

Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal

Memoria Documental. DGST





ÍNDICE

	pág.
1. Contenido	1
2. Presentación	2
3. Fundamento legal y objeto de la memoria	4
4. Antecedentes	11
5. Acciones realizadas	15
5.1 Políticas y estrategias establecidas.....	15
5.1.1 El programa y sus componentes	
5.1.2 Umbrales de aceptación/rechazo	
5.1.3 Frecuencia de medición y seguimiento en campo	
5.1.4 Normativa aplicada	
5.2 Resultados del programa.....	21
5.2.1 Condición superficial de la Red Carretera Federal: IRI, PR, MAC y DET	
- Equipos de Alto Rendimiento (EAR)	
- Principales resultados	
5.2.2 Condición superficial de la Red Carretera Federal: CF e IFI	
- Coeficiente de Fricción (CF)	
- Índice de Fricción Internacional (IFI)	
- Metodología aplicada y equipo utilizado	
- Red medida	
- Resultados de la medición del CF	
Resultados en la red de cuota	
Resultados en la red básica libre y corredores carreteros	
Resultados en la red secundaria para el año 2016	
- Estado general de la RCF de acuerdo con su CF en 2017	
5.2.3 Condición estructural de la Red Carretera Federal: Deflexiones	
- Equipos de medición	
- Resultados	
5.2.4 Evaluación y clasificación de la RCF de acuerdo con sus niveles de seguridad vial	
5.2.5 Caracterización de los Corredores Carreteros	
5.2.6 Estudios de Cambio Climático	
6 Aplicación de recursos financieros, presupuestarios, humanos y materiales ... 70	
6.1 Recursos presupuestarios y financieros.....	70
6.1.1 Recursos financieros autorizados y ejercidos	
6.1.2 Avance físico y financiero que guarda el programa	
6.2 Recursos humanos.....	74

6.2.1 Estructura y plantilla del personal	
6.2.2 Organización y capacitación	
6.3 Recursos materiales.....	76
6.3.1 Situación de los bienes muebles e inmuebles	
6.3.2 Recursos tecnológicos, sistemas de cómputo y <i>software</i>	
6.3.3 Bases de datos e información del Programa de Auscultación	
6.4 Convenios, procesos y procedimientos.....	78
6.5 Compromisos y sistemas institucionales.....	81
6.6 Relación de archivos institucionales.....	82
7. Problemática detectada.....	83
8. Resultados alcanzados e impactos identificados.....	85
8.1 Logro de objetivos y resultados en el cumplimiento de las metas comprometidas.....	85
8.2 Efectos e identificación y justificación de proyectos que deben tener continuidad.....	89
8.3 Recomendaciones y propuestas de políticas y estrategias que contribuyen al seguimiento del programa.....	91
9. Prospectivas y recomendaciones.....	94
10. Asuntos relevantes.....	96
11. Conclusión.....	97

Glosario de términos

Siglas y acrónimos

Referencias y fuentes de información

Anexos

- Anexo A. Resultados del Programa de Auscultación a nivel nacional y por tipo de red
- Anexo B. Resultados del estudio para la Caracterización de los 15 Corredores de la Red Carretera Federal.
- Anexo C. Bases de datos e información del Programa de Auscultación
- Anexo D. Sistemas Institucionales. Concentrado de reportes 2013-2018
- Anexo E. Relación de expedientes y contratos celebrados por la DGST para la ejecución del Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal
- Anexo F. Currículum de empresas participantes en el Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros

Cuadro 1. Umbrales de aceptación/rechazo establecidos por la DGST.....	18
Cuadro 2. Frecuencia de medición por parámetro de evaluación y tipo de red.....	19
Cuadro 3. Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal 2013-2018.....	21
Cuadro 4. Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal por indicador, tipo de red y ejercicio fiscal.....	23
Cuadro 5. Clasificación de la condición de los pavimentos en función del Coeficiente de Fricción.....	32
Cuadro 6. Coeficiente de Fricción. Red medida.....	36
Cuadro 7. Entidades cuya red registró mejoras en las condiciones del Coeficiente de Fricción entre 2016 y 2017.....	38
Cuadro 8. Entidades cuya red registró mayores deterioros respecto de su Coeficiente de Fricción entre 2016 y 2017.....	38
Cuadro 9. Entidades cuya red registró los valores más y menos elevados de CF en 2017.....	40
Cuadro 10. Longitud y número de tramos que componen los Corredores Carreteros.....	62
Cuadro 11. Recursos financieros autorizados y ejercidos en el Programa de Auscultación 2013-2018	71
Cuadro 12. Avance físico-financiero que guarda el programa al 31 de julio de 2018.....	73

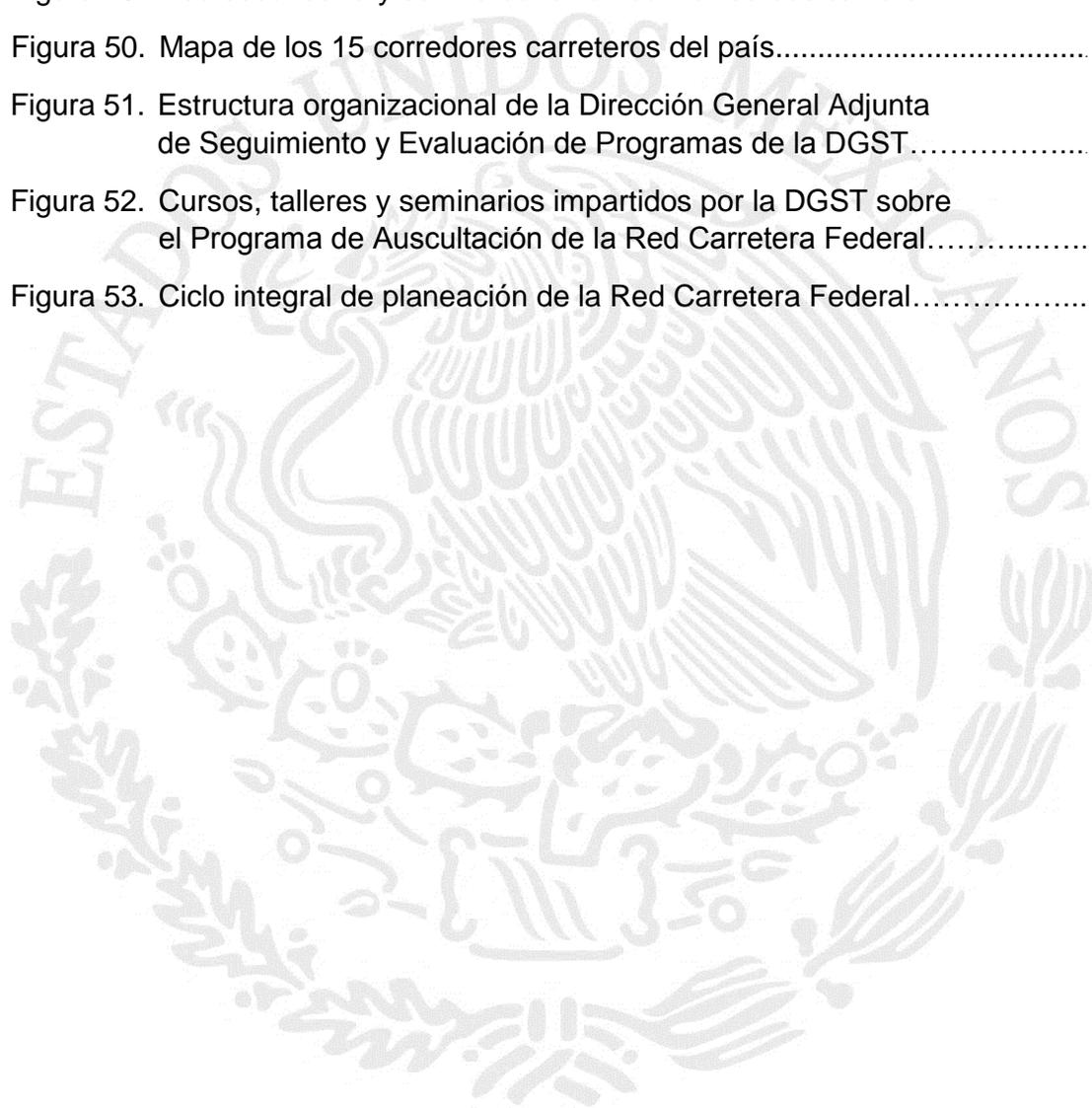
Figuras

Figura 1. Clasificación de la Red Nacional de Carreteras.....	11
Figura 2. Corredores carreteros.....	12
Figura 3. Corredores estratégicos de Norteamérica.....	13
Figura 4. Vehículos con equipo de alto rendimiento para la toma de imágenes panorámicas.....	26
Figura 5. GPS y pantalla del paquete computacional GIS.....	26

Figura 6. Detalle de los emisores láser.....	26
Figura 7. Red de cuota. Resumen de indicadores del estado superficial 2017....	27
Figura 8. Red libre y corredores carreteros. Resumen de indicadores del estado superficial 2017.....	28
Figura 9. Red secundaria. Resumen de indicadores del estado superficial 2017.....	28
Figura 10. IRI por tipo de red y entidad federativa.....	29
Figura 11. PR por tipo de red y entidad federativa.....	29
Figura 12. MAC por tipo de red y entidad federativa.....	30
Figura 13. DET por tipo de red y entidad federativa.....	30
Figura 14. Macrotextura y microtextura.....	34
Figura 15. Mu-Meter modelo Mk6.....	34
Figura 16. Red medida por año para Coeficiente de Fricción	36
Figura 17. Comparativa del CF 2016 y 2017 (no incluye la red secundaria).....	37
Figura 18. Comparativa del CF 2016 y 2017. Autopistas.....	39
Figura 19. Comparativa del CF 2016 y 2017. Red básica libre y corredores carreteros.....	40
Figura 20. Resultados del coeficiente de fricción en la red secundaria en 2016....	41
Figura 21. Comparativa del CF en 2016 entre la red básica libre y los corredores carreteros y la red secundaria.....	42
Figura 22. Estado de la RCF 2017 en función del coeficiente de fricción.....	43
Figura 23. Condiciones de la RCF en 2017 por entidad federativa, según su CF..	43
Figura 24. Diagrama del cuenco de deflexión producido en la estructura de un pavimento.....	45
Figura 25. Condición estructural de la red básica libre y corredores carreteros 2016.....	46
Figura 26. Condición estructural de la red secundaria 2017.....	46
Figura 27. Condición estructural 2016 de la red básica libre y corredores carreteros por entidad federativa.....	47
Figura 28. Condición estructural 2017 de la red secundaria por entidad federativa.....	47

Figura 29. Zonas con mayor grado de afectación estructural. Red básica y corredores carreteros 2016.....	48
Figura 30. Zonas con mayor grado de afectación estructural. Red secundaria 2017.....	49
Figura 31. Condición estructural de la red de cuota 2016 en el Sentido 1.....	50
Figura 32. Condición estructural de la red de cuota 2016 en el Sentido 2.....	50
Figura 33. Estado estructural de la red de cuota Sentido 1.....	51
Figura 34. Estado estructural de la red de cuota Sentido 2.....	51
Figura 35. Condición estructural de las autopistas de la Red de Cuota Nacional (Sentido 1).....	52
Figura 36. Condición estructural de las autopistas de la Red de Cuota Nacional (Sentido 2).....	52
Figura 37. Condición estructural de la red de cuota FONADIN 2016 en el Sentido 1.....	53
Figura 38. Condición estructural de la red de cuota FONADIN 2016 en el Sentido 2.....	53
Figura 39. Estado estructural de la red de cuota FONADIN 2016. Sentido 1 por entidad.....	53
Figura 40. Estado estructural de la red de cuota FONADIN 2016. Sentido 2 por entidad.....	53
Figura 41. Condición estructural de la red de cuota 2016. Concesionarios Privados y CAPUFE. Sentido 1.....	55
Figura 42. Condición estructural de la red de cuota 2016. Concesionarios Privados y CAPUFE. Sentido 2.....	55
Figura 43. Estado estructural de la red de cuota 2016. Concesionarios Privados y CAPUFE. Sentido 1 por entidad federativa....	55
Figura 44. Estado estructural de la red de cuota 2016. Concesionarios Privados y CAPUFE. Sentido 2 por entidad federativa....	55
Figura 45. Diagrama de flujo de la evaluación y clasificación de la RCF aplicando la metodología IRAP.....	58
Figura 46. Comparativa 2012-2015 de la evaluación de la seguridad vial en la red básica libre y corredores. Gráfica de ocupantes de vehículos.....	59

Figura 47. Comparativa 2012-2015 de la evaluación de la seguridad vial en la red de cuota. Gráfica de ocupantes de vehículos.....	59
Figura 48. Evaluación de la seguridad vial en la red secundaria. Gráfica de ocupantes de vehículos.....	60
Figura 49. Red secundaria y su interconexión con la red básica libre.....	61
Figura 50. Mapa de los 15 corredores carreteros del país.....	63
Figura 51. Estructura organizacional de la Dirección General Adjunta de Seguimiento y Evaluación de Programas de la DGST.....	74
Figura 52. Cursos, talleres y seminarios impartidos por la DGST sobre el Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal.....	76
Figura 53. Ciclo integral de planeación de la Red Carretera Federal.....	69



CONTENIDO

El objetivo de la presente Memoria Documental es describir las acciones conceptuales, legales, presupuestarias, administrativas, operativas y de seguimiento, así como los resultados obtenidos en el Programa de *Auscultación de la Red Carretera Federal*. Este documento se integra con los siguientes apartados:

Presentación

Se describe de manera general las principales características del programa, sus componentes, las características técnicas, unidades administrativas participantes, así como el periodo de vigencia y su ubicación geográfica.

Fundamento legal y objetivo de la memoria

Antecedentes

Se describen las circunstancias, situaciones o causas del origen y de la continuidad del programa.

Marco normativo aplicable

Acciones realizadas

Se describen de forma detallada las principales acciones llevadas a cabo para desarrollar y cumplir con el programa.

Recursos humanos, financieros y materiales

Se presenta y puntualiza la aplicación de los recursos humanos, materiales, financieros y presupuestales que fueron necesarios para el desarrollo del programa de Auscultación de la Red Carretera Federal.

Problemática principal

Se describe la problemática principal y las situaciones críticas que afectan el cumplimiento del programa.

Resultados alcanzados e impactos identificados

Objetivos, resultados y metas comprometidas

Se describen los objetivos, las metas y cuáles fueron los resultados en el cumplimiento de las metas comprometidas.

