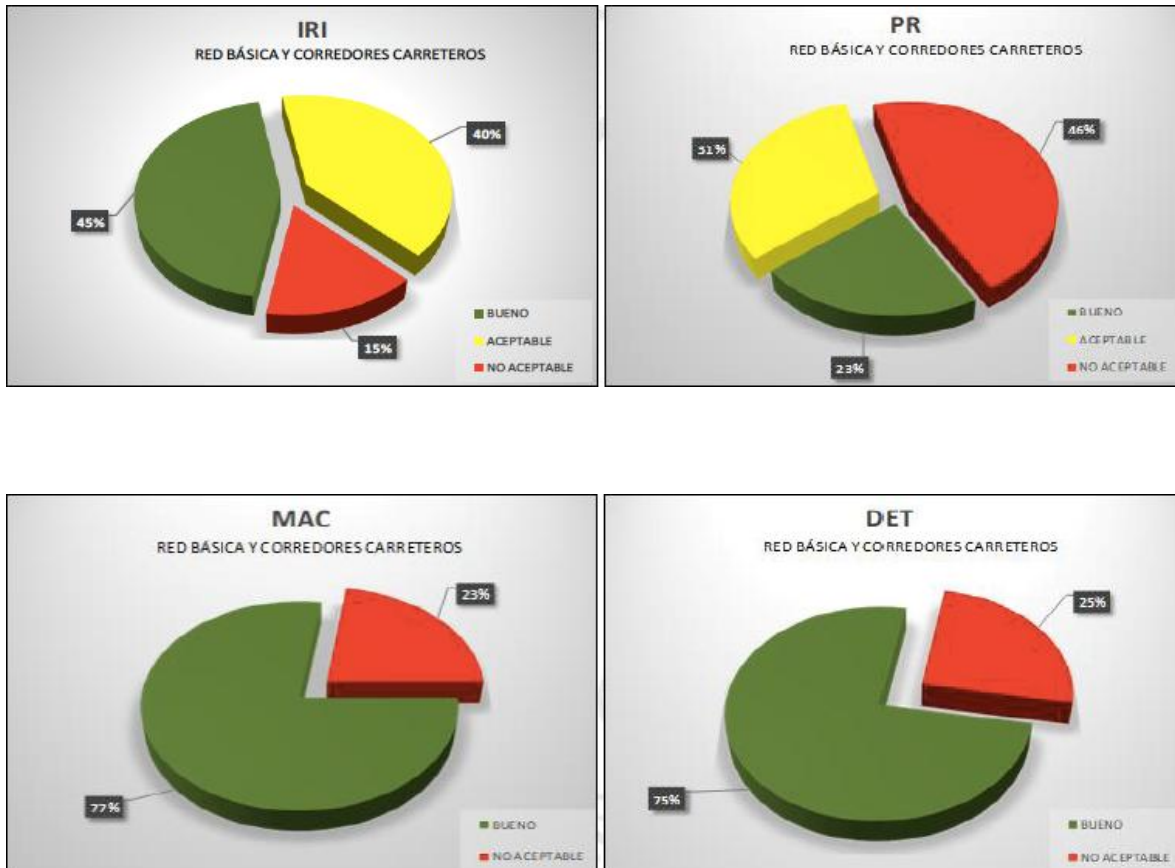
- La toma oportuna de decisiones sustentadas técnicamente.
- El seguimiento de la condición del estado físico que tienen los pavimentos de las carreteras.
- La carga de la información en los sistemas de gestión que tienen las Unidades de Responsables de conservar y operar las carreteras.
- Realizar la calificación del estado físico de las carreteras y la evaluación de su señalamiento vertical, entre otros.

Principales Resultados

Como resultado de los trabajos realizados y considerando los umbrales de aceptación/rechazo establecidos por la DGST, se presenta a continuación los resultados obtenidos a nivel nacional por tipo de red en 2019, ya que los correspondientes a 2020 se encuentran en proceso de gabinete, a la fecha de la elaboración de la memoria del estudio de auscultación.



Durante los trabajos de campo, se mantuvo el monitoreo de los equipos de medición mediante un sistema de rastreo satelital que permite seguir de manera continua la posición del equipo en tiempo real para así garantizar el cumplimiento de los programas de medición. Además, las brigadas de campo y los equipos de medición contaron con los elementos y dispositivos de tránsito necesarios para garantizar la seguridad tanto de las brigadas como de los usuarios de las carreteras.



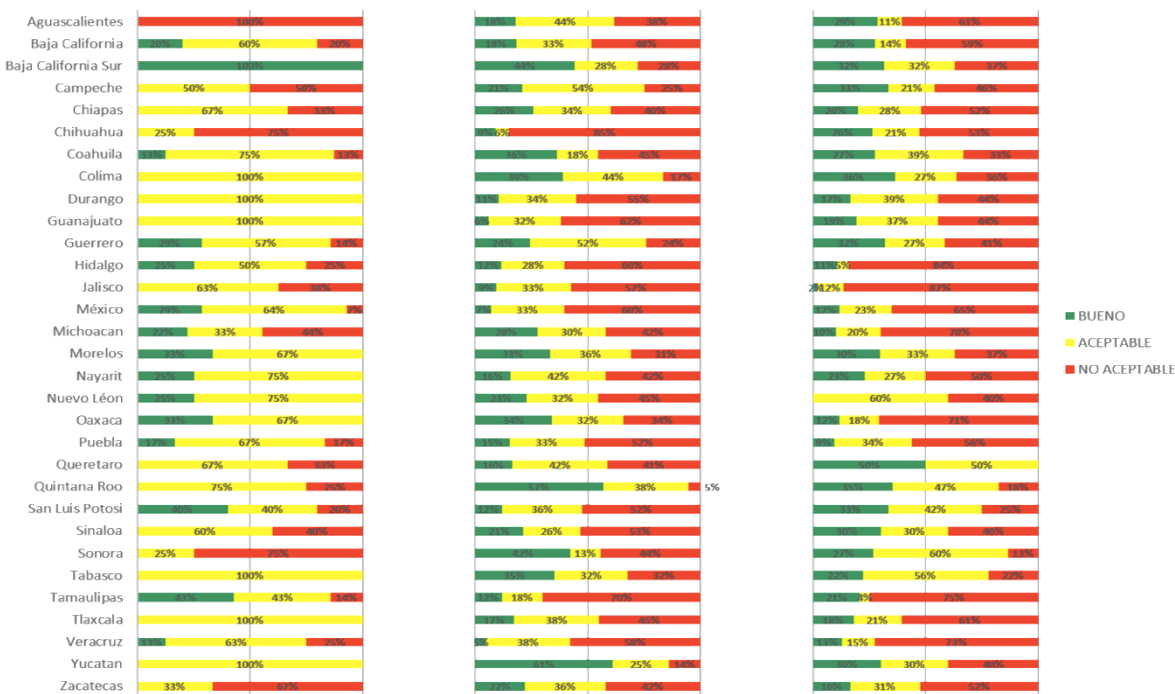
Gráfica 1. Resumen de Indicadores del estado superficial 2020



Resultados por entidad federativa



Gráfica 2. IRI por tipo de red y entidad federativa



Gráfica 3. PR por tipo de red y entidad federativa





Gráfica 5. DET por tipo de red y entidad federativa



Gráfica 4. MAC por tipo de red y entidad federativa



Los resultados presentados corresponden a valores promedio e ilustran el estado físico superficial a nivel red y por entidad federativa. La planeación y gestión de acciones de mantenimiento deben analizarse a partir de los resultados de estos indicadores, por carretera y tramo, para determinar los estudios y proyectos que requieran ejecutarse puntualmente.

La Dirección General de Conservación de Carreteras (DGCC) cuenta con un sistema de gestión de pavimentos conocido como HDM-4, el cual se alimenta con la información de cada carretera, tramo y subtramo que la DGST entrega en cada ejercicio fiscal en base de datos. Así mismo, en cada ejercicio fiscal, se entregan los resultados a los Centros SCT para que las Residencias Generales de Conservación de Carreteras cuenten con elementos técnicos que les permitan proponer a su Normativa (DGCC) las acciones de conservación que requieren los tramos que componen la red de sus respectivas circunscripciones.

Por otra parte, la DGST entrega a la Dirección General de Desarrollo Carretero (DGDC) las bases de datos con los resultados obtenidos en las autopistas que integran la red libre de cuota, así como los larguillos por autopistas, con los resultados de los indicadores a cada 20 m, clasificados de acuerdo con las condiciones registradas (bueno, regular y malo) identificadas en color verde, amarillos y rojo, respectivamente. También se entregan los formatos establecidos por la propia DGDC con el fin de que se realice el seguimiento del estado físico de los tramos concesionados. Además, las bases de datos y el análisis de los resultados son entregados a CAPUFE organismo operador y mantenedor de la red del FONADIN y a BANOBRAS Institución Fiduciaria en el Fideicomiso 1936.

3.4.1 Condición Superficial de la Red Carretera Federal: CF e IFI

Coeficiente de Fricción (CF)

Una de las condiciones principales que deben cumplir una carretera es contar con una superficie que asegure una buena adherencia entre el pavimento y los neumáticos de los vehículos para garantizar la seguridad de los usuarios. El coeficiente de Fricción (CF) es un parámetro que valora la resistencia al deslizamiento de los vehículos en operación sobre un pavimento, ya sea de concreto o de asfalto. La evaluación del CF se realiza en las condiciones más desfavorables, es decir, cuando el pavimento está mojado.