Efectos producidos

Se describen, de manera concreta, los efectos producidos por el programa de Auscultación de la Red Carretera Federal en los aspectos económicos, sociales y tecnológicos.

PRESENTACIÓN

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 19 del Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) es la Unidad 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.

Por lo anterior, la DGST diseñó, 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, a través de la obtención de indicadores de desempeño: Índice de Regularidad Internacional (IRI), Índice de Fricción Internacional (IFI), Profundidad de Roderas (PR), Deterioros Superficiales (DET), Macrotextura (MAC), Coeficiente de Fricción (CF) y Deflexiones (DEF).

El Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal se estableció en 2012 y se ha desarrollado anualmente de 2013 a 2018 en los 31 estados del país. Se encuentra registrado en la Cartera de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), en el Programa Presupuestario (Pp) K033 “*Estudios Técnicos para la Construcción, Operación de Infraestructura de Comunicaciones y Transportes*”, que posteriormente fuera cambiado por la propia SHCP al Pp K043 “*Otros Programas de Inversión*”. De 2015 a la fecha, su registro está autorizado en el Pp K028 “*Estudios de Preinversión*”. Cuenta con indicadores de desempeño en la Matriz de Indicadores de Resultados (MIR) del Programa Presupuestario mencionado y forma parte del Mecanismo de Planeación establecido.

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, permiten clasificar su estado en *bueno, regular y malo o no aceptable*.

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 de los pavimentos ante la acción de las cargas del tránsito. Con esta información es posible calcular la vida remanente de los pavimentos. Con ello, los responsables de planear el mantenimiento

y conservación de la red cuentan 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*) que atiende 62 elementos de riesgo de muertes y heridos graves ante la ocurrencia de un accidente. Con esta metodología se establece una clasificación por estrellas (de 1 a 5) cuyo número es proporcional a su nivel de seguridad y permite a la Dependencia atender de manera preventiva, los puntos y tramos con menores calificaciones. La evaluación de cada tramo está disponible para las áreas competentes de elevar los niveles de seguridad de las carreteras en el Portal *Vida iRAP México*.

Los resultados de cada componente fueron entregados anualmente a las áreas normativas de la Subsecretaría de Infraestructura, ya que son insumos fundamentales para la planeación de la conservación y modernización de los diferentes tramos carreteros. También se utilizaron por la propia DGST en la calificación del estado físico de los caminos y la evaluación del señalamiento vertical y horizontal de la Red Carretera Federal (RCF), entre otros estudios que realiza para la red.

A partir de 2015, con el fin de fortalecer la evaluación de la red, se iniciaron los estudios para medir el impacto de los fenómenos hidrometeorológicos derivados del cambio climático, previa adaptación de la metodología desarrollada por la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC). Al término de la presente administración y en función de los recursos disponibles, se evaluaron los activos carreteros de la Red Carretera Federal libre de peaje de los estados de Baja California Sur, Colima, Hidalgo, Nayarit y Tabasco, así como 10 autopistas del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) de la región sureste del país, habiéndose determinado los puntos vulnerables y de mayor riesgo de la infraestructura y propuesto las acciones de fortalecimiento de dichos activos, para hacerlos más resilientes.

En la presente memoria documental se detallan los componentes, las acciones realizadas, los objetivos, resultados y metas alcanzadas en el periodo 2013-2018 del Programa de *Auscultación de la Red Carretera Federal*, el cual es un proceso fundamental que desarrolla la Dependencia, a través de la DGST, para fortalecer el proceso de planeación de las carreteras y la toma de decisiones.

Ing. Jesús Felipe Verdugo López
Director General de Servicios Técnicos

3. FUNDAMENTO LEGAL Y OBJETIVO DE LA MEMORIA

La presente memoria documental del *Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal* se formula en cumplimiento al *ACUERDO por el que se establecen las Bases Generales para la rendición de cuentas de la Administración Pública Federal y para realizar la entrega-recepción de los asuntos a cargo de los servidores públicos y de los recursos que tengan asignados al momento de separarse de su empleo, cargo o comisión*, publicado en el DOF el 6 de julio de 2017 y el *ACUERDO por el que se establecen los Lineamientos Generales para la regulación de los procesos de entrega – recepción y de rendición de cuentas de la Administración Pública Federal*, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 24 de julio de 2017, en particular a lo estipulado en el Capítulo III, Arts. 39, 40, 41, 42 y 43.

Tiene por objeto documentar las acciones realizadas, el seguimiento y control, así como los resultados y beneficios alcanzados e impactos identificados en la auscultación practicada a las carreteras que componen la Red Carretera Federal por la Dirección General de Servicios Técnicos, en el periodo 2013 – 2018, en cumplimiento a las atribuciones que le confiere el Artículo 19 del Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 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, así como de, participar en el desarrollo de programas tendentes a mejorar las condiciones de seguridad en el sistema vial del país.

Este programa se realizó con base en el marco normativo aplicable, estando vinculado con el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND), el Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018 y el Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018. Además, del siguiente

Marco Normativo Aplicable

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

D.O.F. 1917/02/05. Última reforma D.O.F. 2018/08/27.

Leyes

Ley de Planeación

D.O.F. 1983/01/05 y sus reformas

Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas

D.O.F. 2000/01/04 y sus reformas

Ley Orgánica de la Administración Pública Federal

D.O.F. 1976/12/29 y sus reformas

Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental

Abrogada. D.O.F. 2016/05/09.

Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública

D.O.F. 2015/05/04 y sus reformas. Artículos 3, fracs. V y VI.

Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública

D.O.F. 2017/01/27 y sus reformas. Artículos 3; 11, fracs. V y VI; 12; 15 y 68.

Ley Federal de Responsabilidades Administrativas de los Servidores Públicos

Abrogada. D.O.F. 2016/07/18.

Ley General de Responsabilidades Administrativas

D.O.F. 2016/07/18 y sus reformas

Reglamentos

Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas

D.O.F. 2010/07/28

Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

D.O.F. 2009/01/08 y sus reformas

Art. 19. *Corresponde a la Dirección General de Servicios Técnicos*

Fracc. XXII. Establecer procedimientos y, en su caso, 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.

Fracc. XXIII. Participar en el desarrollo de programas tendientes a mejorar las condiciones de seguridad en el sistema vial del país.

Manuales

Manual de Organización de la Dirección General de Servicios Técnicos

No. Registro: SCT-212-1.O1-A4-2014

Vigencia: octubre 2014

7.4 Corresponde a la Dirección General Adjunta de Seguimiento y Evaluación de Programas.

- *Conducir el desarrollo del Mecanismo de Planeación de la Dirección General de Servicios Técnicos, a través de los procedimientos establecidos, con la finalidad de cumplir en tiempo y forma con lo dispuestos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.*

- *Coordinar la formulación de los programas y presupuestos anuales de Auscultación de la Red Carretera Federal (...), de acuerdo con las metodologías establecidas, con la finalidad de que se transmiten las autorizaciones correspondientes en los periodos establecidos y entren en operación oportunamente.*
- 7.4.1 *Corresponde a la Dirección de Coordinación y Evaluación*
- *Coordinar la formulación del Programa de Trabajo de la DGST y sus unidades foráneas y darle seguimiento estableciendo objetivos y metas.*
 - *Presupuestar y dar seguimiento al programa de estudios y proyectos para conservación de carreteras, supervisando el registro del programa en la Cartera de Inversiones de la SHCP (...).*
- 7.4.1.1 *Corresponde a la Subdirección de Coordinación*
- *Integrar el anteproyecto del presupuesto de inversión de la DGST, a través del Mecanismo de Planeación y la elaboración de los Análisis de Costo Eficiencia con sus Costos Anuales Equivalentes y Fichas Técnicas.*

Manual de Procedimientos de la Dirección General de Servicios Técnicos

No. Registro: 212-2.O1-A4-2015

Vigencia: Julio 2015

MO-212-PR236-P01.- *Auscultación de la Red Carretera Federal*

Decretos

Decreto que aprueba el Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal Correspondiente

Acuerdos

Acuerdo por el que se da a conocer la Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2011-2020

Secretaría de Comunicaciones y Transportes y Secretaría de Salud. DOF: 06/06/2011

Normas

Normativa para la Infraestructura del Transporte (NIT)

Aplicada durante todo el periodo 2013-2018

N·OPR·CAR·3·01/12

Obtención y Presentación de Datos Geoespaciales

Aplicada a partir de 2017

N·CSV·CAR·1·03·004/16

Determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI)

M·MMP·4·07·004/16

Determinación del perfil longitudinal con Perfilómetro Inercial

N·CSV·CAR·1·03·006/16

Determinación de la Macrotextura (MAC)

M·MMP·4·07·007/16	Determinación de la Macrotextura con Equipo Escáner
M·MMP·4·07·008/16	Determinación de la Profundidad Media de la Macrotextura con Perfilómetro Láser
N·CSV·CAR·1·03·009/16	Determinación de la Profundidad de Roderas (PR)
M·MMP·4·07·017/16	Determinación del Perfil Transversal y cálculo de la Profundidad de Roderas con Perfilómetro de Alto Rendimiento
M·MMP·4·07·018/16	Determinación de la Profundidad de Roderas con Equipo Óptico Láser

Aplicada a partir de 2018

N·CSV·CAR·1·03·008	Determinación de los Deterioros Superficiales del pavimento (DET)
M·MMP·4·07·014/17	Determinación de los Deterioros Superficiales del pavimento con Equipo Escáner
M·MMP·4·07·015/17	Determinación de los Deterioros Superficiales del pavimento con Equipo Láser
N·CSV·CAR·1·03·007/17	Determinación del Coeficiente de Fricción (CF)
M·MMP·4·07·010/17	Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Oblicua
M·MMP·4·07·011/17	Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Parcialmente Bloqueada
M·MMP·4·07·012/17	Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Bloqueada
M·MMP·4·07·023	Determinación del Índice de Fricción Internacional
N·CSV·CAR·1·03·010/17	Determinación de las Deflexiones de un pavimento (DEF).
M·MMP·4·07·020/17	Determinación de las Deflexiones con Equipo de Impacto
M·MMP·4·07·021/17	Determinación de las Deflexiones con Equipo de Medición Discontinua
M·MMP·4·07·024	Determinación de la Vida Remanente

Normativa Técnica aplicada 2012-2017

NIT. N·CTR·CAR·1·04·006	Pavimentos, Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente
ASTM-E950-98	<i>Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference</i>
ASTM-E1845-09	<i>Standard Practice for Calculating Pavement Macrotexture Mean Profile Depth</i>
FHWA	<i>Distress Identification Manual Distress Identification Manual (LTTP)</i>
ASTM-E670-09	<i>Standard Test Method for Testing Side Force Friction on Paved Surfaces Using the Mu-Meter</i>

ASTM-D4694-96	<i>Standard Test Method for Deflections with a Falling-Weight-Type Impulse Load Device</i>
ASTM-D4695-03	<i>Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements</i>
Protocolo NMEA 0183	<i>National Marine Electronics Association</i>

Otros

El Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal está alineado con las metas y líneas de acción definidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND) y en los programas sectoriales que a continuación se indican.

Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND)

Meta Nacional “**Un México Próspero**” está enfocada a promover el crecimiento sostenido de la productividad en un clima de estabilidad económica mediante la generación de igualdad de oportunidades. Considera prioritario contar con una infraestructura adecuada y el acceso a insumos estratégicos para que fomenten la competencia y permitan mayores flujos de capital y conocimiento hacia individuos y empresas con el mayor potencial para aprovecharlo.

En esta Meta, en el apartado “*Infraestructura de transporte y logística*” se establece que una economía competitiva a nivel mundial necesita contar con una infraestructura que facilite el flujo de productos, servicios y el tránsito de personas de una manera ágil, eficiente y a un bajo costo. Una infraestructura adecuada potencia la capacidad productiva del país y abre nuevas oportunidades de desarrollo para la población.

Dentro de este Apartado, en el Punto VI. *Objetivos, Estrategias y Líneas de Acción* se encuentran las estrategias y líneas de acción transversales, una de ellas, la Estrategia 4.9.1 determina “*Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia*”.

Para ello define la siguiente línea de acción:

“Fomentar que la construcción de nueva infraestructura favorezca la integración logística y aumente la competitividad derivada de una mayor interconectividad”, y “Evaluar las necesidades de infraestructura a largo plazo para el desarrollo de la economía, considerando el desarrollo regional, las tendencias demográficas, las vocaciones económicas y la conectividad internacional, entre otros”.

En el sector carretero se fijan también las siguientes líneas de acción:

- *Consolidar y/o modernizar los ejes troncales transversales y longitudinales estratégicos, y concluir aquellos que se encuentren pendientes*
- *Mejorar y modernizar la red de caminos rurales y alimentadores*
- *Modernizar las carreteras interestatales*
- *Garantizar una mayor seguridad en las vías de comunicación, a través de mejores condiciones físicas de la red y sistemas inteligentes de transporte*

Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018

Objetivo 1: Desarrollar una infraestructura de transporte y logística multimodal que genere costos competitivos, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social.

Estrategia 1.1 Modernizar, construir y conservar la red de carretera federal, así como mejorar su conectividad bajo criterio estratégicos de eficiencia, seguridad y equidad regional.

Líneas de acción:

- *Consolidar los ejes troncales*
- *Construir, modernizar y conservar carreteras y autopistas, privilegiando los recorridos de largo itinerario*
- *Construir infraestructura que permita brindar mayor seguridad a los usuarios*

Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018

Objetivo 1: Contar con una infraestructura y una plataforma logística de transportes y comunicaciones modernas que fomenten una mayor competitividad, productividad y desarrollo económico y social.

Estrategia 1.1 Desarrollar a México como plataforma logística con infraestructura de transporte multimodal que genere costos competitivos y valor agregado, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social.

Líneas de acción:

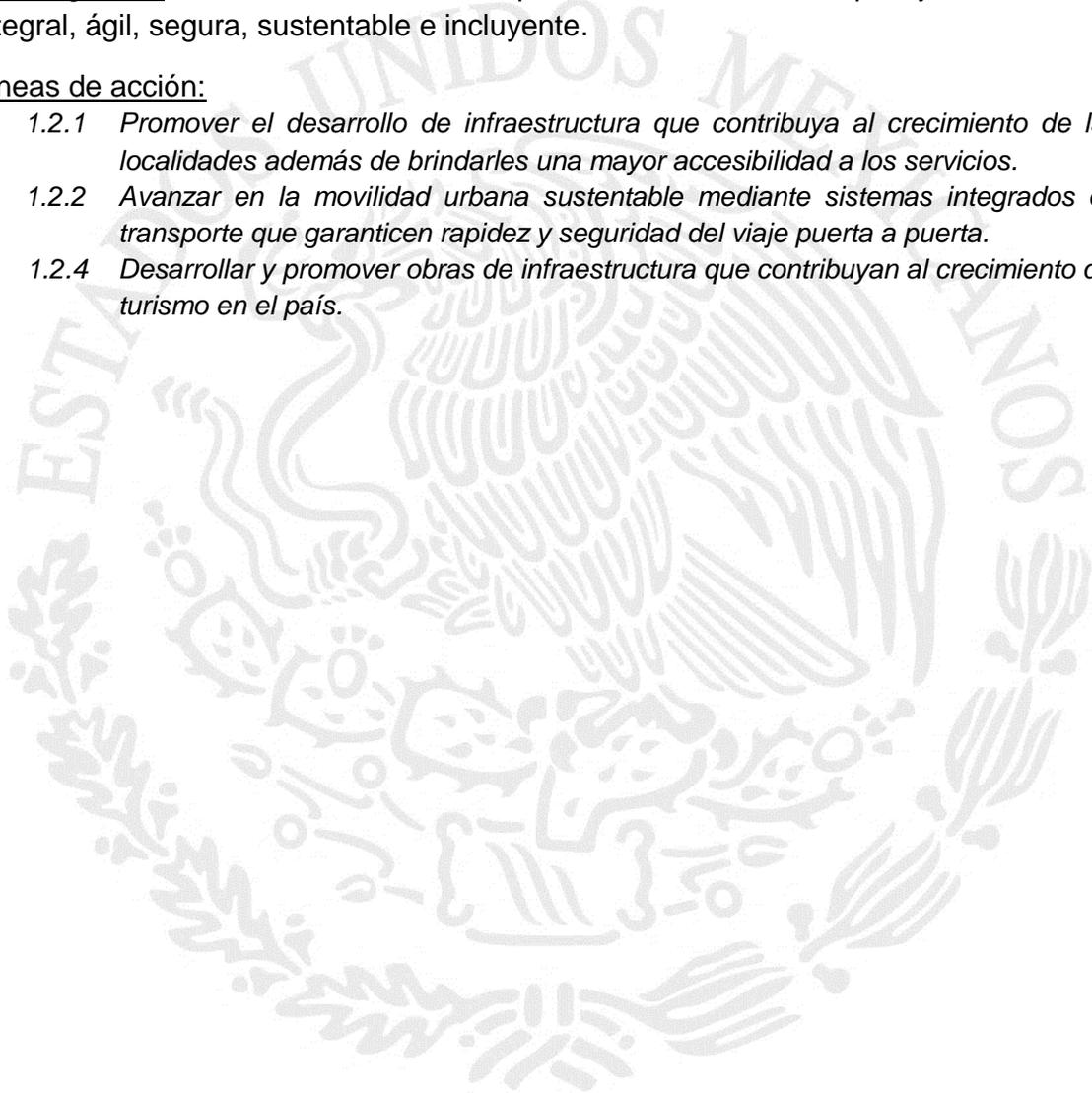
- 1.1.1 *Mejorar la competitividad y eficiencia de la red de transportes a través del desarrollo de infraestructura integral, multimodal y que agregue valor.*
- 1.1.2 *Consolidar corredores logísticos nacionales mediante infraestructura que estructure el territorio nacional en ejes longitudinales y transversales que fortalezcan las cadenas de suministro.*

- 1.1.3 *Facilitar el comercio exterior desarrollando proyectos que agilicen los flujos internacionales de carga y descongestionen los accesos a puertos fronterizos marítimos y terrestres.*
- 1.1.4 *Modernizar y ampliar la infraestructura de transportes de forma que propicie un desarrollo regional equilibrado.*

Estrategia 1.2 Generar infraestructura para una movilidad de pasajeros moderna, integral, ágil, segura, sustentable e incluyente.

Líneas de acción:

- 1.2.1 *Promover el desarrollo de infraestructura que contribuya al crecimiento de las localidades además de brindarles una mayor accesibilidad a los servicios.*
- 1.2.2 *Avanzar en la movilidad urbana sustentable mediante sistemas integrados de transporte que garanticen rapidez y seguridad del viaje puerta a puerta.*
- 1.2.4 *Desarrollar y promover obras de infraestructura que contribuyan al crecimiento del turismo en el país.*



4. ANTECEDENTES

El sistema carretero es el principal componente del sistema de transporte nacional. 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 primordial 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 377,659 km de longitud distribuidas como se muestra en la Figura 1.

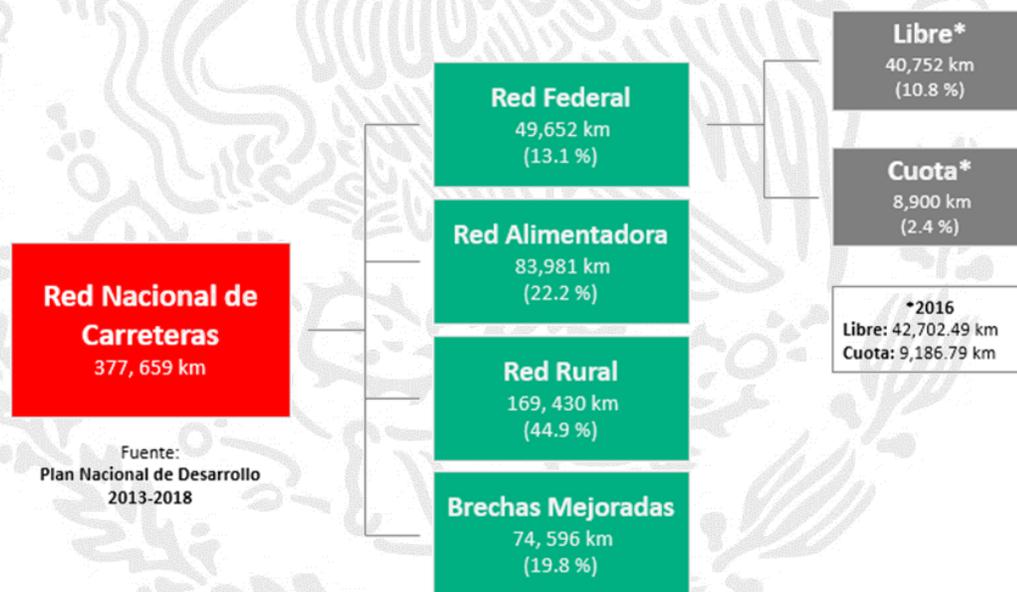


Figura 1. Clasificación de la Red Nacional de Carreteras

Fuente: Plan Nacional de Desarrollo 2013 - 2018

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

adaptarla 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 15 corredores carreteros que son el conjunto de tramos y puentes, libres y de cuota, que enlazan las regiones del país y que conectan los puntos importantes generadores y receptores de carga y de pasaje (Figura 2).



Figura 2. Corredores carreteros

Fuente: Dirección de Coordinación y Evaluación, DGST

Algunos corredores carreteros de nuestro país, como *México – Nogales*, *Querétaro – Cd. Juárez*, *México – Nuevo Laredo* y *Veracruz – Matamoros*, forman parte de los corredores estratégicos que conectan Norteamérica (México – Estados Unidos y Canadá) y permiten el traslado de bienes y servicios con orígenes o destinos internacionales, por lo que es importante que se encuentren en buenas condiciones físicas (superficiales y estructurales) y de seguridad vial (Figura 3).

Asimismo, 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). También ha ejecutado la calificación del estado físico de los caminos.

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 Servicios Técnicos (UGST) adscritas a los Centros SCT, quienes aplicaban cuestionarios técnicos con base en los cuales se otorgaba una puntuación ponderada a criterio del evaluador. Esta calificación aún se realiza dos veces al año en las carreteras de cuota y una vez al año en las carreteras libres de peaje, sin embargo, éstas últimas se empezaron a calificar en 2015 con base en los resultados obtenidos en el programa de auscultación, el cual se describe más adelante.

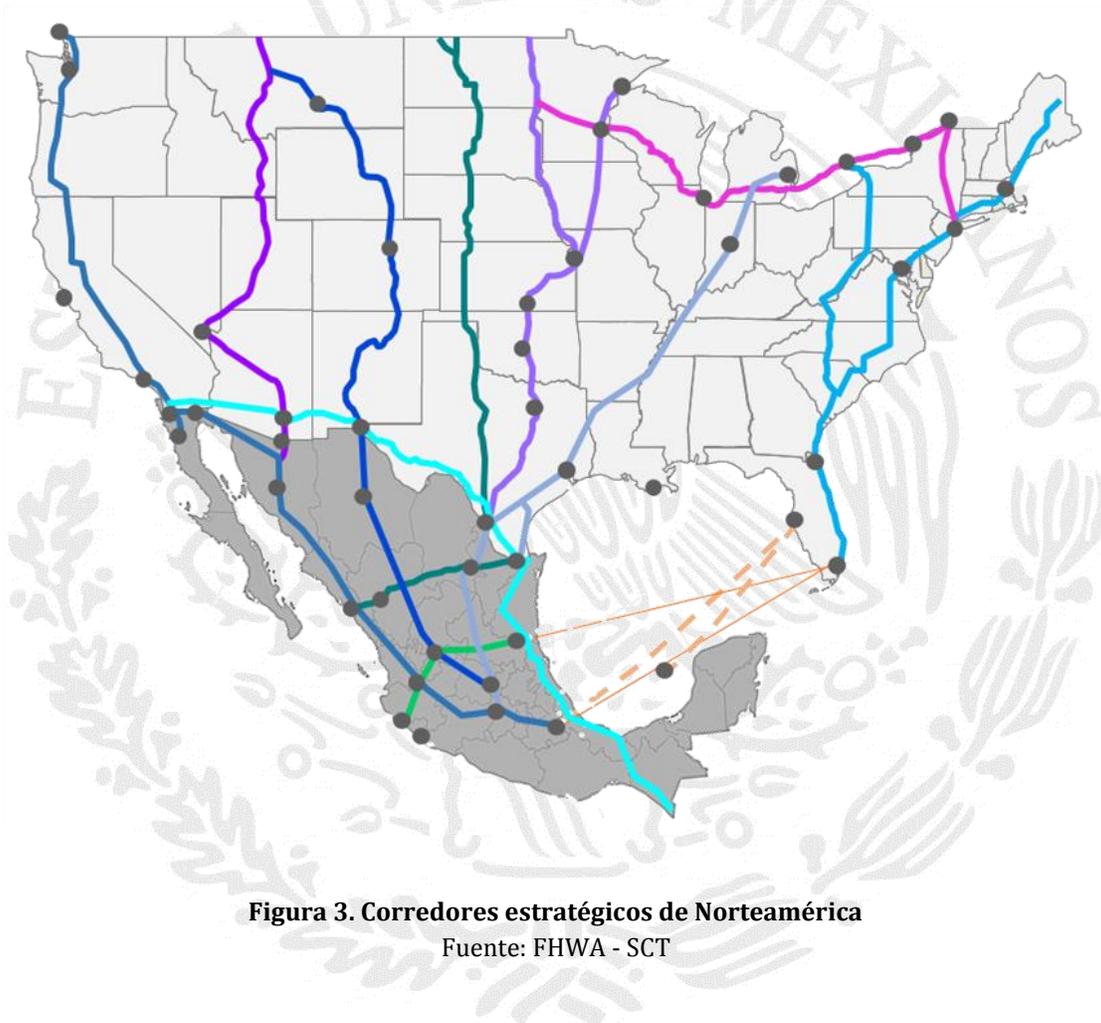


Figura 3. Corredores estratégicos de Norteamérica

Fuente: FHWA - SCT

Con respecto a la medición de indicadores, el IRI es un parámetro de referencia de la calidad de la superficie de rodadura de una 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 de la seguridad vial de la red, los puntos negros y los tramos de conflicto¹ 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, ocurren cuatro o más accidentes o un accidente con muertes 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 muertes o cuatro 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 metodologías y prácticas recomendables de aplicación internacional, eliminando el criterio subjetivo del evaluador e impulsando las acciones de tipo preventivo. La entrega de esta información a las áreas responsables de modernizar y conservar las carreteras constituye un soporte en la planeación y gestión de las acciones que determinen conductas.

¹ Ver *Punto negro o Punto de conflicto y Tramo de conflicto* en el Glosario de términos.

5. ACCIONES REALIZADAS

5.1 Políticas y estrategias establecidas

En 2012, la Dirección General de Servicios Técnicos, atendiendo las atribuciones que le confiere el Artículo 19 del 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 al 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 de 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 (automovilistas, ciclistas, peatones y motociclistas). Después de una investigación de mercado, se determinó utilizar la metodología iRAP (*International Road Assessment Programme*), la cual ha sido aplicada exitosamente en más de 70 países de América, Asia, Europa y Oceanía.

Al respecto, antes de 2012, la SCT no contaba con una metodología ni con un sistema que incorporara los atributos paramétricos necesarios para establecer las acciones preventivas y correctivas en materia de seguridad vial de la red. Hasta ese año, los programas y sistemas con los que se trabajaba, algunos aún en operación, eran limitados debido a que las soluciones implementadas son de naturaleza correctiva, como las que se establecen en el Programa Nacional de Atención de Puntos de Conflicto.

En este contexto, la Dirección General de Servicios Técnicos, a través de la Dirección General Adjunta de Seguimiento y Evaluación de Programas, estableció en 2012 el

Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal, como un proceso para realizar la medición, análisis, diagnóstico y evaluación de las condiciones superficiales, estructurales y de seguridad vial de los tramos carreteros y determinar sus indicadores de desempeño.

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.

5.1.1 El programa y sus componentes

El Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal se estableció en 2012 y quedó registrado en la Cartera de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), en el Programa Presupuestario (Pp) K033 “*Estudios Técnicos para la Construcción, Operación de Infraestructura de Comunicaciones y Transportes*”, que posteriormente fuera cambiado por la propia SHCP al Pp K043 “*Otros Programas de*

Inversión". De 2015 a la fecha, su registro está autorizado en el Pp K028 "*Estudios de Preinversión*". Cuenta con indicadores de desempeño en la Matriz de Indicadores de Resultados (MIR) del Programa Presupuestario mencionado y forma parte del Mecanismo de Planeación establecido.