El valor del CF para un pavimento depende de una serie de factores entre los que se encuentran los inherentes a la carretera, como el estado físico del drenaje y de la superficie de rodadura (que a su vez está vinculada con el tipo de agregado, calidad de la construcción y diseño de la mezcla), los relacionados con los usuarios como la velocidad de circulación y el estado de los neumáticos, factores externos como la presencia de lluvia, nieve, hielo, intensidad y tipo de tránsito, etc. En consecuencia, el CF no es constante en el tiempo, éste disminuye paulatinamente como resultado de la interacción de todos estos factores.



En otras palabras, el CF determina la buena o mala adherencia entre la llanta de un vehículo y la superficie de rodadura. Un pavimento con un bajo CF es más propenso a presentar accidentes relacionados con deslizamientos de vehículos en zonas de curvas y choque por alcance debido a la disminución en la capacidad de frenado de los vehículos. Por otra parte, un pavimento con un CF muy alto tendrá problemas relacionados con el desgaste y/o daños en los neumáticos y generará mayores costos de operación para los usuarios. En consecuencia, las carreteras deben mantener superficies de rodadura con valores aceptables en su CF que garanticen la seguridad de los usuarios y mantengan costos de operación razonables.

Condición	Rango	Características
No Aceptable	De 0 a < 0.40	Pavimentos lisos con CF bajo. Este tipo de pavimentos tienen alta probabilidad de presencia de accidentes por derrapes y alcances, debido a que los vehículos no tienen suficiente adherencia entre el neumático y el pavimento. Para tramos que presenten esta condición se deberán tomar medidas para mejorar la fricción y poder garantizar la seguridad de los usuarios.
Aceptable	De 0.40 a < 0.60	Estos pavimentos se encuentran dentro de parámetros aceptables de operación para la circulación segura de los vehículos. Entre más se acerquen al límite inferior, los pavimentos deberán monitorearse con una mayor frecuencia, dado que su condición puede cambiar rápidamente a <i>No aceptable</i> .
Bueno	De 0.60 a < 0.90	Los pavimentos nuevos construidos con apego a la Normativa SCT se deben encontrar dentro de esta condición. Los valores de CF dentro de este rango identifican a las carreteras cuya probabilidad de derrape o deslizamiento es baja, por lo que se garantiza la seguridad a los usuarios.
No Aceptable	0.90 o más	Dentro de este rango se encuentran pavimentos con superficies demasiado friccionantes (ásperas), que provocan un desgaste acelerado de los neumáticos, elevados niveles de ruido y mayores costos de operación.

Tabla 6. Clasificación de la condición de los pavimentos en función del coeficiente de fricción

El producto que se obtiene durante las mediciones son los valores del CF en un rango de 0 a 1, cuyos límites son un CF de cero para una superficie teórica 100% resbaladiza (sin fricción) y de 1 para una superficie muy friccionante. La información obtenida en cada campaña de medición fue procesada, analizada e integrada en bases de datos que contiene la siguiente información por carretera y tramo:

- Información general de cada carretera.
- Coodenadas geográficas y UTM de las mediciones realizadas en campo con equipo GPS.
- Cadenamiento de cada tramo medido.
- Velocidad de medición del equipo Mu-Meter.



- Índice de Fricción Internacional (IFI), calculado a partir del CF y de la MAC medidos en cada campaña.
- Mapas nacionales y por entidad federativa que muestran la representación gráfica del Cf por red, carreteras y tramos medidos en cada campaña.

Índice de Fricción Internacional (IFI)

El Índice de Fricción (IFI) es un parámetro que media las condiciones superficiales del pavimento. Se desarrolló a partir de la investigación realizada por la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC) en 1992 y normalizado por ASTM en su norma E-1960. Este parámetro relaciona las propiedades de fricción y textura de los pavimentos. Para la determinación del IFI, se realizan los cálculos de acuerdo con las normas ASTM E-1960-07, con el Manual MMP.4.07.023. *Determinación para el Índice de Fricción Internacional* de la NIT y con la Publicación Técnica 170 del IMT.

Este parámetro se compone de dos valores relativos a: la fricción y la textura. La fricción se relaciona con la textura superficial de los agregados gruesos que integran el pavimento, la cual se denomina microtextura. La macrotextura se refiere al relieve que se forma en la superficie del pavimento como resultado de la granulometría de los agregados utilizados en la mezcla asfáltica o en el texturizado superficial del concreto.

La macrotextura se puede clasificar como elevada (gruesa) o baja (fina) y la microtextura como áspera o pulida. Una situación ideal sería aquella en la que se cuente con una macrotextura gruesa (textura elevada) y una microtextura áspera (CF aceptable o bueno).

Así, el IFI que se calcula para un pavimento indica el grado de cumplimiento de esa condición ideal y por lo tanto, a partir del valor obtenido, pueden realizarse recomendaciones para mejorar las condiciones superficiales del pavimento.

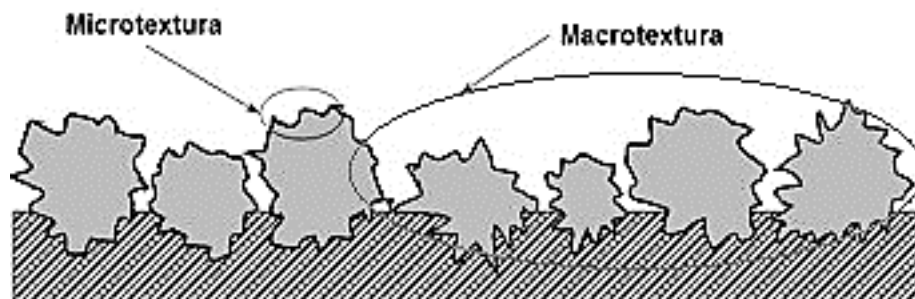


Ilustración 3. Macrotextura y Microtextura

Fuente: N-CSV-CAR-1-03-007/17, Determinación del Coeficiente de Fricción (CF)



Metodología aplicada y equipo utilizado

Para la medición del CF se utilizaron equipos de alto rendimiento Mu-meter modelo Mk6 probados y verificados por el IMT y de acuerdo con la Norma ASTM E670. Standard Test Method for Testing Side Force Friction on Paved Surfaces Using the Mu-Meter y a partir de 2017, con base en el manual M·MMP-4-07-010/17. Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Oblicua.

Este equipo mide la fuerza de fricción que se genera entre las ruedas del equipo y el pavimento, mediante una celda de carga debidamente calibrada. Las mediciones se realizan mientras el vehículo al que se encuentra acoplado el equipo, circula a una velocidad constante sobre una película de agua de espesor también constante. Esta película de agua se produce mediante espreas por un sistema de riego, que se aplica en el pavimento justo frente a las ruedas del equipo



Ilustración 4. Equipo Mu-Meter Modelo Mk6

En carreteras de dos carriles, uno por sentido, las mediciones se realizaron sólo en un carril y en un sentido. En las carreteras de dos o más carriles se realizaron las mediciones en ambos sentidos, en los carriles de baja velocidad (extrema derecha).

Las mediciones se realizaron en forma continua, tanto en tramos rectos como en curvas, a la velocidad que especifica la normativa aplicable. Para todas las mediciones se verificó el correcto funcionamiento y el estado general de los principales componentes del equipo para asegurar que el registro de la información se realizara de manera adecuada. La celda de carga de los equipos de medición fue calibrada diariamente y de manera continua, se verificó la presión de los neumáticos de acuerdo con lo establecido en la Norma ASTM E670.

En las mediciones se identificaron los kilometrajes de inicio y fin de cada tramo, relacionando las coordenadas correspondientes a cada tramo con las distancias recorridas por el equipo. Para esto, se utilizaron equipos de posicionamiento global (GPS) de alta precisión, que registraron la posición del equipo cada 20 metros.



3.4.2 Condición estructural de la Red Carretera Federal. Deflexiones

Conocer la evolución en el tiempo de los diferentes mecanismos de deterioro de los pavimentos, constituye un elemento fundamental para la conservación de las carreteras, ya que permite la programación de los trabajos que requiere cada tramo para recuperar su capacidad estructural y de esta manera, la preservación del patrimonio vial.

El conocimiento de la capacidad estructural es una variable indispensable para la gestión o administración de los pavimentos, de manera que los costos de reparación o de rehabilitación sean aplicados en los tiempos adecuados. Desde el punto de vista estructural, el objetivo de esta evaluación es realizar obras de conservación a nivel preventivo y no correctivo, como reconstrucciones, para optimizar los costos de conservación de la red. Bajo esta visión, la DGST estableció la obtención de las deflexiones de los pavimentos dentro del Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal.

Las Deflexiones (DEF) de los pavimentos se obtienen a través de la medición en sitios equidistantes, en donde la distancia depende del tipo de red estudiada. Estas mediciones se realizan en tramos abiertos, libres de obstáculos, como topes, plazas de cobro y zonas urbanas. Tampoco se miden en puentes, túneles y en tramos cuya superficie del pavimento presente deterioros de más del 35% de su área.

La frecuencia de medición es bienal, cada dos años, debido a que la degradación, producida por los efectos del clima y de la carga que transita por las carreteras, no ocurre tan rápidamente como sí ocurre con las condiciones superficiales de los tramos. Así, en los años pares se mide la red básica libre, corredores carreteros y la red de autopistas, con la obtención de resultados a cada 500, 200 y 100 metros, respectivamente. En los años noes se evalúa la red secundaria, con mediciones a cada 500 metros.