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, permiten clasificar su estado en *bueno*, *regular* y *malo* o *no aceptable*², siendo éstos 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 de los pavimentos ante la acción de las cargas del tránsito. Es importante señalar 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 (*Ground Penetrating Radar*)³. Con ambos insumos, se calculan los módulos de elasticidad, lo 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 cuentan 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

² En la Normativa para la Infraestructura del Transporte se establece la clasificación de *Bueno*, *Regular* o *Aceptable* y de *Malo*, *No Aceptable* o *No Satisfactorio* dependiendo de cada uno de los parámetros (IRI, PR, MAC, DET, CF o DEF). En general, el estado *Regular* o *Aceptable* reporta condiciones que deben ser consideradas en los trabajos de conservación para que el estado físico mejore. El estado *Malo*, *No Aceptable* o *No Satisfactorio* implica acciones de conservación periódica más intensas que pueden incluir la reconstrucción. En los casos de estado físico *Regular* y *Malo* y *No satisfactorio* o *No aceptable*, los tramos deben ser estudiados con mayor profundidad para generar la solución más conveniente para ellos.

³ En el Glosario de términos se presenta la definición de cada uno de los parámetros superficiales y estructurales medidos y evaluados en el Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal.

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.

5.1.2 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 relacionados 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 Intemacional (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

Macrotectura (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	>0,80	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

Cuadro 1. Umbrales de aceptación/rechazo establecidos por la DGST

Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos, Dirección de Estudios

5.1.3 Frecuencia de medición y seguimiento en campo

Debido a los efectos 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 *nones* 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 (Cuadro 2).

En lo correspondiente a la evaluación y clasificación de las carreteras atendiendo a su seguridad vial bajo la metodología iRAP, ésta 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 contaron con los elementos y dispositivos de tránsito necesarios para garantizar la seguridad tanto de las brigadas como de los usuarios de las carreteras. Asimismo, 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

*La medición de los indicadores se realiza de forma continua y los resultados se reportan en las longitudes indicadas.

Cuadro 2. Frecuencia de medición por parámetro de evaluación y tipo de red

Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación

5.1.4 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 elaborar 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 2018, 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	<i>Determinación de la Macrotextura (MAC)</i>
N·CSV·CAR·1·03·007	<i>Determinación del Coeficiente de Fricción (CF)</i>
N·CSV·CAR·1·03·009	<i>Determinación de la Profundidad de Roderas (PR)</i>
N·CSV·CAR·1·03·010	<i>Determinación de las Deflexiones de un pavimento (DEF).</i>
M·MMP·4·07·003	<i>Determinación del perfil longitudinal con Equipo Escáner Transversal</i>
M·MMP·4·07·004	<i>Determinación del perfil longitudinal con Perfilómetro Inercial</i>
M·MMP·4·07·005	<i>Determinación del Perfil Longitudinal con Equipo de Tipo Respuesta</i>
M·MMP·4·07·006	<i>Determinación del Perfil Longitudinal con Nivel y Estadal para el Cálculo del Índice de Regularidad Internacional</i>
M·MMP·4·07·007	<i>Determinación de la Macrotextura con Equipo Escáner</i>
M·MMP·4·07·008	Determinación de la Profundidad Media de la Macrotextura con Perfilómetro Láser
M·MMP·4·07·009	<i>Determinación de la Profundidad Media de la Macrotextura de un Pavimento por el Método del Círculo de Arena</i>
M·MMP·4·07·010	<i>Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Oblicua</i>
M·MMP·4·07·011	<i>Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Parcialmente Bloqueada</i>
M·MMP·4·07·012	<i>Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Bloqueada</i>
M·MMP·4·07·013	<i>Determinación del Coeficiente de Fricción con Péndulo Inglés</i>
M·MMP·4·07·014	<i>Determinación de los Deterioros Superficiales del pavimento con Equipo Escáner</i>
M·MMP·4·07·015	<i>Determinación de los Deterioros Superficiales del pavimento con Equipo Láser</i>
M·MMP·4·07·016	<i>Determinación de los Deterioros Superficiales del pavimento mediante Inspección Visual</i>
M·MMP·4·07·017	<i>Determinación del Perfil Transversal y cálculo de la Profundidad de Roderas con Perfilómetro de Alto Rendimiento</i>
M·MMP·4·07·018	<i>Determinación de la Profundidad de Roderas con Equipo Óptico Láser</i>
M·MMP·4·07·019	<i>Determinación de la Profundidad de Roderas con Equipo de Bajo Rendimiento</i>
M·MMP·4·07·020	<i>Determinación de las Deflexiones con Equipo de Impacto</i>
M·MMP·4·07·021	<i>Determinación de las Deflexiones con Equipo de Medición Discontinua</i>
M·MMP·4·07·022	<i>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	
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>
Auditorias de seguridad vial	
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>

5.2 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. Asimismo, se midieron 291,744 km-estudio en los que se obtuvo el coeficiente de fricción, 220,616 km-estudio en los que se midieron sus 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

Nota: Incluye la obtención de los parámetros superficiales y estructurales del inicio del programa, medidos en el segundo semestre de 2012 y procesados, codificados y reportados en el primer cuatrimestre de 2013

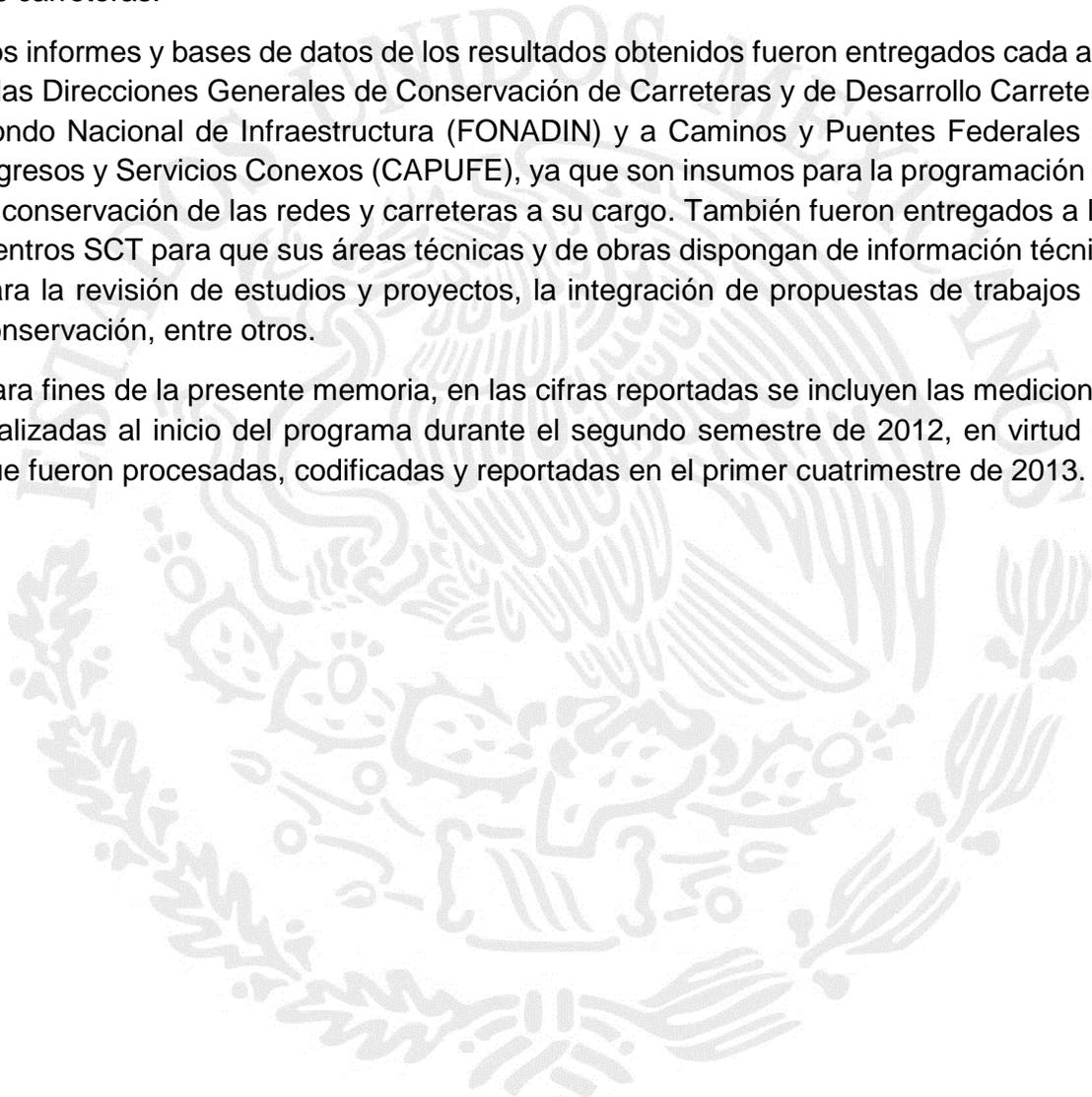
Cuadro 3. Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal 2013-2018

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 cómo 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 otros.

Para fines de la presente memoria, en las cifras reportadas se incluyen las mediciones realizadas al inicio del programa durante el segundo semestre de 2012, en virtud de que fueron procesadas, codificadas y reportadas en el primer cuatrimestre de 2013.



Subprograma	Indicador	2012	2013	2014
Evaluación superficial de los pavimentos, incluye iRAP	IRI, PR, MAC y DET	RC, CC y RBL (iRAP) 46,233 km-carril	RS y CE (iRAP) 19,137 km-carril	RC 25,366 km-carril
		46,233 km-carril	44,503 km-carril	56,287 km-carril
Determinación del Coeficiente de Fricción de la superficie de rodadura de los pavimentos	CF (μ)	RC, CC y RBL 46,233 km-estudio	RS y CE 19,137 km-estudio	CC y RBL 29,726 km-estudio
		46,233 km-estudio	19,137 km-estudio	42,601 km-estudio
Obtención de elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos	Deflexión 700 KPa	RC, CC y RBL 46,233 km-estudio	RS y CE 19,137 km-estudio	CC 13,875 km-estudio
		46,233 km-estudio	19,137 km-estudio	42,601 km-estudio
Obtención de los espesores y tipo de material de las distintas capas que conforman la estructura del pavimento	Espesor y tipo de material	RC, CC y RBL 46,233 km-estudio	RS y CE 19,137 km-estudio	RC 12,875 km-estudio
		46,233 km-estudio	19,137 km-estudio	7,615 km-estudio

Cuadro 4. Programa de Auscultación de la Red Carretera
Fuente: DGST, Dirección de Coordinación Programa de

2015	2016	2017	2018
CC, RBL (iRAP) 29,726 km-carril RS 17,530 km-carril	RC (iRAP) 27,054 km-carril	CC, RBL 29,726 km-carril RS 17,530 km-carril	RC 29,369 km-carril
74,310 km-carril	76,625 km-carril	CC, RBL 29,660 km-carril RS 17,952 km-carril	RC 14,548 km-carril
CC, RBL y RS 47,256 km-estudio	RC 13,502 km-estudio	CC, RBL y RS 43,849 km-estudio	RC 14,044 km-estudio
60,758 km-estudio	57,893 km-estudio	CC y RBL 29,660 km-estudio	RC 7,215 km-estudio
RS 17,530 km-estudio	CC 13,854 km-estudio RBL 15,872 km-estudio	RS 14,947 km-estudio	CC 13,270 km-estudio RC 7,615 km-estudio
17,530 km-estudio	43,770 km-estudio	14,947 km-estudio	36,398 km-estudio

Simbología

- RC. Red de Cuota
- CC. Corredores Carreteros
- RBL. Red Básica Libre
- RS. Red Secundaria
- CE. Carreteras Estatales que interconectan a los ejes troncales
- * FONADIN financió la auscultación de su red con recursos del propio Fondo

Federal por indicador, tipo de red y ejercicio fiscal
y Evaluación, elaborado con datos del
Auscultación de la RCF

5.2.1 Condición Superficial de la Red Carretera Federal: IRI, PR, MAC y DET

Con el fin de conocer el estado físico de las carreteras, en el periodo 2013-2018, la DGST evaluó la condición superficial del pavimento de las carreteras que conforman la RCF con Equipos de Alto Rendimiento (EAR). Los indicadores obtenidos durante la auscultación y que fueron analizados respecto de los Umbrales de aceptación/rechazo establecidos por la DGST fueron: el Índice de Regularidad Internacional (IRI), la Profundidad de Roderas (PR), la Macrotextura (MAC) y Deterioros superficiales (DET).

Las mediciones de los indicadores en campo se realizaron en temporada de secas, debido a que la presencia de pavimento mojado 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 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

Equipos de Alto Rendimiento (EAR)

Imágenes panorámicas

Para la toma de las imágenes panorámicas los equipos contaron con un sistema compuesto de cámaras digitales, lentes, instrumentos de medición de distancias (odómetro y DMI), unidad de almacenamiento y proceso de imágenes. Con estos equipos se obtuvieron perspectivas de vista frontal, frontal derecha, frontal izquierda, lateral derecha y trasera de los tramos auscultados y así, fue posible estructurar un mosaico fotográfico para visualizar varios puntos en un sitio dado de la carretera (cadenamiento). Ver Figura 4.

Coordenadas geográficas

Para la obtención de las coordenadas se utilizó un sistema de navegación GPS. De forma complementaria, se utilizó un navegador inercial para garantizar la obtención de coordenadas geográficas en zonas sin cobertura GPS.

Como resultado de esta actividad, se generó una base de datos con las imágenes de la perspectiva del camino a cada 20 metros, referenciadas al cadenamiento y a las coordenadas, tanto geográficas como UTM (Figura 5).



Figura 4. Vehículos con equipo de alto rendimiento para la toma de imágenes panorámicas

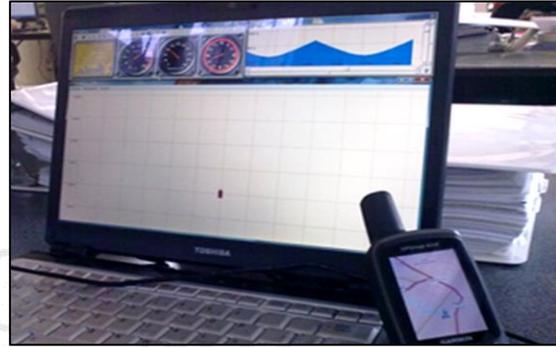


Figura 5. GPS y pantalla del paquete computacional GIS

Sistema LCMS

Para la obtención de los deterioros superficiales de las carreteras, se utilizó el sistema LCMS (*Laser Crack Measurement System*) con el que se realizó el “barrido” 3D del perfil longitudinal y transversal del pavimento (Figura 6).