Equipos de medición

Se emplearon deformómetros o deflectómetros de impacto Falling Weight Deflectometer (FWD), los cuales simulan el efecto repentino del paso de una rueda sobre el pavimento en un periodo de tiempo de 35 ms. Con el FWD es posible determinar las dimensiones y forma la “cuenca de deflexiones” producida por una carga equivalente a un eje sencillo de un vehículo.



Con el equipo FWD se aplica una carga simulada por el impacto de unos pesos, la cual se transmite al pavimento a través de una placa de metal. Los pesos son elevados a la altura requerida para que, con su caída libre guiada y perpendicular a la superficie de la carretera, produzcan una fuerza. Al aplicar esta carga dinámica preestablecida, se miden las deflexiones que se producen en el pavimento con siete sensores, obteniendo la cuenca de deflexión que caracteriza la rigidez del pavimento.

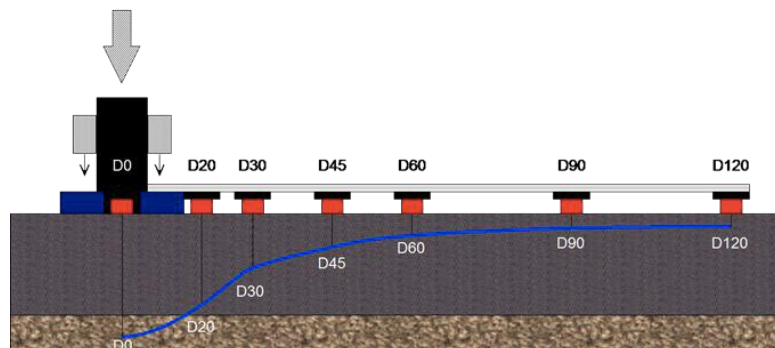


Ilustración 5. Diagrama del Cuenco de Deflexión producido en la estructura de un pavimento

Es importante mencionar que todos los procedimientos se efectuaron de acuerdo con lo establecido en la norma internacional ASTM D4695. Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements. Así mismo, los equipos que se emplearon en las mediciones contaron con la verificación que otorga el Instituto Mexicano de Transporte, para asegurar su confiabilidad.

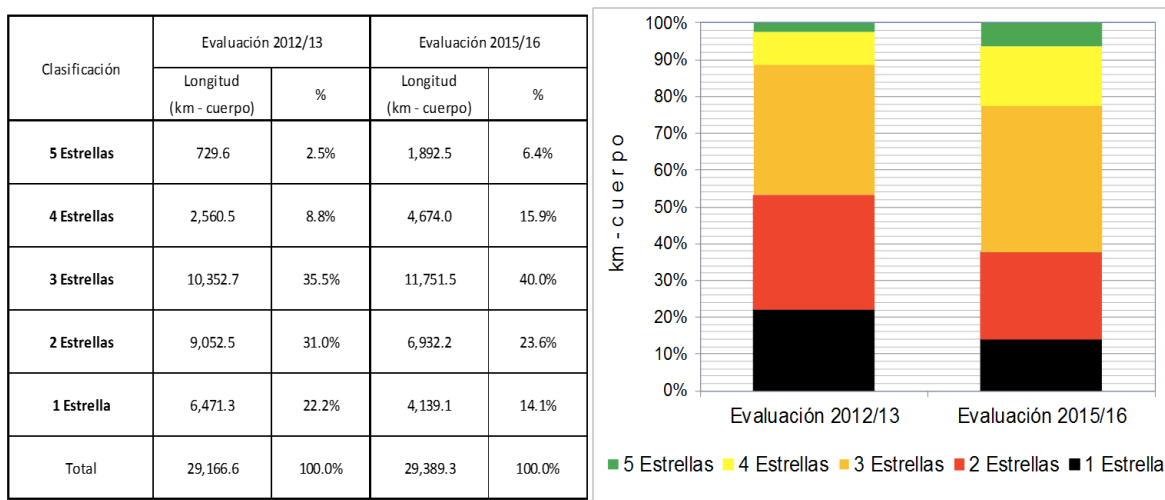
Los programas con los que se trabajaba, varios de ellos aún en operación, son limitados debido a que las soluciones que se implementan son de naturaleza correctiva y no preventiva. Lo anterior sin contar que la Red Carretera Federal es la columna vertebral del sistema de transporte mexicano, cuya construcción inició hace más de 50 años y aunque ha estado sometida a acciones de modernización, todavía presenta características de diseño que no se encuentran acorde con la capacidad de carga y con los requerimientos de la flota vehicular actual.

En consecuencia, la DGST incorporó dentro del Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal, la evaluación y clasificación de la red atendiendo las condiciones de seguridad vial mediante la aplicación de la Metodología iRAP. Esta metodología consiste en la inspección/evaluación detallada, en campo y gabinete, de 62 elementos de las carreteras que tienen impacto ante la ocurrencia de los accidentes. Ésta se realiza mediante un software especializado que realiza mediciones precisas de los elementos de las carreteras (ancho de los carriles, distancia entre el borde de la vía y los peligros fijos, etc.), visualización del posicionamiento de cada elemento, recorrido virtual del tramo, entre otros, con el fin de establecer un nivel de seguridad a la carretera.



Red básica libre y corredores carreteros 2012-2013 / 2015-2016

Como se observa en la siguiente gráfica, las acciones de modernización y conservación aplicadas en la red básica libre y en los corredores carreteros produjeron una mejora en las condiciones de seguridad vial de las carreteras. En particular, la longitud carretera de 1 y 2 estrellas disminuyó 4,452 km, mientras que la longitud de 3, 4 y 5 estrellas aumentó 4,675 km. En consecuencia, en 2019, aproximadamente el 37.7% de esta red se encontraba en 1 y 2 estrellas de seguridad, en comparación con 2015 en donde el 53.2%, más de la mitad, se encontraba en dichas condiciones. En esta red no se consideran las carreteras secundarias de la red libre de peaje a cargo de la SCT.



Gráfica 6. Comparativa 2012 - 2015 de la evaluación de la seguridad vial en la red básica libre y corredores. Gráfica de Ocupantes de vehículos

Fuente: DGST. Elaborado con datos del portal Vida iRAP México

Para caracterizar cada uno de los corredores y de los tramos que los integran, se identificaron, calcularon y presentaron de manera accesible, clara y fácil de entender, diversos indicadores, que son elementos objetivos para conocer su realidad a través del tiempo y son un punto de partida útil para analizar su situación y sustentar la realización de trabajos más detallados para atender sus respectivas problemáticas.

Estos indicadores corresponden a aspectos de la oferta, la demanda y la operación de cada corredor, así como del entorno poblacional y económico dentro del que funciona cada uno de ellos.



3.5 Recursos Materiales y Presupuestos

El Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal se realiza mediante la contratación de los servicios con empresas especializadas del mercado, las cuales aportan los equipos, instalaciones y el personal técnico y de campo necesarios para la ejecución de los trabajos. Esta situación obedece a que la DGST no tiene equipos para procesar y analizar los parámetros superficiales, estructurales y de seguridad vial de las carreteras. El equipo disponible es obsoleto y el que aún cuenta con vida útil es insuficiente y sólo aplicable para mediciones puntuales, por lo que no es posible su uso en la medición de la red carretera.

La Dirección General de Servicios Técnicos sólo cuenta con dos equipos May's Reader Meter para medir el IRI, catalogados como clase 2, lo que significa que la precisión de los resultados es inferior a 80% de confiabilidad, contra $\geq 95\%$ de los equipos de alto rendimiento de clase 1. Además, sólo dispone de un equipo Mu-meter, pero no se cuenta con el camión-pipa ni con el equipo (brigada) para operarlo. Cabe mencionar que se requieren, al menos, cinco equipos para medir la Red Carretera Federal.

Para realizar las mediciones estructurales, no se tienen deflectómetros. Se cuenta con 18 Vigas-Benkelman que son de utilidad en mediciones puntuales, pero no para redes completas y menos de la longitud de la red carretera del país. No se cuenta con equipo para medir la profundidad de roderas, los deterioros superficiales y la macrotextura. Tampoco se cuenta con el equipo para el cálculo y procesamiento del IFI.

En los dos últimos años de la presente administración por falta de recursos presupuestales, el programa y sus componentes se tuvo que ajustar, dejando de medir indicadores como el CF en la red básica (libre y secundaria) que es fundamental para la seguridad de los usuarios, pues muestra el grado de adherencia entre el neumático y el pavimento y en función de sus resultados, se implementan medidas de mejora a la superficie de rodadura. La Red del FONADIN en 2018 no se midió tanto en lo superficial, como en lo estructural y su seguridad vial, en el presente ejercicio fiscal, lo que provoca que la Dirección General de Desarrollo Carretero no cuente con los datos técnicos sustentados para la supervisión del grado de cumplimiento del título de concesión en materia del estado físico y de seguridad de las carreteras, y para autorizar los programas de conservación que le presenta el concesionario. Por razones similares, la red secundaria no ha sido reevaluada.

El recurso que se destine a la auscultación y evaluación de las carreteras, tiene efectos multiplicadores sobre la inversión, porque la toma de decisiones en materia de ejecución de estudios y proyectos se hace sobre bases sustentadas técnicamente y cuando las obras se ejecutan de acuerdo a los proyectos autorizados y elaborados conforme a la normativa, los niveles de servicio, confort y seguridad se mejoran, así como los costos de operación.



Por su situación geográfica, México es un país que está expuesto a fenómenos hidrometeorológicos derivados del cambio climático. Si bien se avanzó en la evaluación de los activos carreteros de 5 estados y 10 autopistas, no es suficiente para proponer un plan estratégico de reforzamiento de la infraestructura, ya que aún no han sido evaluadas las redes de estados litorales como Oaxaca, Chiapas, Guerrero, entre otros. Es por ello, que es indispensable que las autoridades competentes analicen y autoricen los recursos para continuar con los estudios, de manera que se integre el plan antes citado, dentro del área responsable de la conservación de las carreteras.

Los recursos destinados a la reconstrucción de las carreteras que han sido afectadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos son crecientes y se cuenta con la seguridad de que podrían disminuirse con la implementación del Programa de Reforzamiento de sitios vulnerables.

Respecto a la seguridad vial de las carreteras, con la implementación de la metodología iRAP, las Direcciones Normativas de la Subsecretaría de Infraestructura y las Direcciones Generales de Centros SCT cuentan con la clasificación por estrellas de las carreteras a su cargo, la propuesta de contramedidas para cada tramo, su inversión estimada y su costo-beneficio para un horizonte de 20 años. Con esta información, los responsables de conservar y operar las vías pueden detectar, de manera preventiva, pueden determinar los puntos de conflicto y los tramos de riesgo de las carreteras e implementar las soluciones conducentes, en vez de confirmar su existencia a partir de la estadística de accidentes y de la ocurrencia de un cierto número de muertes y lesionados en los caminos.

Los resultados de la auscultación también constituyen insumos para la calificación del estado físico y para la evaluación del señalamiento vertical y horizontal de los tramos carreteros que realiza la DGST. En conclusión, los beneficios del Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal son incuantificables, pues el subsector de infraestructura cuenta con información real y oportuna de las condiciones de la red para diseñar e implementar estrategias de modernización y conservación y maximizar la aplicación de los recursos de inversión; para que se formulen mejores propuestas técnicas de conservación que se traduzcan en el aumento de la vida útil de los pavimentos y la reducción de los costos de operación vehicular y para que se eleve la seguridad vial, mediante la reducción de los puntos de riesgo y las mejoras al señalamiento y dispositivos de seguridad de la infraestructura carretera, entre otros.

El conocimiento de las condiciones físicas en que se encuentra la infraestructura carretera favorecerá la toma de decisiones para su conservación y modernización, así como la asignación de recursos presupuestales, lo que se traducirá en el mejoramiento de los niveles de competitividad de la infraestructura carretera.

La información que genera la DGST y que debe continuar actualizando y mejorando en cuanto a metodologías y procedimientos (IRI, PR, MAC, DET, CF, IFI, DEF y contramedidas para elevar las condiciones de seguridad), debe proveerse a los usuarios del Sector con la oportunidad requerida.



En suma, la demanda de información, normas y procedimientos es generada por:

1. Dirección General de Desarrollo Carretero, por la necesidad de información en tiempo y forma para el seguimiento y control de la conservación de las carreteras concesionadas y la validación de los programas que en esta materia le presentan anualmente los concesionarios, así como para la planeación de la RCF a su cargo.
2. Dirección General de Conservación de Carreteras, ya que la información obtenida en la auscultación, le permite alimentar su sistema de gestión de pavimentos HDM-4 y analizar qué tramos necesitan mantenimiento rutinario o periódico, así como implementar soluciones a los puntos de conflicto que se presentan en las carreteras.
3. Dirección General de Carreteras, para la modernizar tramos de la red básica libre.
4. Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE) y el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C. (BANOBRAS) para determinar los estudios y proyectos que les permitan formular los programas de conservación de los tramos de la red FONADIN.
5. BANOBRAS, concesionario y fiduciario de la red FONADIN, para contar con elementos técnicos que sustenten la autorización de recursos necesarios para que se ejecuten los trabajos de mantenimiento mayor y menor de las autopistas.
6. A la propia DGST para modernizar sus estrategias y metodologías de evaluación aplicables a la red, como la calificación del estado físico de los caminos, la evaluación del señalamiento vertical y horizontal, entre otros.
7. Los Gobiernos de los Estados y Centros SCT para los estudios y proyectos constructivos y obras que se ejecutan con recursos federales.

La auscultación de las carreteras es una herramienta indispensable en el proceso de evaluación del estado físico de las mismas y ésta, debe formar parte del proceso integral de planeación de la Red Carretera Federal.

Este procedimiento es afectado por la organización de las áreas que integran la Subsecretaría de Infraestructura, ya que cada Unidad planea, proyecta y establece los procesos de contratación para la ejecución de las obras y servicios relacionados con las mismas.



En este ciclo, las Direcciones Generales de Carreteras y de Conservación de Carreteras, de manera previa, realizan los estudios y proyectos correspondientes, previo a la programación de las obras a ejecutar. La DGST revisa y valida los que corresponden a la red del FONADIN y los proyectos especiales que le son requeridos, ya que el resto de los proyectos son revisados por sus propias Normativas contratantes y las Residencias Generales correspondientes de los Centros SCT.

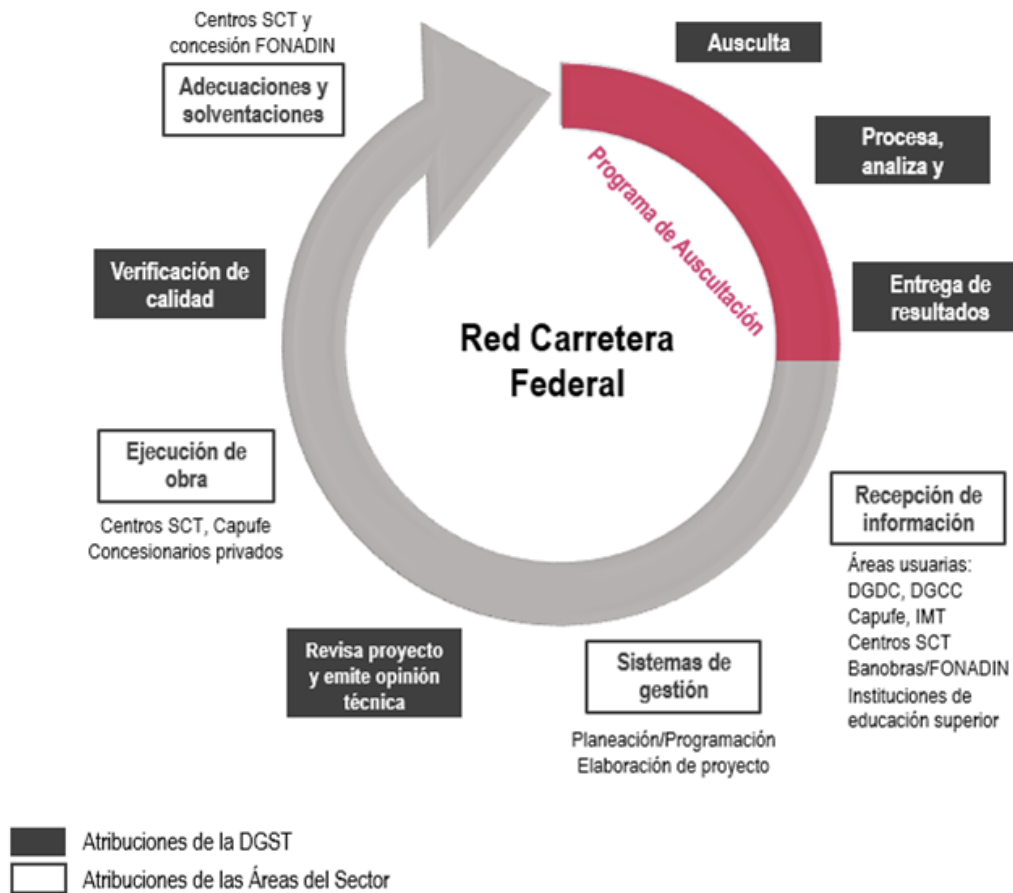


Ilustración 6. Ciclo Integral de Planeación de la Red Carretera Federal

Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos. Elaboración propia.



Capítulo 4 Metodología

4.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

Descripción de la planeación

4.1.1 Planeación

Se realiza la selección de tramos carreteros que serán considerados para reconstrucción o conservación periodica, estos tramos se les dará una escala de prioridad dependiendo de las condicienes de las cuales se encuentren, esta escala parte de lo que son: **Rojo** para tramos carreteros que sus condiciones son aptas para la reconstrucción del tramo, el cual su estructura actual ya no es optimo para el número de usuarios; **Amarillo** para tramos carreteros que sus condiciones son aptas para la reconstrcioón de la estuctura del pavimento, ya que el crecimiento de usuarios viales ha ido en aumento y el pavimento comienza a presentar daños como con baches, entre otros; **Verde** para tramos carreteros que sus condiciones son optimas y su vida util sigue siendo util para el número de usuarios y solo se requiere la conservación periodica como es el riego de sello o freseado.

Considerando los estudios de Auscultación, Deflexiones, Indice de Servicio Actual y Tránsito realizados en los tramos anteriormente ya seleccionados por la Dirección General de Servicios Tecnicos, se determinarán las condicienes del pavimento para establecer las recomendaciones de rehabilitación y programar los trabajos de conservación, evaluando el Indice de Servicio y ofrecer al usuario un camino de calidad.