Figura 6. Detalle de los emisores láser

Principales resultados

Como resultado de los trabajos realizados y considerando los Umbrales de aceptación/rechazo establecidos por la DGST, se presentan a continuación los resultados obtenidos a nivel nacional por tipo de red en 2017, ya que los correspondientes a 2018 se encuentran en proceso de gabinete, a la fecha de la elaboración de esta memoria. En el **Anexo A** se presentan individualmente.

Durante los trabajos de campo, se mantuvo el monitoreo de los equipos de medición mediante un sistema de rastreo satelital que permitió 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.

Red de cuota

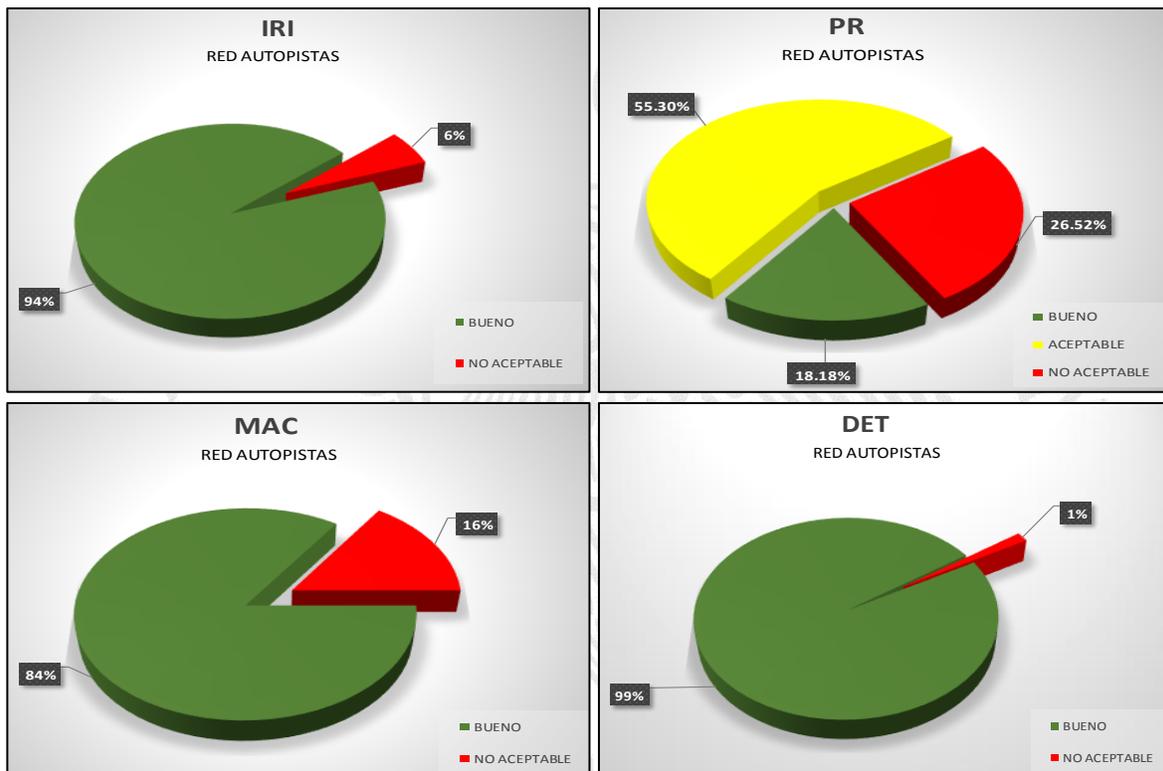
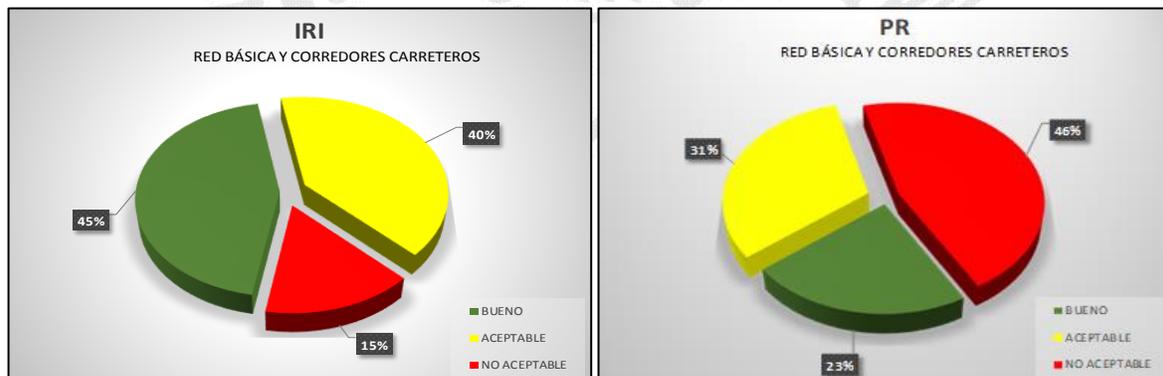


Figura 7. Resumen de indicadores del estado superficial 2017

Red básica libre y corredores carreteros



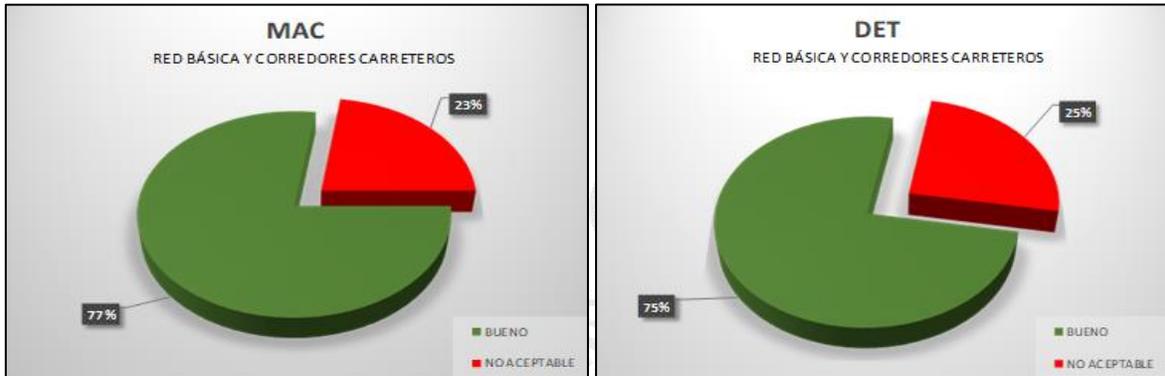


Figura 8. Resumen de indicadores del estado superficial 2017

Red Secundaria

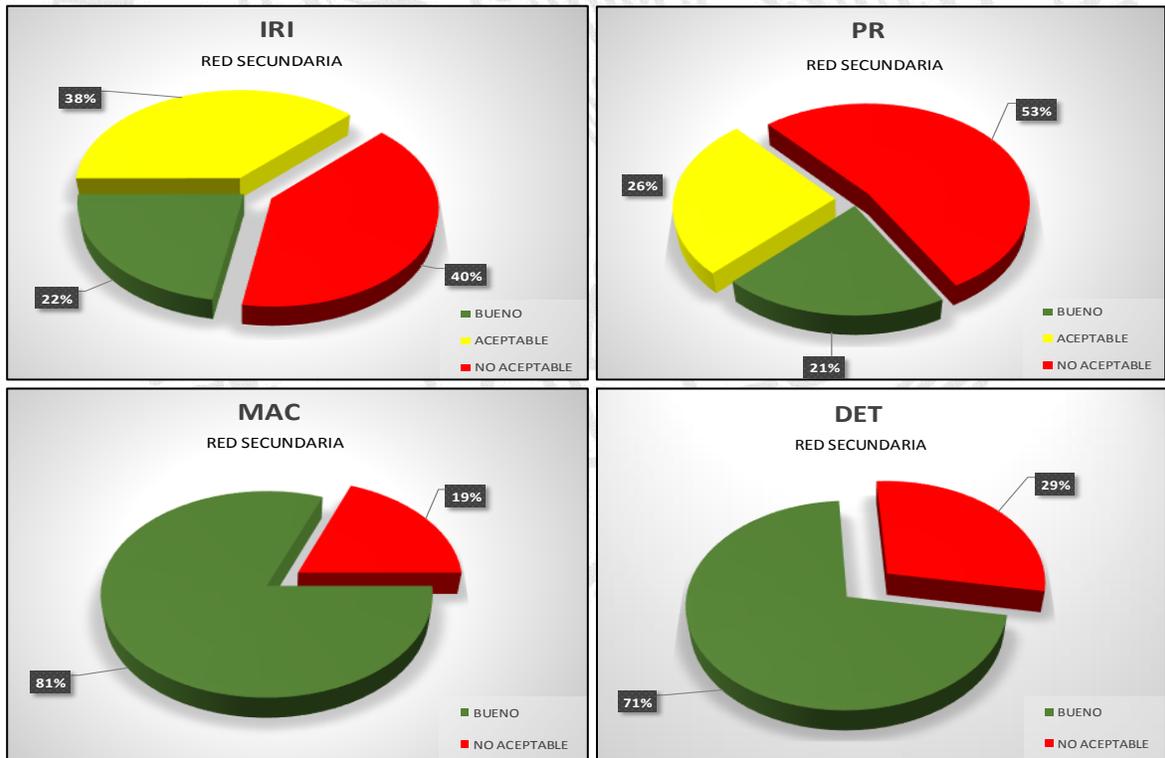


Figura 9. Resumen de indicadores del estado superficial 2017

Resultados por entidad federativa

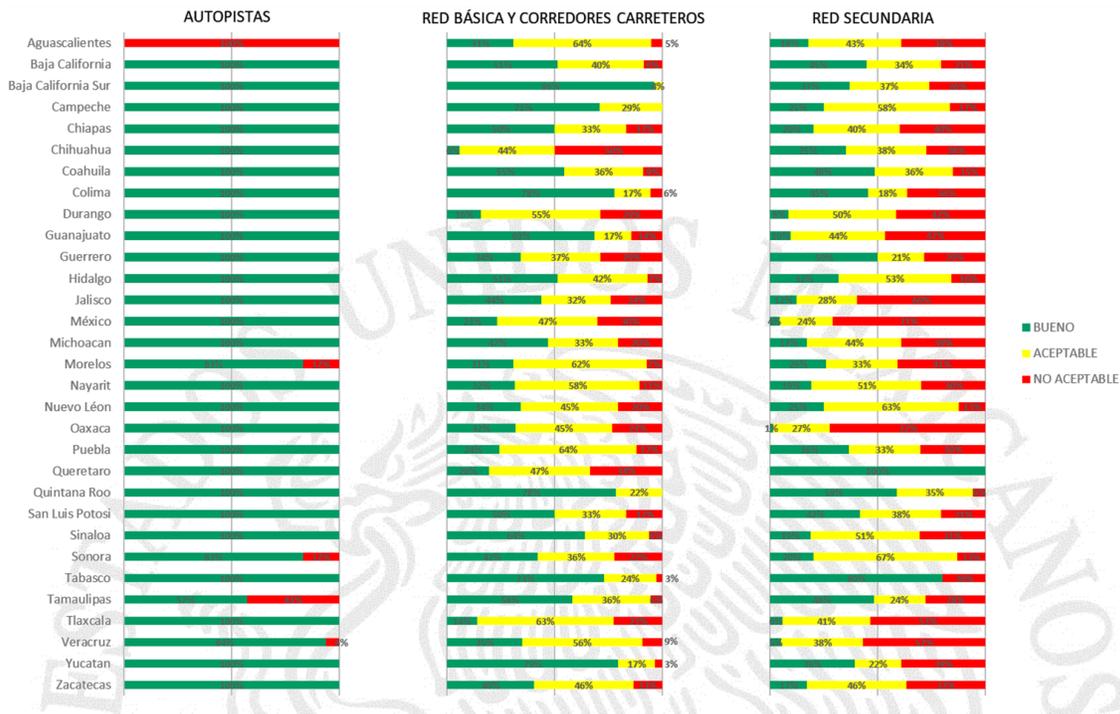


Figura 10. IRI por tipo de red y entidad federativa

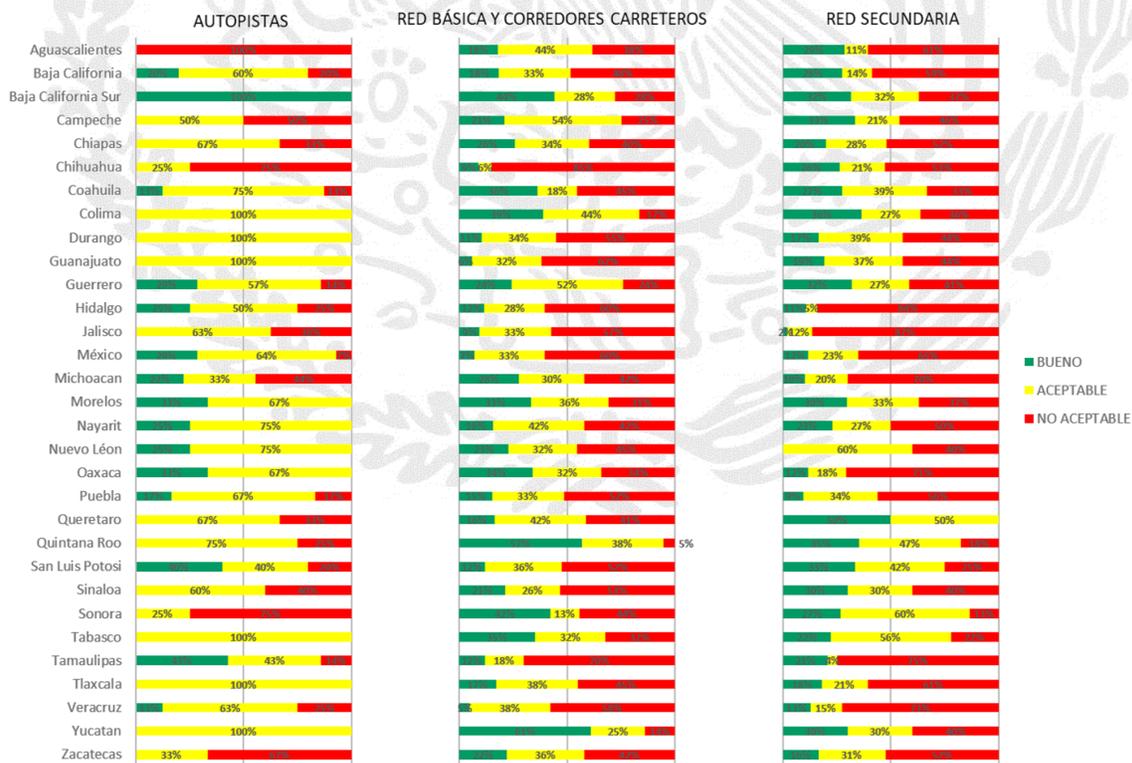


Figura 11. PR por tipo de red y entidad federativa



Figura 12. MAC por tipo de red y entidad federativa



Figura 13. DET 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 debe 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 bases de datos *.dbf cuyo diseño ha sido establecido por la propia DGCC.