4.1.2 Planeación en Campo

Como segundo, se realizará un aforo vehicular conforme a la clasificación de tramos carrteros, estos datos serán utilizados posteriormente, se determinarán cada uno de los sentidos que presenta el tramo, este aforo es clasificado por tipo de vehiculos y su clasificación, asi como la hora y fecha por la cual es registrado el aforo. Los datos obtenidos serán vaciados en una hoja de excel, la cual nos ayudará a obtener el Transito Diario Promedio Anual (TDPA) y su porcentaje de cada clasificación vehicular. A su vez se realizará un reporte fotografico del estado del pavimento del tramo carretero en estudio, señalando a los daños que son visibles de la red objeto de estudio. Posteriormente se da inicio a recabar los datos preliminares de la zona del tramo, ya que se presentará el análisis a través de la Unidad de Estudios, con el fin de obtener un dictamen de los trabajos a realizar en la conservación periódica, en la carretera correspondiente en base a los estudios mencionados.



La información recabada para la elaboración del dictamen son los antecedentes del tramo a analizar, proporcionando información como ubicación, clasificación, localización con coordenadas y descripción del tramo carretero, así como proporcionar un Diagrama – Croquis de localización y sus aliniamientos horizontales y verticales.

4.1.3 Mediciones del Estado Superficial del Pavimento

El análisis del comportamiento estructural de los pavimentos tiene como finalidad proveer de elementos técnicos necesarios a las áreas competentes, para priorizar las inversiones en la conservación de la Red, de manera que se alcance en el menor tiempo posible un estado físico bueno, logrando con ello abatir los costos de operación vehicular, preservar el patrimonio carretero y mejorar la seguridad del usuario. En consecuencia, la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST-SCT) contrató al grupo asociado para recabar y analizar información de campo acerca del aporte estructural del pavimento de la red objeto de estudio, mediante la obtención de las deflexiones en el pavimento, así como tomar en cuenta algunas consideraciones como:

- Los requerimientos de los usuarios, lo cuales son cada vez más exigentes en cuanto a la calidad, concretamente, en materia de seguridad, comodidad y economía del transporte.
- El requerimiento de que para conservar un patrimonio es necesario conocerlo, abarca tanto la definición de sus elementos, como el estado físico en que se encuentran las carreteras.
- Así, para conocer el estado actual de la superficie de rodamiento, se tomó el resultado de las mediciones de IRI, PR, Macro textura y Deterioros.

La evaluación estructural consistió en la aplicación de una carga, de magnitud y frecuencia conocidas, sobre la superficie del pavimento, con lo que se registró la curva de deflexiones. La deflexión medida bajo la carga constituyó un indicador global de la integridad estructural del pavimento; así mismo el módulo de elasticidad de las capas del pavimento, que se obtuvo a partir del retro cálculo, es el indicador de la fatiga del pavimento. Finalmente, al combinar lo anterior con el análisis de tránsito, se obtiene la vida remanente del pavimento o en su defecto, el espesor de refuerzo que deberá aplicarse para recuperar la capacidad portante del pavimento.

4.1.4 Estructura del Pavimento

Como sabemos un pavimento está construido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Los pavimentos se dividen en flexibles y rígidos, mismos que se componen muy diferente al aplicarles una carga.



Las diferentes capas que componen el pavimento carretero tienen una función determinada e importantes para la buena conservación de la misma y la seguridad de los usuarios. El pavimento flexible es una estructura formada por las capas que se muestran en la imagen 6. Los materiales de estos pavimentos necesitan tener una gran resistencia al corte para evitar las posibles fallas. De forma que el diseño de este tipo de pavimento se basa en ensayos de penetración, es decir mediante la determinación del valor de soporte V.R.S.; el cual se da como el porcentaje de la carga necesaria para introducir un pistón estandar en un material determinado.

Capa	Espesor (cm)	Observaciones
Carpeta Asfáltica	5.00	Condiciones regulares
Base Hidráulica	15.00	Condiciones regulares
Subrasante	30.00	Condiciones regulares
Terreno Natural	-	-

Ilustración 7. Estructura de Pavimento con Espesores reglamentarios

La capa de rodadura o revestimiento asfáltica tiene como función impermeabilizar el pavimento, para que las capas subyacentes puedan mantener su capacidad de soporte. Prever una superficie resistente al deslizamiento, incluso en la humedad y reducir las tensiones verticales que la carga por eje que ejerce sobre la capa base, para poder controlar la acumulación de deformaciones plásticas de dicha capa.

La capa base tiene las funciones de reducir las tensiones verticales que las cargas por eje, ejercen sobre las capas sub-base y suelo natural. Reducir las deformaciones de tracción que las cargas por eje, ejercen a la capa de revestimiento asfáltico y permitir el drenaje del agua que se infiltra en el pavimento, a través de drenajes laterales longitudinales.

La capa sub-base está constituida por un material de capacidad de soporte superior a la del suelo compactado y se utiliza para permitir la reducción del espesor de la capa base.

El suelo compactado o subrasante mejorada, es el mismo suelo del terraplén que esta escarificado y compactado una cierta profundidad dependiendo de su naturaleza o de las especificaciones del proyecto y para cada tipo de material se determinará un Módulo de Elasticidad.



4.1.5 Índice de Servicio Actual

Para evaluar el estado físico actual del tramo se utilizó el método del Índice de Servicio Actual (ISA), realizando un recorrido para calificar el grado de confort y seguridad que el usuario percibe; efectuando un levantamiento de las condiciones en las que se encuentra la superficie de rodamiento, carpeta, drenaje o cunetas, señalamiento vertical y señalamiento horizontal. La calificación del estado físico actual del tramo se realiza mediante tres evaluadores obteniendo los resultados los cuales son vaciados en una tabla de excel con las características mostradas.

CALIFICACION FINAL POR LOS 4 CALIFICADORES			
CONCEPTO	KM	KM	KM
	0+000 - 0+740		
CORONA	2.2	0.0	0.0
DRENAJE	2.4	0.0	0.0
SEÑALAMIENTO VERTICAL	2.5	0.0	0.0
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL	2.3	0.0	0.0
	2.3	0.0	0.0

Tabla 7. Clasificación del estado físico actual

El Índice de Servicio Actual se obtuvo calificando de una manera subjetiva, en una escala de 0 a 5 de cada uno de los elementos de la carretera promediando los valores obtenidos por los evaluadores, esta información es vaciada en tabla de excel con los datos del tramo carretero y su evaluación.

INDICE DE SERVICIO ACTUAL											
CARRETERA: <u>DISTRIBUIDOR TOCATLÁN (GAZA)</u>					RUTA: <u>DISTRIBUIDOR TOCATLÁN (GAZA)</u>						
TRAMO: <u>DISTRIBUIDOR TOCATLÁN (GAZA)</u>					ORIGEN: <u>SAN JOSE</u>						
SUBTRAMO:		DEL KM	<u>0+000</u>	AL KM	<u>0+740</u>	LONGITUD: <u>0.7 km</u>					
CUERPO :		<u>UNICO</u>			CARRIL: <u>DISTRIBUIDOR TOCATLÁN (GAZA)</u>						
DEL KILOMETRO		<u>0+000</u>									
AL KILOMETRO		<u>0+740</u>									
CALIFICACION ACTUAL DEL PAVIMENTO	EXCELENTE	5									
	MUY BUENO	4									
	BUENO	3									
	REGULAR	2									
	MALO	1									
	MUY MALO	0									
	INTRANSITABLE	0									
CALIFICACION ACTUAL :		<u>2.3</u>									
OBSERVACIONES: <u>INDICE DE SERVICIO PROMEDIO 2.3</u>											
DE ACUERDO A LOS DATOS OBTENIDOS SE DETERMINO QUE EL ESTADO FÍSICO DE LA ZONA EN ESTUDIO ES REGULAR											

Tabla 8. Clasificación actual del pavimento



4.1.6 Estudio de Tránsito.

Con la información recabada en campo por la Unidad de Estudios y los Datos Viales para el año 2020 en el Estado de Tlaxcala, se determinó el TDPA para el tramo en cuestión y su clasificación para determinar los ejes equivalentes al año de revisión,

TDPA	A	B	C2	C3	T352	T353	T352R4	SUMA
521.00	92.59	0.00	3.71	3.70	0.00	0.00	0.00	100.00

Tabla 9. Clasificación del tránsito diario promedio anual

$$TDPA = (1/\text{Factor } K') \times (\text{Volumen Vehicular Máximo de Demanda})$$

Los datos anteriores nos indicarán el tipo de tránsito vehicular, ya sea pesados o ligero son los que predominan en su composición, por lo que en base a esto se determinarán los trabajos que requiere el camino en su conjunto, ya que debido al abandono del mismo, es necesario realizar trabajos de Conservación.

4.2 Revisión de la estructura con el programa de diseño DISPAV-5.

El programa utiliza el planteamiento teórico - experimental propuesto en los informes 324 y 444 del Instituto de Ingeniería, UNAM, complementado con los resultados de las numerosas investigaciones realizadas desde 1964 a 1968 y la información existente en el ámbito internacional. El DISPAV-5 es un programa de tipo interactivo que permite calcular tanto en carreteras de altas especificaciones como carreteras normales. Su fundamento es teórico - experimental y para su aplicación se emplean conceptos y métodos de cálculo mecanicistas.

4.2.1 Tipo de procedimiento

En este caso se va a obtener el diseño de espesores a partir de las características del tránsito y de los materiales disponibles, por lo que se elige la opción DISPAV-5.

4.2.2 Tipo de diseño

Ahora se debe elegir el tipo de camino según la importancia e intensidad del tránsito que vaya a tener durante la vida del proyecto, por lo cual elegimos la opción 2



Rev. 5.0

TIPO DE CAMINO

El programa tiene dos opciones de diseño:

- ☐ Caminos de altas especificaciones, en los que se desea conservar un nivel de servicio alto al final de la vida de proyecto (1.2 cm de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio).
- ☒ Caminos normales en los que se permiten deformaciones del orden de 2.5 cm en la rodada y agrietamiento medio a fuerte, al final de la vida de proyecto.

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Ilustración 8. Tipo de Camino - Dispav5

4.2.3 Transito del proyecto

Se calcula el tránsito del proyecto a partir de la composición del tránsito mezclado por lo que se elige la segunda opción.

Rev. 5.0

TRÁNSITO DEL PROYECTO

Se requiere conocer el tránsito en el carril de proyecto en millones de ejes estándar (ejes sencillos de 8.2 toneladas)

Tiene dos opciones para calcular el tránsito equivalente:

- ☐ Si conoce el tránsito de proyecto, introducirlo directamente
- ☒ Calcularlo a partir del tránsito mezclado

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Ilustración 9. Tránsito de Proyecto - Dispav 5



4.2.4 Datos del tránsito

Se requiere del TDPA en el carril de proyecto considerando un coeficiente direccional y la distribución por carriles. La tasa de crecimiento anual debe estimarse mediante un análisis estadístico. También se requiere el periodo de diseño del pavimento, en años. A continuación se muestra la caratula de la pantalla y los datos introducidos.

Rev. 5.0

TRÁNSITO ACUMULADO EN VEHÍCULOS TDPA

Introduzca los siguientes datos :

TDPA en el carril del proyecto (en vehículos) : 4886

Tasa de crecimiento anual del tránsito en % : 2

Periodo de proyecto, en años : 15

y el tipo de camino

☐ Utilizar Norma del decreto publicado el 7 de enero de 1997

☒ Actualizar pesos según la Norma NOM-012-SCT-2008 2. Tipo B

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Ilustración 10. Tránsito Acumulado en Vehículos TDPA - Dispav5

4.2.5 Composición del tránsito

Tomando en cuenta la información obtenida de la tabla de aforos se considera lo siguiente distribución del tránsito.

Rev. 5.0

COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO

Introduzca el porcentaje de cada tipo de vehículo.

Auto	Tractocamión articulado
A: 87	T2-S1:
Autobús	T2-S2:
B2: 7	T3-S2:
B3:	T3-S3:
B4:	
Camión	Tractocamión doblemente articulado
C2: 5	T2-S1-R2:
C3: 1	T3-S1-R2:
C2-R2:	T3-S2-R2:
C3-R2:	T3-S2-R3:
C2-R3:	T3-S2-R4:
C3-R3:	T3-S3-S2:

La suma hasta el momento es de 100.0%

La suma debe ser igual a 100 %

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Ilustración 11. Composición del Tránsito - Dispav5



4.2.6 Tránsito de proyecto en millones de ejes estándar

Debe recordarse que el tránsito de proyecto se presenta en millones de ejes estándar de 8.2 toneladas métricas por eje sencillo (18,000 libras) de acuerdo con la costumbre internacional.

Rev. 5.0

TRÁNSITO

El tránsito del proyecto, en millones de ejes estándar es :

a) Por fatiga en las capas estabilizadas : 8.3

b) Por deformacion en capas no estabilizadas : 12.8

¿Desea guardar los resultados?

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Ilustración 12. Tránsito - Dispav5

4.2.7 Sección estructural de la carretera

Se realiza la propuesta para analizar pavimentos que contengan dichas capas.

Rev. 5.0

SECCIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA

El programa permite analizar pavimentos que contengan algunas de las siguientes capas (o todas ellas)

Seleccione las capas :

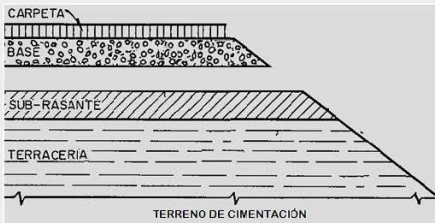
☒ 1. Carpeta

☒ 2. Base

☐ 3. Sub-base

☒ 4. Subrasante

☒ 5. Terracería



Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Ilustración 13. Sección Estructural de la Carretera - Dispav5



4.2.8 Características y módulo de rigidez de los materiales

Se realiza un resumen de las características de los materiales propuestos en base a los ensayos de laboratorio y recomendaciones por el mismo programa. Para el cálculo de esfuerzos, deformaciones unitarias, y desplazamientos verticales se requieren los módulos de rigidez de todas las capas para este caso igualmente se utilizó la recomendación del mismo programa, obteniéndose el siguiente resultado:

Rev. 5.0

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Capa	CBRz %	CBRp %	Módulo de Rigidez (Kg/cm2)	Poisson
1.Carpeta			20000	0.35
2.Base granular (min.80%)	85	85.0	2914	0.35
4.Subrasante (min.15%)	18	18.0	983	0.45
5.Terracería (min.3%)	5	5.0	401	0.45

Se proponen valores para las relaciones de Poisson de cada capa, puede modificarlas si así lo desea.

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Ilustración 14. Características de los Materiales - Dispav5

Para el caso de las demás capas se utilizaran la siguiente fórmula para la obtención del módulo de rigidez:

$$E=130VRSz^{0.7}$$

4.2.9 Diseño por deformación

Una vez concluida la entrada de información el programa calcula los espesores requeridos para evitar la falla prematura por deformación de las capas no estabilizadas con asfalto. El diseño obtenido es el siguiente:



Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino normal. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 12.8 millones de ejes estándar Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	4.0		20000	0.35		3.5
Base granular	20	85.0	2914	0.35	0.5	
Subrasante	30	18.0	983	0.45	2.3	
Terracería	Semi-inf.	5.0	401	0.45	1.8	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	0.5	12.8
Fatiga	3.5	8.3

El diseño no es adecuado.

Tiene las siguientes opciones:

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Ilustración 15. Resultados finales del Proyecto/No Adecuado - Dispav5

Vida remanente del pavimento:

Con los datos obtenidos la vida remanente del camino es menor a un año, por lo que se requiere se realicen trabajos de mantenimiento, para garantizar una movilidad mejor.

4.2.10 Cálculo con nuevos espesores propuestos

En el punto anterior, el diseño resultó no ser adecuado con los espesores existentes, por lo que se proponen nuevos espesores para una vida útil estimada de 15 años y se vuelve a calcular mediante el mismo procedimiento y con los mismos datos de campo, obteniendo lo siguiente:

Rev. 5.0

RESULTADOS FINALES DEL PROYECTO

Camino normal. Nivel de confianza en el diseño: 85.0%

Para un tránsito de 3.1 millones de ejes estándar Vida Previsible

Capa	H cm	CBRz %	E kg/cm2	Poisson	Def	Fatiga
Carpeta	8.0		30000	0.35		1.8
Base granular	20	81.0	2818	0.35	4.3	
Subrasante	30	16.0	905	0.45	16.2	
Terracería	Semi-inf.	5.0	401	0.45	9.2	

	Vida Previsible	Transito Proyecto
Deformación	4.3	3.1
Fatiga	1.8	1.9

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto.
El diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Tiene las siguientes opciones:

Dispav-5 versión 3.0
Rev. 5.0

Ilustración 16. Resultados finales del Proyecto/Adecuado - Dispav5



4.3 Recomendaciones.

El comportamiento del pavimento mostrado no se considera aceptable, tomando en cuenta que el último mantenimiento y conservación se realizó hace varios años, así mismo, la carpeta presenta daños por la misma falta de conservación, lo que ocasiona que no sea adecuada para el volumen de tránsito y el tipo de vehículos que utilizan esta vía.

Por lo anterior, se realizan las recomendaciones para la conservación de un tramo carretero con un buen comportamiento de la estructura del pavimento, ya sea al modificar los espesores de las capas, más sin embargo, y por causas de insuficiencia presupuestal, se recomienda de manera urgente para eficientar el tramo, ejecutar trabajos de conservación de espera, consistentes en capa de rodadura a base de riegos de sello. Así mismo, se recomienda colocar el señalamiento vertical y horizontal para su mejor funcionamiento, ya que actualmente carece del mismo, así como limpieza y desazolve a las obras de drenaje en dicho camino.

4.4 Procedimiento de construcción del Trabajo en Espera

4.4.1 Riego de Sello

Para un período de vida útil de 1 año.

Atendiendo a los estudios realizados, para evitar que la superficie de rodamiento y la estructura del pavimento se continúen deteriorando, se recomienda efectuar al camino trabajos de conservación bajo la metodología siguiente:

1. Limpieza de superficie de rodamiento y acotamientos. Se hará en los lugares que expresamente señale la Secretaría. El equipo que se utilice para la limpieza será el adecuado para obtener la calidad especificada por la Secretaría. La barredora mecánica que se utilice debe tener escoba rotatoria autopropulsada, con el tipo de cerdas adecuadas según el material por remover y la motoconformadora autopropulsada para retirar vegetación o material orgánico e inorgánico en la superficie de rodamiento o en el acotamiento.
2. En caso de observar zonas que presenten inestabilidad (baches), se deberá abrir caja, sacar todo el material y reponerlo con material que cumpla con los requisitos de calidad de carpeta asfáltica, compactándolo al 100 % de su PVSM.
3. Riego de sello premezclado bajo el sistema de aplicación sincronizada y dosificación controlada por computadora, aplicado con emulsión asfáltica ECR-65.