Asimismo, 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 de cuota, así como los larguillos por autopista, con los resultados de los indicadores a cada 20 m, clasificados de acuerdo con las condiciones registradas (*bueno, regular y malo*) identificadas en colores verde, amarillo 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.

5.2.2 Condición superficial de la Red Carretera Federal: CF e IFI

Coeficiente de Fricción (CF)

Una de las condiciones principales que debe 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.

De los factores mencionados, la velocidad de circulación y la presencia de agua en el pavimento son de suma importancia, pues generan reducciones de CF y la combinación de ambos provoca el fenómeno conocido como *hidroplaneo* de los vehículos.

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.

Atendiendo los criterios de aceptación/rechazo establecidos por la DGST, se tiene:

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.

Cuadro 5. 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 (0) 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 contienen la siguiente información por carretera y tramo:

- Información general de cada carretera
- Coordenadas geográficas y UTM de las mediciones realizadas en campo con equipos 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 Internacional (IFI) es un parámetro que mide 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 la Norma 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. En la Figura 14, se ejemplifica de manera general, la diferencia entre la macrotextura y la microtextura.

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.

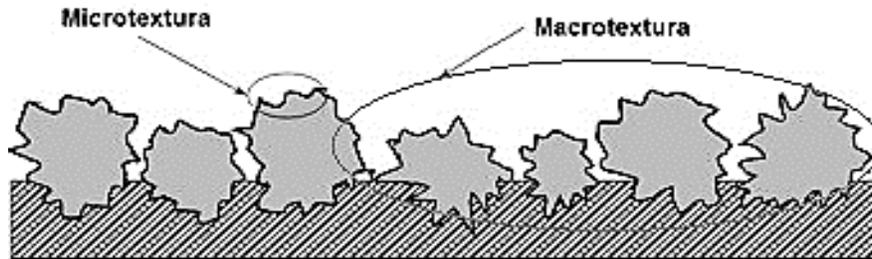


Figura 14. Macrotextura y microtextura

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 (Figura 15).



Figura 15. 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.

Preferentemente, los trabajos se programaron antes del inicio de la temporada de lluvias con el fin de reducir las interrupciones en la medición producidas por condiciones meteorológicas adversas. En particular, la programación de los trabajos de campo se estructuró considerando que, en las zonas del país con mayor registro de precipitaciones, los trabajos se realizaran en la temporada de secas.

Red medida

Como se señaló inicialmente, el Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal se diseñó e implementó en 2012. En ese año se estableció y llevó a cabo la medición y evaluación de las condiciones superficiales y de seguridad vial de las carreteras que componen la red básica libre, los corredores carreteros y la red de cuota. Por única vez y después de obtener la autorización del registro del programa, las mediciones se realizaron en el segundo semestre de 2012 y se procesaron, codificaron y reportaron en el primer cuatrimestre de 2013.

En 2013, se midió y evaluó la red secundaria y las principales carreteras estatales que conectan a la red troncal, para completar la evaluación de toda la RCF. Bajo esa estrategia también se realizaron las mediciones del CF.

En 2014, se depuraron las bases de datos y se midió nuevamente el CF de los tramos carreteros que componen la red básica libre, los corredores carreteros y la red de cuota. Una vez alcanzada la curva de aprendizaje y en virtud de que esta información es utilizada para calificar y evaluar el estado físico y de seguridad vial, se determinó obtener anualmente el CF en toda la red, libre y de cuota, y así se ejecutó en 2015 y en 2016. En este último año se realizó una depuración adicional de las bases de datos

para eliminar los tramos con un grado de deterioro elevado en la superficie de rodadura y aquellos que pasan o cruzan zonas urbanas, ya que son condiciones que impiden la obtención de datos confiables y en algunos casos no permiten el correcto funcionamiento de los equipos.

Las restricciones presupuestales de 2017 provocaron que no se midiera la red secundaria (14,000 km-estudio, aproximadamente) y que la red concesionada al FONADIN se evaluara con recursos provenientes del propio Fondo, bajo un convenio de coordinación celebrado entre el Fiduciario y la DGST con acuerdo del Comité Técnico del Fideicomiso. Debido a que la astringencia de recursos presupuestales prevaleció en 2018, durante este año, únicamente se mide el CF de los corredores carreteros, de las autopistas de concesionarios privados y de tres tramos que constituyen lo que se conoce como red propia de CAPUFE. Esto implica no haber medido ni evaluado el CF de la red libre (básica y secundaria) ni de la red del FONADIN, con los efectos conducentes en materia de seguridad vial. A continuación, se resume la situación descrita (Cuadro y Figura 16):

Año	Red medida	Longitud Evaluada (km-estudio)
2012	Corredores carreteros, red básica libre y red de cuota	46,233
2013	Red secundaria, principales carreteras estatales que conectan a la troncal	19,137
2014	Corredores carreteros, red básica libre y red de cuota	42,601
2015	Corredores carreteros, red libre básica y secundaria y red de cuota	60,758
2016	Corredores carreteros, red libre básica y secundaria y red de cuota	57,893
2017	Corredores carreteros, red básica libre y red de cuota*	44,237
2018	Corredores carreteros, concesionarios privados y red propia CAPUFE	20,885
Total		291,744

* Incluye la red FONADIN cuya auscultación fue financiada con recursos del Fondo (7,362 km-estudio)

Cuadro 6. Coeficiente de Fricción. Red medida
 Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación

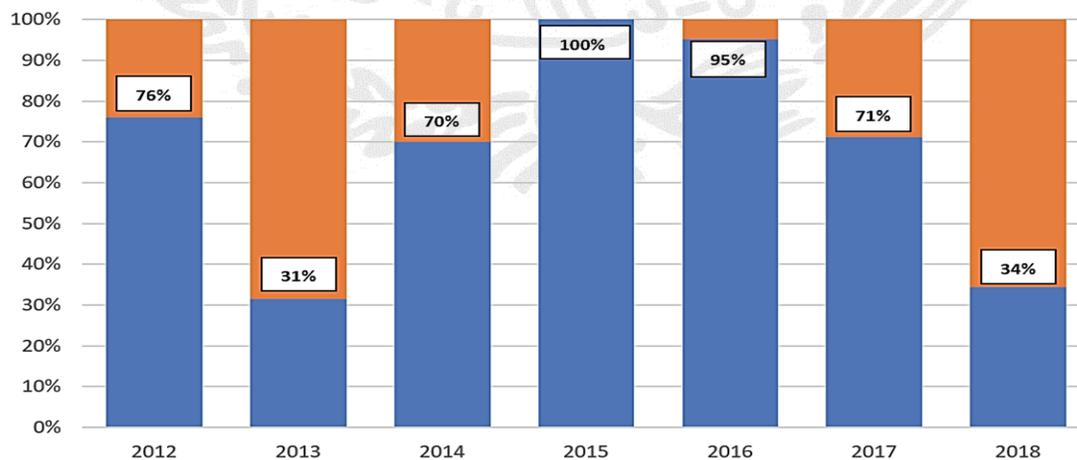


Figura 16. Red medida por año para Coeficiente de Fricción

Resultados de la medición del CF

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en las últimas campañas de medición realizadas por la DGST por cada tipo de red.

Los códigos que se muestran en las gráficas siguientes, corresponden a los Umbrales de aceptación/rechazo establecidos por la DGST. En color rojo, amarillo y verde se denotan las condiciones de estado *No aceptable*, *Aceptable* y *Bueno*, respectivamente.

A partir de la información más reciente y con objeto de comparar las condiciones de la red, se tomaron los resultados 2016 y 2017 de la red completa, con excepción de la red secundaria que no se midió en 2017 por razones presupuestales, por lo que sus resultados se presentan más adelante de manera independiente.

La siguiente gráfica muestra los resultados del CF promedio, por entidad federativa, para la red básica libre, corredores carreteros y red de cuota.



Figura 17. Comparativa del CF 2016 y 2017 (no incluye la red secundaria)

Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en las campañas de auscultación de la RCF 2016 y 2017

En la gráfica anterior se puede observar que, de los 31 estados de la República auscultados, sólo 2 cuentan con un CF promedio dentro del rango *Bueno*, 20 dentro del rango *Aceptable* y 9 dentro del rango *No aceptable*. Si se comparan las condiciones de la red auscultada en 2016 y 2017, en términos del CF, se puede observar que el CF mejoró en 23 estados de la República, empeoró en 7 y en Sinaloa se mantuvieron prácticamente las mismas condiciones.

En 2017, los estados con mejor CF promedio registrados fueron Durango, Veracruz, Hidalgo, Chiapas y Oaxaca. Por otra parte, los que registraron un CF promedio menor fueron Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Chihuahua y Baja California.

De manera invariable, los estados que registran los menores valores de CF se encuentran ubicados en la franja norte del país, condición asociada a las características de los materiales pétreos disponibles en estos estados para la construcción de las superficies de rodadura de las carreteras.

A nivel nacional, el CF promedio pasó de 0.436 en 2016 a 0.476 en el año 2017 con lo que se mantiene dentro del rango *Aceptable*.

A continuación, se presentan los estados que muestran una mayor mejoría en las condiciones del CF, situación que puede atribuirse a las intervenciones que realizaron los responsables de su conservación y mantenimiento.

Estado	CF 2016	CF 2017	Diferencia
Sonora	0.246	0.379	+ 0.133
Veracruz	0.502	0.617	+ 0.115
Durango	0.527	0.621	+ 0.094
Yucatán	0.396	0.485	+ 0.089
Oaxaca	0.500	0.586	+ 0.086

Cuadro 7. Entidades cuya red registró mejoras en las condiciones del Coeficiente de Fricción entre 2016 y 2017

Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en las campañas de auscultación 2016 y 2017

De manera similar, se presentan los estados en los que se registró un mayor decremento del CF entre 2016 y 2017.

Estado	CF 2016	CF 2017	Diferencia
Aguascalientes	0.582	0.441	- 0.141
Guanajuato	0.569	0.515	- 0.054
Puebla	0.581	0.546	- 0.035
Tlaxcala	0.607	0.576	- 0.031
Baja California Sur	0.386	0.362	- 0.024

Cuadro 8. Entidades cuya red registró mayores deterioros respecto de su Coeficiente de Fricción entre 2016 y 2017

Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en las campañas de auscultación 2016 y 2017

Al comparar los dos cuadros siguientes, en términos generales, se puede observar que las mejoras en el CF son mucho más significativas que los decrementos, por lo que esta situación se ve reflejada en un incremento del CF a nivel nacional.

Resultados en la red de cuota

En la gráfica siguiente se presentan los resultados obtenidos en la red de cuota entre 2016 y 2017. De la comparación, se puede observar que el CF promedio está por debajo del límite *Aceptable* en 4 estados y dentro del rango *Buena* en 10 entidades. Nuevamente, los cuatro estados que en sus autopistas registran un coeficiente de fricción promedio debajo del límite *Aceptable* son Baja California, Baja California Sur, Chihuahua y Sonora.

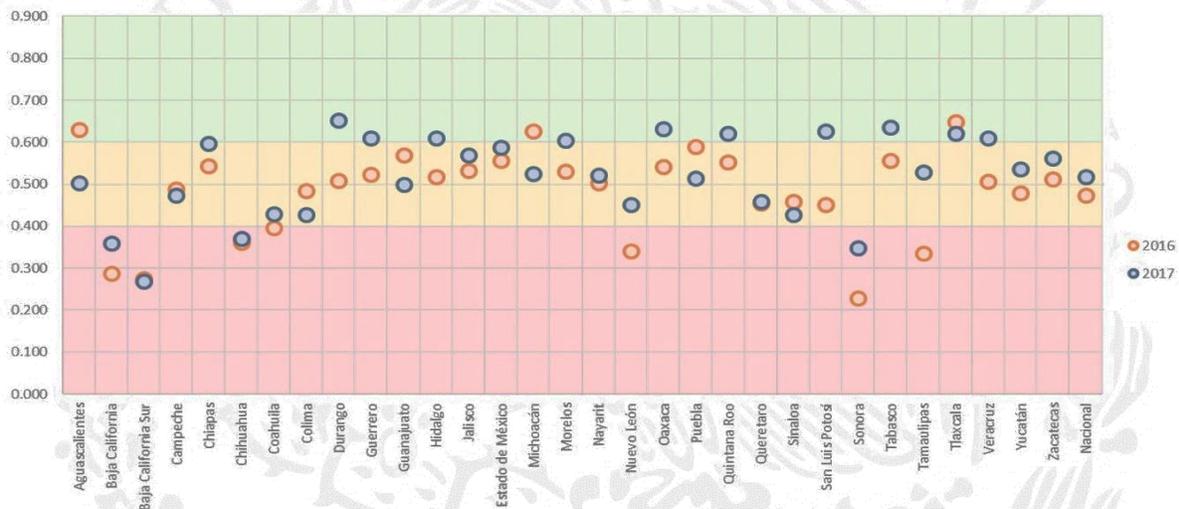


Figura 18. Comparativa del CF 2016 y 2017. Autopistas

Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en las campañas de auscultación de la RCF 2016 y 2017

En términos generales, se observa que entre los dos años analizados existe un ligero incremento en el CF a nivel nacional, pasando de 0.474 en 2016 a 0.518 en 2017, manteniéndose dentro del rango *Aceptable*.

Los 5 estados de la República que registraron los mayores valores de CF promedio en la red de autopistas de cuota fueron Durango, Tabasco, Oaxaca, San Luis Potosí y Quintana Roo.

Resultados en la red básica libre y corredores carreteros

A continuación, se presenta la comparativa del CF promedio de la red básica libre entre los años 2016 y 2017. Se puede observar que en la red básica libre y en los corredores

carreteros, de las 31 entidades de la República auscultadas en 2017, sólo el estado de Veracruz tiene un CF promedio dentro del rango *Buena*, 8 estados se encuentran en el rango *No Aceptable* y 22 en el *Aceptable*. En la Figura 19 se muestran los resultados del CF promedio, por estado y a nivel nacional.