El equipo a utilizar deberá cumplir lo siguiente:

1. Aplicar el agregado, no más de dos segundos después del ligante asfáltico, de manera sincronizada y a un ritmo constante.
2. Contar con un sistema computarizado que permita obtener una alta precisión en el control de la dosificación de la emulsión ($\pm 0.05 \text{ kg/m}^2$). La dosificación debe ser en peso para evitar variaciones por volumen al cambiar la temperatura del ligante. El sistema de riego deberá garantizar la aplicación uniforme de la emulsión en la proporción indicada por la computadora; con dispositivos de limpieza por inyección de aire (sistema neumático) recirculación y calentamiento de barra integrado, para eliminar procesos de calentamiento que agredan al medio ambiente o integridad de los trabajadores y usuarios de la vía de comunicación, así como una aplicación homogénea; cierre/apertura electrónico de espreas para lograr aplicaciones en anchos variables, disminuyendo la posibilidad de derrames durante los trabajos; sistema de desplazamiento (horizontal y vertical) de barra, controlados hidráulicamente para alinear con precisión el riego.
3. Controlar la dosificación del agregado por un sistema computarizado o con dispositivo dosificador, con aproximación de $\pm 0.5 \text{ lts/m}^2$. El equipo de aplicación de gravilla, deberá garantizar la aplicación uniforme del agregado en la proporción determinada por la calibración, utilizando dispositivos de distribución horizontal del agregado; diseño de altura y ángulo de caída del agregado para que el pétreo no "rebote" al caer sobre la superficie y presente el mejor acomodo posible; cierre/apertura electrónica de compuertas, logrando esparcidos en anchos variables.

Previo a la ejecución de cualquier actividad referente a la elaboración de la(s) carpeta(s) de riego(s) y con objeto de que la Dependencia autorice la emulsión ECR-65, el Contratista deberá presentar un estudio donde compruebe que cumplirá con todas y cada una de las características que sean clasificadas por su utilidad de ejecución para "Control de Calidad" y "Aceptación".

Durante la ejecución de los trabajos el Contratista deberá comprobar y la Dependencia verificará que la calidad y características de la emulsión ECR-65 propuesta, y autorizada por la Dependencia, no ha tenido variaciones significativas que afectan negativamente su calidad. Para tal efecto se deberá tomar una muestra de la emulsión directamente del equipo de distribución (petrolizadora), cuya representatividad no sea mayor de 100 metros cúbicos, y se analizará en un Laboratorio de la Dependencia o bien en uno externo acreditado y seleccionado por la misma, de tal manera de evaluar que la emulsión y el asfalto resultante de la destilación, mantienen su regularidad y que cumplen con los tres valores establecidos en las características clasificadas por su utilidad de ejecución para "Aceptación".



4.4.2 Normas Aplicadas

Para este caso, los materiales y procedimientos a utilizar serán los descritos en la normativa siguiente y la que las mismas invoquen:

N.LEG.3/18 Ejecución de Obras.

N.PRY.CAR.10.03.001/01 Ejecución de Proyectos de Señalamiento y Dispositivos para Protección en Obras.

N.CSV.CAR.2.02.001/10 Limpieza de la Superficie de Rodadura y Acotamientos.

N.CSV.CAR.2.05.011/ 01 Instalación de Señalamiento y Dispositivo para Protección en Obras de Conservación.

N.CSV.CAR.3.02.006/10 Fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos.

N.CMT. 4.04/17 Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas.

N.CMT.4.05.002/06 Calidad de Materiales Asfálticos Modificados.

N.CAL.1.01/18 Ejecución del control de calidad durante la construcción o conservación.

N.CAL.2.05.001/05 Aprobación de laboratorios.

N.CMT.4.05.001/06 Calidad de materiales asfálticos.

N.CTR.CAR.1.04.005/15 Riegos de liga.

N.CSV.CAR.2.05.011/01 Instalación de señalamiento y dispositivos para protección en obras de conservación.

N.CSV.CAR.3.02.001/15 Re nivelaciones locales en Pavimentos Asfálticos.

N.CSV.CAR.3.02.002/15 Capas de Rodadura de un Riego.

N.CSV.CAR.2.02.003/16 Bacheo Superficial Aislado.

N.CSV.CAR.2.02.004/15 Bacheo Profundo Aislado.

N.CMT. 4.05.003/16 Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras.

N.CMT. 4.05.004/18 Calidad de Materiales Asfálticos Grado PG.

N.CAL.1.01/05 Ejecución del control de calidad durante la construcción y/o conservación.

N.CAL.2.05.001/05 Aprobación de laboratorios.

N.CMT. 4.04/08 Materiales pétreos para mezclas asfálticas.

N.CMT.4.05.001/06 Calidad de materiales asfálticos.

N.CSV.CAR.3.02.002/00 Carpetas de un riego.

N.CTR.CAR.1.04.005/00 Riegos de liga.

N.CSV.CAR.2.05.011/01 Instalación de señalamiento y dispositivos para protección en obras de conservación.

N.CSV.CAR.3.02.001/00 Renivelaciones locales.

N.CSV.CAR. 3.02.005/06 Carpetas asfálticas de granulometría densa.



Sin embargo, considerando las características de los materiales predominantes en la región, así como costos extraordinarios que se puedan generar al utilizar materiales de bancos más lejanos; se recomienda generar una Especificación Particular para los materiales pétreos que pudieran utilizarse en la construcción de capas de rodadura de un riego, conforme a la normativa N-CMT-4-04 del año 2008 y 2017, respecto a la densidad relativa, considerándola con un indicador mínimo de 2.0.

4.4.3 Propuesta de Señalización Horizontal y Vertical

CATALOGO DE CONCEPTOS DE SEÑALAMIENTO VERTICAL				
TIPO DE SEÑAL	CANT. PIEZAS	DIMENSIONES (cm)	COLOR	DESCRIPCIÓN
SEÑALES PREVENTIVAS				
SP-32	7.000	71X71	FONDO AMARILLO SIMBOLOS, LETRAS Y FILETE NEGRO	CRUCE PEATONAL
SP-33	2.000	71x71		CRUCE ESCOLAR
SP-24	0.000	71X71		TOPE
SP-14	0.000	71X71		ENTRONQUE LATERAL
SP-6	8.000	71X71		CURVA
SEÑALES RESTRICTIVAS				
SR-18	0.000	71X71	FONDO BLANCO ANILLO Y FRANJA DIAMETRAL ROJO REFLEJANTE, SIMBOLO, CARACTERES Y FILETE NEGRO.	NO REBASAR
SR-6	4.000	30XLADO		ALTO
SR-9	6.000	71X71		VELOCIDAD
SEÑALES INFORMATIVAS DE IDENTIFICACION				
SIR-6	0.000	86X239	FONDO BLANCO REFLEJANTE, LETRAS Y NUMEROS EN NEGRO	ZONA URBANA
SIR-6	0.000	86X239		DISMINUYA SU VELOCIDAD
SEÑALES DE DESTINO				
SID-8	2.000	30X178	FONDO VERDE REFLEJANTE, LETRAS Y NUMEROS EN BLANCO	DESTINO
SID-8	0.000	40X239		TURISTICO

Tabla 10. Catalogo de conceptos de Señalamiento vertical

CLASIFICACION DE LAS MARCAS Y DISPOSITIVOS PARA EL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL					
CLASIFICACION	NOMBRE	COLOR	DIMENSIONES	CANTIDAD	UNIDAD
M-1	Raya separadora de sentidos de circulacion.				
M-1.1	Raya continua sensilla	Amarillo	0.10 m ancho	4,500.00	m
M-1.2	Raya discontinua sensilla	Amarillo	0.10 m ancho	500.00	m
M-3	Raya en la orilla del arroyo vial				
M-3.1	Raya en la orilla derecha e izquierda continua	Blanco	0.10 m ancho	10,000.00	m
M-7	Raya para cruce de peatones o de ciclistas				
M-7.1	Raya para cruce de peatones en vias primarias	Amarillo	0.40 m de ancho	27.00	m
RV	Reductores de velocidad	Negro y amarillo	0.60 m de ancho	0.00	m

Tabla 11. Clasificación de las marcas y dispositivos para el señalamiento horizontal



TIPO DE MARCA	RAYAS		BOTON REFLEJANTE O DELIMITADOR			
	CLASIFICACION	NOMBRE	CLASIFICACION	CANT. PIEZAS	UBICACIÓN	COLOR Y ORIENTACION DEL REFLEJANTE
Raya separadora de sentidos de circulación M-1	M-1.1	Continua sensilla	DH-1.1	150.000	Boton reflejante a cada 15 m de curvas y 30 m en tangentes, sobre la raya o en tresbolillo a partir del inicio de la zona marcada.	Amarillo en dos caras.
	M-1.2	Discontinua sensilla	DH-1.2	17.000	Boton reflejante a cada 15 m de curvas y 30 m en tangentes, al centro del espacio entre segmentos marcados.	Amarillo en dos caras.
Raya en la orilla del arroyo vial M-3	M-3.1	Derecha continua	DH-1.10	334.000	Boton reflejante a cada 30 m sobre la raya en carreteras de dos carriles, uno por sentido.	Blanco en dos caras.

Tabla 12. Clasificación de marcas viales



Capítulo 5 Resultados

El comportamiento de pavimentos en la medición del estado superficial del pavimento, serán considerados de acuerdo con los resultados obtenidos por el Software “Dispav” estos resultados serán considerados como **“Aceptables o No Aceptables”**; las deficiencias se mencionarán anteriormente en este trabajo los análisis por los cuales fueron obtenidos en dichos resultados. Indicarán que la estructura actual del pavimento es adecuada debido a que el análisis del método de diseño de pavimento indicando que trabajos se requieren para una vida útil de 15 años, bajo condiciones prevalecientes de la zona de estudio.