Figura 19. Comparativa del CF 2016 y 2017. Red básica libre y corredores carreteros

Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en las campañas de auscultación de la RCF 2016 y 2017

Al comparar los resultados de la auscultación 2016 con los obtenidos en 2017, es posible observar que 17 de los 31 estados mejoraron su CF promedio, 7 estados empeoraron y 7 permanecieron prácticamente igual.

En 2017, de nueva cuenta, los estados que registran los menores valores de CF promedio son las entidades de la zona norte del país: Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Chihuahua, San Luis Potosí y Baja California. Por otra parte, los estados que registraron un mejor CF promedio fueron Veracruz, Estado de México, Hidalgo, Durango y Chiapas. En el Cuadro 9 se muestran los resultados de CF de los estados con mayor y menor coeficiente de fricción registrado en el 2017.

Estados con menor CF	CF 2017	Estados con mayor CF	CF 2017
Tamaulipas	0.279	Veracruz	0.620
Nuevo León	0.285	Estado de México	0.588
Coahuila	0.293	Chiapas	0.585
Chihuahua	0.323	Durango	0.584
San Luis Potosí	0.327	Hidalgo	0.578

Cuadro 9. Entidades cuya red registró los valores más y menos elevados de CF en 2017

Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en las campañas de auscultación 2016 y 2017

Resultados en la red secundaria para el año 2016

En la gráfica siguiente se presentan los resultados de la red secundaria en 2016. Es posible observar que los únicos 3 estados de la República que registran valores de CF promedio en condición *Buena* son Tlaxcala, Durango y Querétaro. Hay 18 entidades que registran valores dentro del rango *Aceptable* y 10 que se encuentran en el rango *No aceptable*.

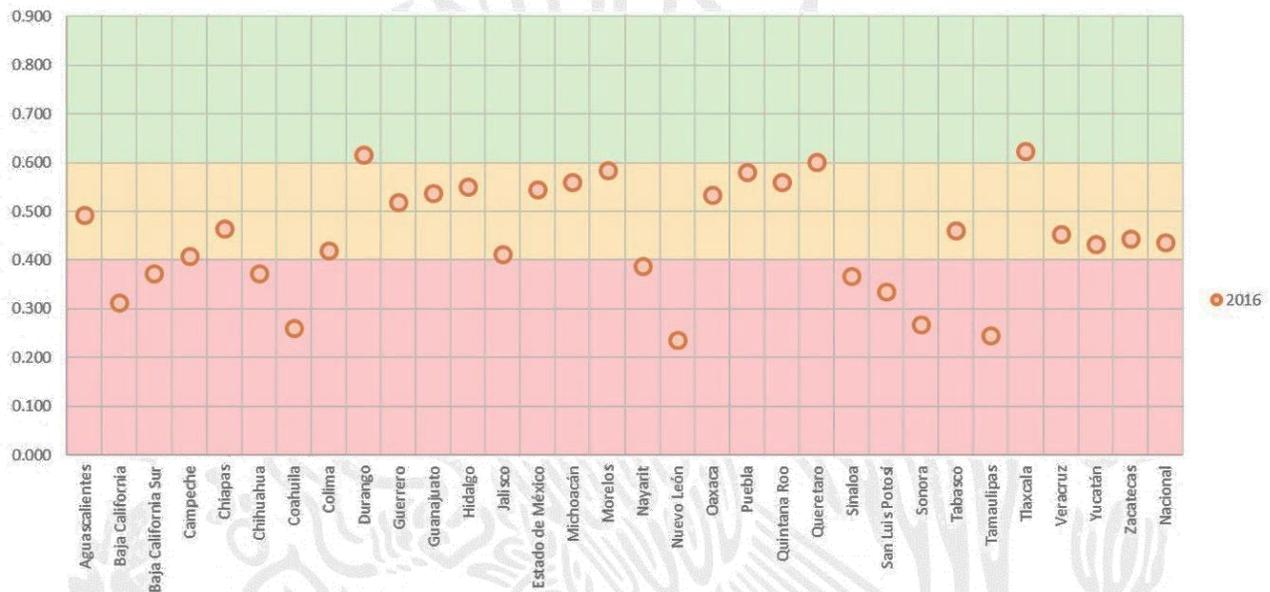


Figura 20. Resultados del coeficiente de fricción en la red secundaria en 2016

Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación de la RCF 2016

Una vez más, los 5 estados con menor CF son los de la zona norte del país: Nuevo León, Tamaulipas, Coahuila, Sonora y Baja California.

Al comparar los valores de CF promedio registrados en 2016 entre la red básica libre y los corredores carreteros con los valores obtenidos en la red secundaria, se pueden observar valores similares entre ambas redes en el mismo año. A continuación, se presenta la comparativa entre la red básica libre y los corredores carreteros con la red secundaria en 2016 (Figura 21).

En la gráfica se pueden observar tres puntos relevantes:

1. El CF de la red básica libre y de corredores carreteros es similar al de la red secundaria, con variaciones de CF entre ambas redes de 0.12 como máximo.
2. El CF promedio nacional para la red secundaria es mayor que el promedio registrado en el mismo año para la red básica libre y para los corredores

carreteros.

- Los estados de Chihuahua, Durango, Oaxaca, Quintana Roo y Yucatán cuentan con una red secundaria en mejores condiciones de CF en comparación con la red básica libre y los corredores carreteros.



Figura 21. Comparativa del CF en 2016 entre la red básica libre y los corredores carreteros y la red secundaria

Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación de la RCF 2016

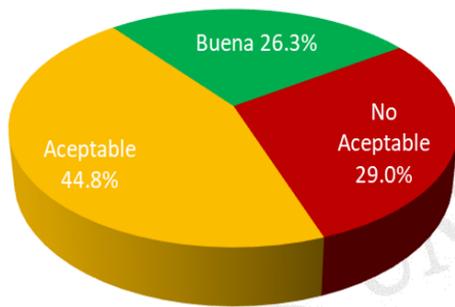
Estado general de la RCF de acuerdo con su CF en 2017

A continuación, se presenta un análisis de las condiciones de la red en 2017, en función del rango que se registró en cada una de las mediciones realizadas. En la gráfica siguiente se muestra, por tipo de red, de acuerdo con los umbrales de aceptación y rechazo establecidos por la DGST, la proporción de cada red que se encuentra en condición *buena*, *aceptable* y *no aceptable*.

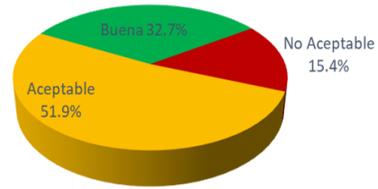
También se muestra, en función del CF, se aprecia que el 26.3% de la RCF se encuentra en *buenas* condiciones, el 44.8% se encuentra en condiciones *aceptables* y el 29% en condiciones *no aceptables*.

En cuanto a las condiciones *no aceptables*, la red de cuota contaba con 15.4%, los corredores carreteros y la red básica libre con 36.5% y las carreteras secundarias con el 42.1%.

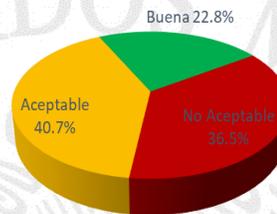
Condición General de la Red 2017



Autopistas



Corredores y Básicas



Secundaria (2016)

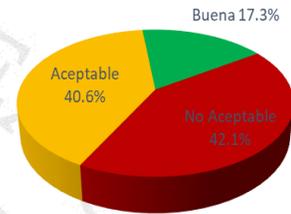


Figura 22. Estado de la RCF 2017 en función del coeficiente de fricción

Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación de la RCF 2017

A continuación, se presenta un análisis similar al anterior por estado y por tipo de red.

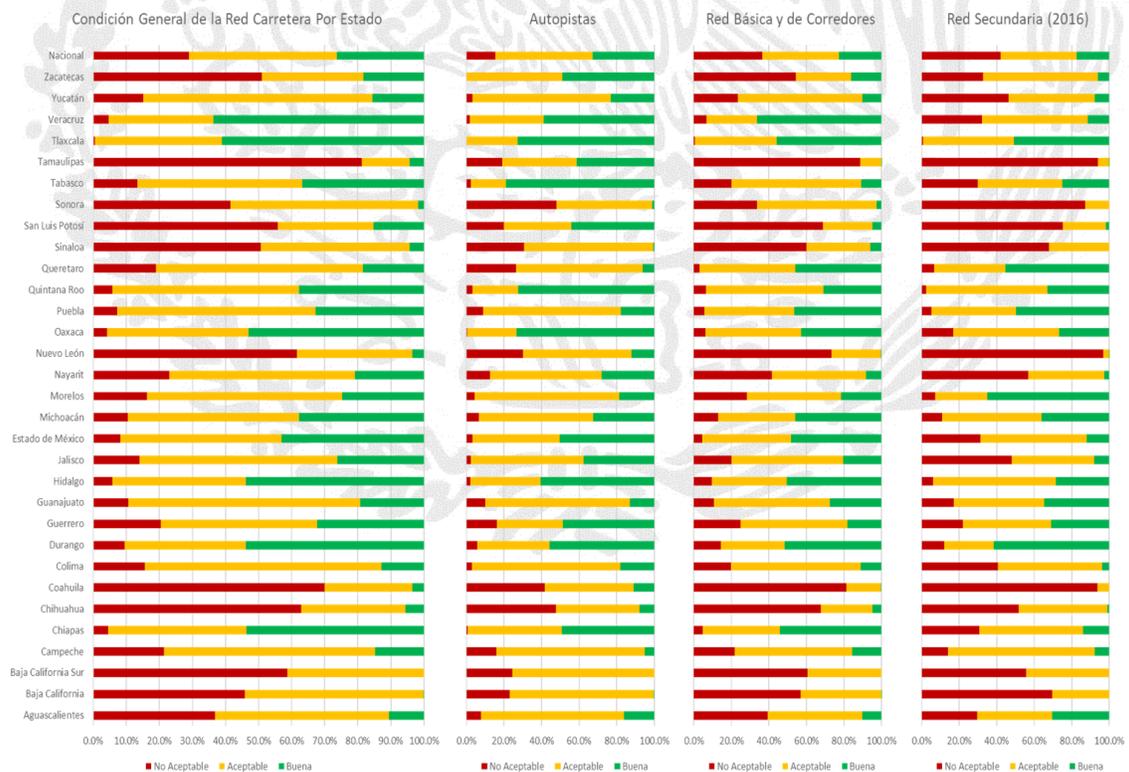


Figura 23. Condiciones de la RCF en 2017 por entidad federativa, según su CF

Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación de la RCF 2016

En la gráfica anterior es posible observar que los tres estados con la mayor proporción de su red en buen estado (rango *bueno* y *aceptable*) son Tlaxcala, Oaxaca y Chiapas, mientras que los que registran una mayor proporción de su red en condiciones *no aceptables* son Tamaulipas, Coahuila, Chihuahua y Nuevo León.

5.2.3 Condición estructural de la Red Carretera Federal. Deflexiones

Con el fin de conocer la condición estructural de las carreteras, es decir, la capacidad de resistir el paso de las cargas del tránsito que circula por ellas, la DGST midió y evaluó las deflexiones de los pavimentos de la RCF. Con estas mediciones es posible realizar el pronóstico del comportamiento estructural de un pavimento.

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 nones 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. Ver Figura 24.

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 de 700 kPa sobre el pavimento. Al aplicar esta carga dinámica preestablecida, se miden las deflexiones que se producen en el pavimento con siete sensores (colocados a diferentes distancias a partir del punto de aplicación de carga), obteniendo la *cuenca de deflexión* que caracteriza la rigidez del pavimento.

Para este análisis, se tomó en consideración la respuesta estructural del pavimento, evaluado desde la forma y dimensiones de las cuencas de deflexiones y la deflexión máxima registrada en el sensor ubicado bajo la placa de carga.

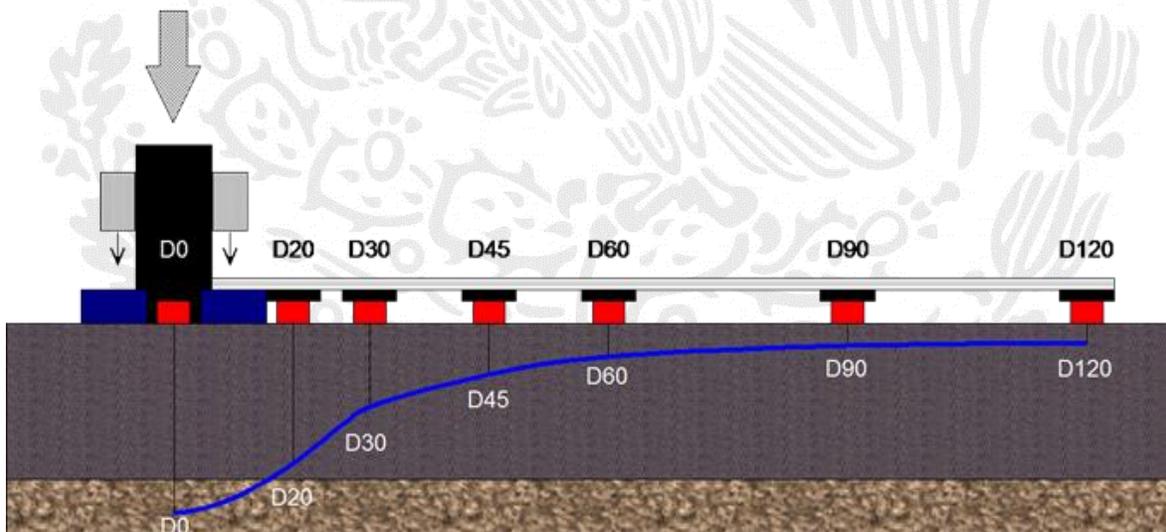


Figura 24. Diagrama del cuenco de deflexión producido en la estructura de un pavimento

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*. Asimismo, los equipos que se emplearon en las mediciones contaron con la verificación que otorga el Instituto Mexicano de Transporte, para asegurar su confiabilidad.

Resultados

Nacional

La información disponible de la red básica libre y de los corredores carreteros es la generada en 2016. Esta red se encuentra en medición en 2018, con el fin de actualizar la evaluación estructural de 36,398 km aproximadamente, trabajos que concluirán al término del ejercicio fiscal.