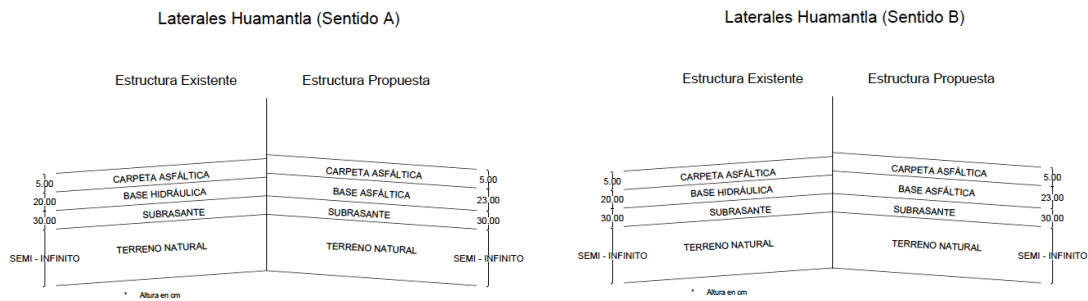


Ilustración 17. Propuesta de Estructura de Pavimento - Huamantla

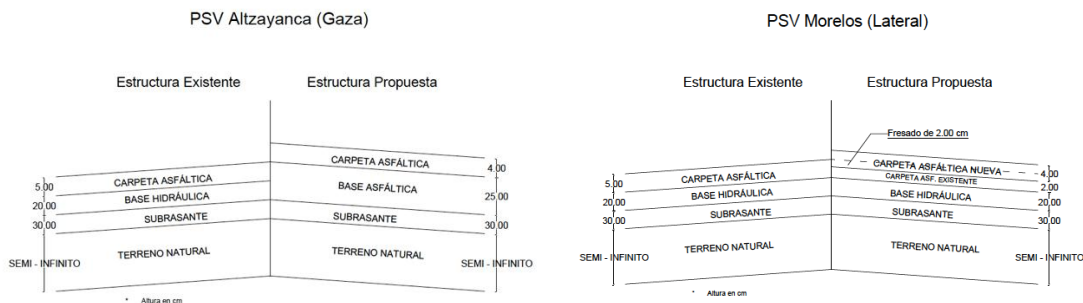


Ilustración 18. Propuesta de Estructura de Pavimento



Ilustración 19. Propuesta de Estructura de Pavimento - Terrenate



Conclusiones y Recomendaciones

La infraestructura carretera es sin duda un factor que eleva la competitividad, reduciendo costos y tiempos de transporte, facilita el acceso a mercados e integra cadenas productivas, contribuyendo así a eliminar desequilibrios regionales, impulsando el desarrollo del estado y comunicándolo con los estados colindantes.

Se espera que en un periodo corto de tiempo se estén construyendo en nuestro país varios tramos de carreteras con pavimentos de estas características que permitan conocer mejor su comportamiento, para obtener los beneficios esperados y contar con pavimentos de mejor desempeño.

Para ello es importante estar atentos a los avances tecnológicos dentro y fuera del país, replicar los casos de éxito y aprender de los errores, aprovechar perfectamente las modernas herramientas de diseño, los nuevos materiales y los nuevos procedimientos de construcción.

Prolongar la vida de las carreteras debería ser un objetivo que el país tuviera que perseguir; además de buscar la reducción de los accidentes carreteros, así como disminuir los enormes costos para la economía nacional y la reparación de las vías motivada por el envejecimiento de la estructura (carpeta asfáltica).

Finalmente expresamos que para lograr aprovechar en forma óptima los procedimientos y tecnologías modernas, es necesario contar previo a la realización de los trabajos con un estudio y proyecto perfectamente realizado que avale la decisión de escoger el procedimiento o la tecnología por aplicar.



Glosario

Conservación periódica: Conjunto de obras a ejecutar en una vía, que se realizan en vías pavimentadas y/o en vías en afirmado, que comprende la realización de actividades de conservación y/o mantenimiento periódico, a intervalos variables, relativamente prolongados, destinados primordialmente a recuperar los deterioros de la capa de rodadura ocasionados por el tránsito y/o por fenómenos climáticos, también podrá contemplar la construcción de algunas obras de drenaje menores y de protección, faltantes en la vía. Las principales actividades son: reconfiguración y recuperación de la banca; limpieza mecánica y reconstrucción de cunetas; escarificación del material de afirmado existente; extensión y compactación de material para recuperación de los espesores de afirmado iniciales; reposición de pavimento en algunos sectores; bacheo y/o parcheo; reconstrucción de obras de drenaje; construcción de obras de protección y drenajes; demarcación lineal y la señalización vertical.

Auscultación: Recolección de información sobre la condición estructural y funcional de un pavimento.

Índice de servicio actual: Consiste en calificar el grado de confort y seguridad que el usuario percibe al transitar por un camino a la velocidad de operación y lo realiza un grupo o panel de valuadores. Cada valuador debe calificar el camino de una manera subjetiva en una escala de 0 a 5, correspondiente a una superficie intransitable y a una superficie en excelentes condiciones, respectivamente.

Índice Internacional de Rugosidad: Relaciona la acumulación del desplazamiento (en valor absoluto), de la masa superior con respecto a la inferior de un vehículo modelo, dividido entre la distancia recorrida sobre un camino transitado por el vehículo a una velocidad de 80 km/hr. EL IRI se expresa en unidades de mm/m, m/km, in/milla, etc. Para un camino pavimentado el rango de la escala del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino prácticamente intransitable.

Fresado: Molienda en frío de la superficie de un pavimento que permite conformarla con las rasantes y pendientes transversales deseadas, removiendo ondulaciones, baches y otras imperfecciones de la capa de rodadura, dejando una superficie de apropiada y resistente al deslizamiento.

Macrotextura: Irregularidades de la superficie de un pavimento con condiciones horizontales comprendidas entre 0.5 y 50 mm y verticales entre 2.0 y 10 mm. La macro textura está ligada al tamaño de los agregados y a la formulación y puesta en obra de la mezcla o tratamiento superficial. Sus longitudes de onda tienen el mismo orden de magnitud de los labrados de la llanta en la interfaz cubierta pavimento. La macro textura es necesaria para una adecuada resistencia al deslizamiento a alta velocidad.



Microtextura: Irregularidades superficiales de un pavimento con dimensiones horizontales comprendidas entre 0 y 0.5 y verticales entre 0 y 0.2 mm. La micro textura está ligada a las asperezas del agregado grueso, del agregado fino y de la superficie del pavimento en contacto con las cubiertas. Proporcionan una sensación más o menos áspera, pero normalmente es muy pequeña para ser visible. Su existencia es necesaria para asegurar una buena resistencia al deslizamiento.

Modelo de pavimento: Esquema teórico que reproduce el perfil y la condición estructural de un pavimento real.

Tránsito diario promedio anual (TDPA): Es el valor de la media aritmética de los volúmenes diarios de flujo vehicular para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la carretera.

Deflexión: Deformación vertical elástica que representa la respuesta del pavimento y la subrasante a la carga aplicada.

Deformación: Cambio que se presenta del pavimento con respecto a su forma original.

Capa de rodadura: Capa superior de un pavimento que sirve para la circulación de los vehículos.

Carpeta: Capa superior de la estructura de pavimento que soporta directamente el tránsito con características adecuadas para el rodamiento. Debe ser impermeable y resistente a efectos de clima, o tener abajo una capa impermeable.

Base: Capa de material que se encuentra inmediatamente debajo de la capa superficial o capas asfálticas. Puede estar compuesta de escoria triturada, roca triturada, grava y arena triturada o sin triturar, o cualquier combinación de estos materiales. También puede ser estabilizada con asfaltos o cemento Portland.

Riego de sello: Es la aplicación de un material asfáltico, cubierto con una capa de material pétreo, de granulometría especial para impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante. También se le conoce como carpeta de riegos.



Referencias bibliográficas y virtuales

Programa de Trabajo 2020. (2020).

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Recuperado 2 de Septiembre de 2020, de gob.mx website:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/567409/Programa_de_Trabajo_2020_SCT.pdf

Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal.

Dirección General de Servicios Técnicos, S. C. T. (2015). Recuperado 5 de Septiembre de 2020, de Sct.gob.mx website:
http://www.sct.gob.mx/fileadmin/Transparencia/rendicion-de-cuentas/MD/44_MD.pdf

Guía de Procedimientos y Técnicas para la Conservación de Carreteras en México. (2015).

Dirección General de Servicios Técnicos, S. C. T. (2014). Recuperado 10 de Diciembre de 2020, de Sct.gob.mx website:
<http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Guias/guia-carreteras.pdf>

Manual para Obtener los Volúmenes de Tránsito en Carreteras. (2020).

Dirección General de Servicios Técnicos, S. C. T. (2016). Recuperado 18 de Septiembre de 2020, de Sct. gob.mx website:
https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Catalogo_Pavimentos/Catalogo.pdf

Manual para Obtener los Volúmenes de Tránsito en Carreteras. (2016).

Dirección General de Servicios Técnicos, S. C. T. (2016). Recuperado 18 de Septiembre de 2020, de Sct. gob.mx website:
https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Catalogo_Pavimentos/Catalogo.pdf

Normativa para la Infraestructura del Transporte: Conservación

Dirección General de Servicios Técnicos, S. C. T. (2020). Recuperado 10 de Enero de 2021, de Normas. imt.mx website:
<https://normas.imt.mx/busqueda-desplegable.html#001>





Anexos