Realizando una distribución de los valores de deflexión máxima en todo el país, como se muestra en la Figura 25, el 12% de la red básica libre y corredores carreteros requiere de atención prioritaria, el 21% deberá recibir acciones de conservación para evitar que se convierta en una zona de atención inmediata y el 67% restante está en buen estado.

Bajo el mismo criterio, de aproximadamente 14,900 km de la red secundaria evaluados en 2017, se observa que sólo el 50% se encuentra dentro del rango bueno, como se ilustra en la Figura 26. Asimismo, el 23% requiere de atención inmediata y el 27% necesita acciones de conservación para evitar que sus condiciones se transformen en no aceptables.

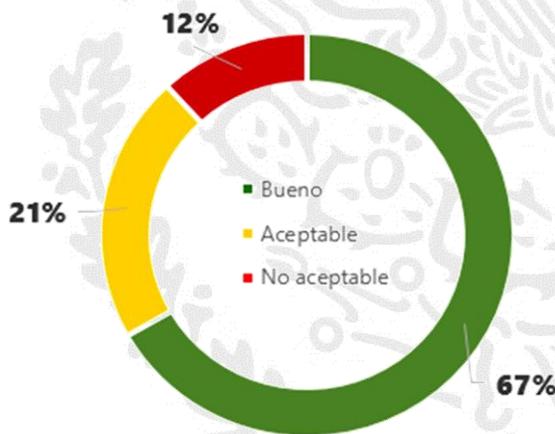


Figura 25. Condición estructural de la red básica libre y corredores carreteros 2016

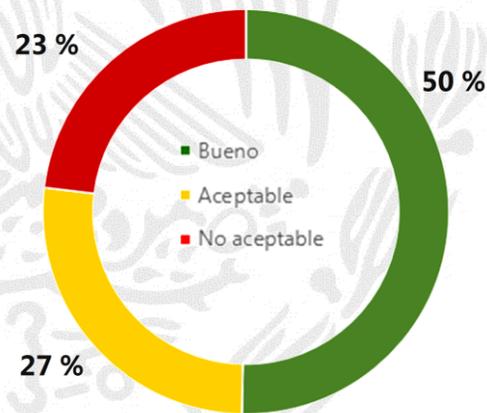


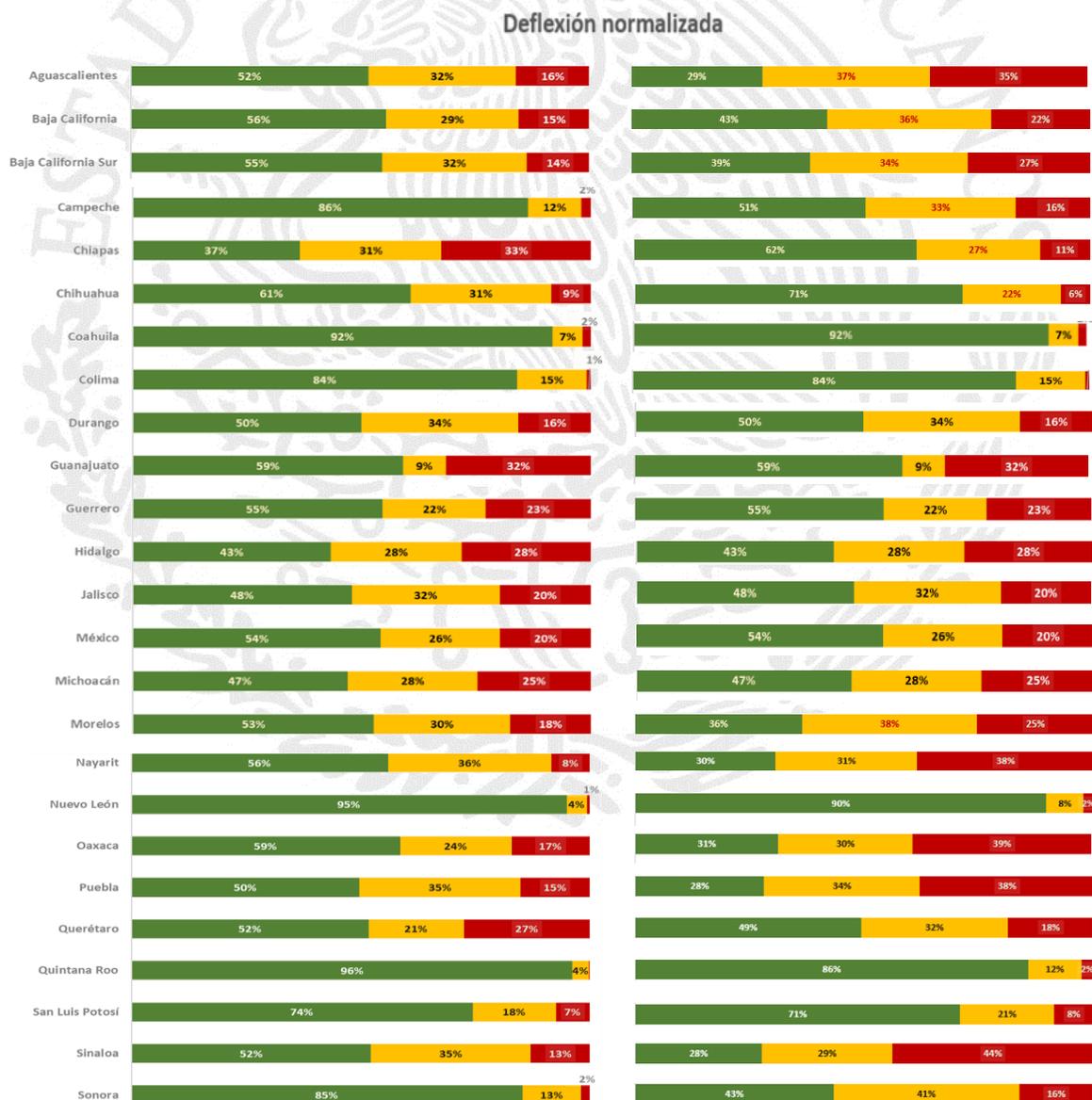
Figura 26. Condición estructural de la red secundaria 2017

Este análisis muestra los resultados de la evaluación a nivel red, tomando en cuenta sólo la medición de la deflexión. Aunque las gráficas mostradas muestran un panorama general del comportamiento estructural de los pavimentos a nivel nacional, los tramos deben ser evaluados en relación con sus otros indicadores de desempeño, con el fin de determinar las acciones necesarias más favorables e integrarlos al plan de conservación o mantenimiento de la DGCC. Esta información sirve para identificar tramos carreteros específicos; siendo necesario realizar los estudios y proyectos

correspondientes, con el fin de aplicar los recursos de inversión de manera más eficiente.

Por entidad federativa

Los resultados de la deflexión máxima obtenida en la red estudiada, por entidad federativa, se muestran en las siguientes gráficas. En ellas se puede observar el porcentaje en estado *bueno*, *aceptable* o no aceptable, con lo que se tiene un panorama general de la condición estructural del pavimento en cada estado, de acuerdo con los umbrales de aceptación/rechazo establecidos por la DGST y que se encuentran referidos en la norma *N.CSV.CAR.1.03.010/17 Determinación de las Deflexiones de un pavimento (DEF)*.



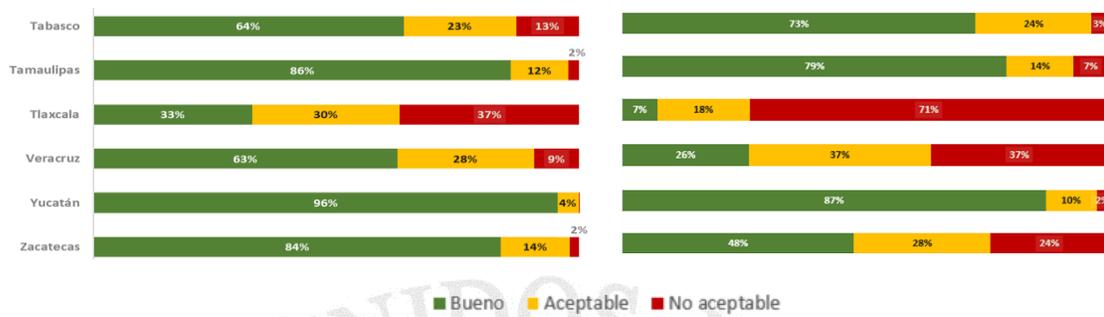


Figura 27. Condición estructural 2016 de la red básica libre y corredores carreteros por entidad federativa

Figura 28. Condición estructural 2017 de la red secundaria por entidad federativa

Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación de la RCF 2016

Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación de la RCF 2017

A partir de los resultados obtenidos durante la medición de las deflexiones en la RFC, se generaron mapas de calor, uno para la red básica y corredores carreteros y otro para la red secundaria. En estos mapas se muestra de manera visual y sencilla, cuáles son las zonas del país en las que se presentan mayores problemas estructurales en los pavimentos. El grado de severidad de la afectación se representa con un código de color que va del blanco que indica nula afectación, hasta el rojo que denota un alto grado de afectación.

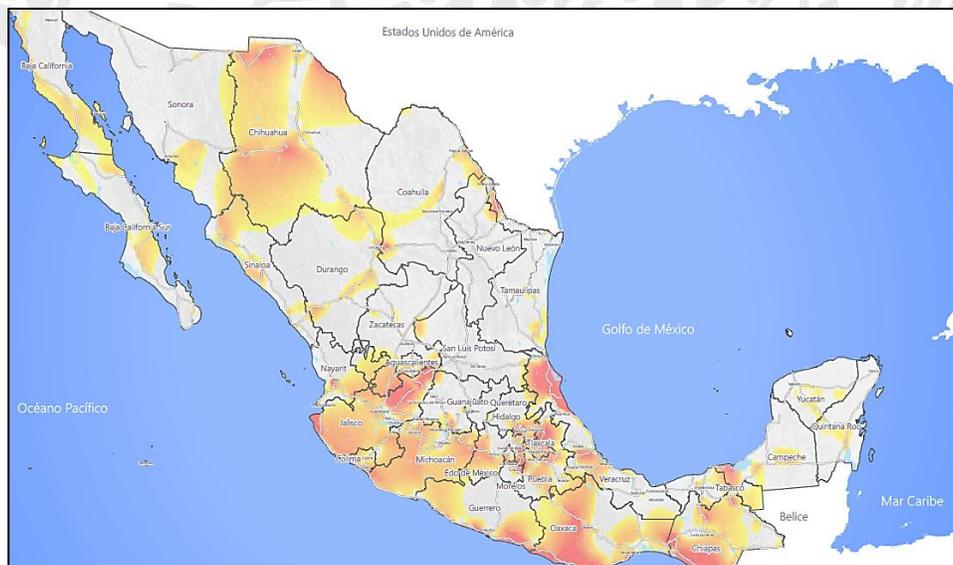


Figura 29. Zonas con mayor grado de afectación estructural. Red básica y corredores 2016
 Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación de la RCF 2016



Figura 30. Zonas con mayor grado de afectación estructural. Red secundaria 2017
Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación de la RCF 2017.

Red de Cuota Nacional

La red de cuota está compuesta por 128 autopistas correspondientes al FONADIN, Concesionarios Privados y CAPUFE. En lo que respecta a la evaluación del comportamiento estructural, la información disponible es la obtenida en la campaña de auscultación 2016. Es importante mencionar que durante la elaboración de esta memoria documental, la red de cuota se encuentra en medición, con excepción de la correspondiente al FONADIN como se informa en el apartado correspondiente.

Los resultados generales de esta red muestran una distribución de los valores de deflexión máxima a nivel nacional. En el Sentido 1 se puede observar que el 35% de esta red requiere atención prioritaria pues su estado es *No aceptable*, mientras que el 65% restante se encuentra en estado *Bueno* (Figura 31). Asimismo, el Sentido 2 arroja un resultado similar ya que el 40% se encuentra en condición *No aceptable*, mientras que el 60 % se ubica en la condición de *Bueno* (Figura 32).

Es importante mencionar que los umbrales de aceptación y rechazo de la red de cuota cambian con respecto a la red libre de peaje, ya que sólo utiliza dos umbrales, *Bueno* (menor a 0.4 mm) y *No aceptable* (mayor a 0.4 mm).

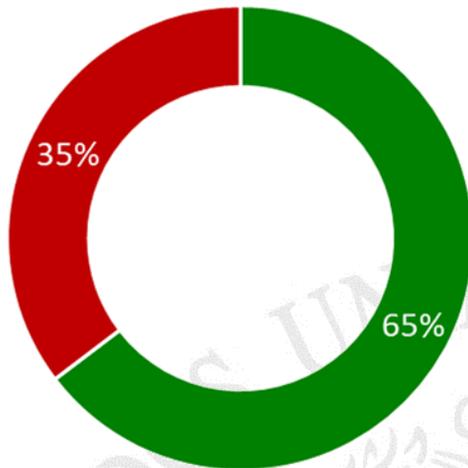


Figura 31. Condición estructural de la red de cuota 2016 en el Sentido 1

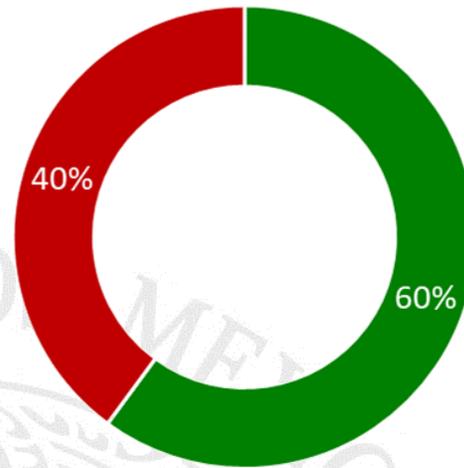


Figura 32. Condición estructural de la red de cuota 2016 en el Sentido 2

Al igual que en la red básica libre, corredores carreteros y red secundaria, este análisis muestra los resultados tomando en cuenta sólo el comportamiento estructural del pavimento, por lo que es necesario evaluar las autopistas en relación con sus otros indicadores de desempeño, con el fin de determinar las acciones necesarias más favorables e integrarlos al plan de conservación o mantenimiento de los concesionarios.

Por entidad federativa

Los resultados de la deflexión máxima obtenida en la auscultación de autopistas en 2016, por entidad federativa, se muestran en las siguientes gráficas. En ellas se puede observar el porcentaje de la red en estado *Buena* o *No aceptable*, de acuerdo con los parámetros de evaluación establecidos en la norma *N.CSV.CAR.1.03.010/17 Determinación de las Deflexiones de un pavimento (DEF)*.

Deflexión Normalizada

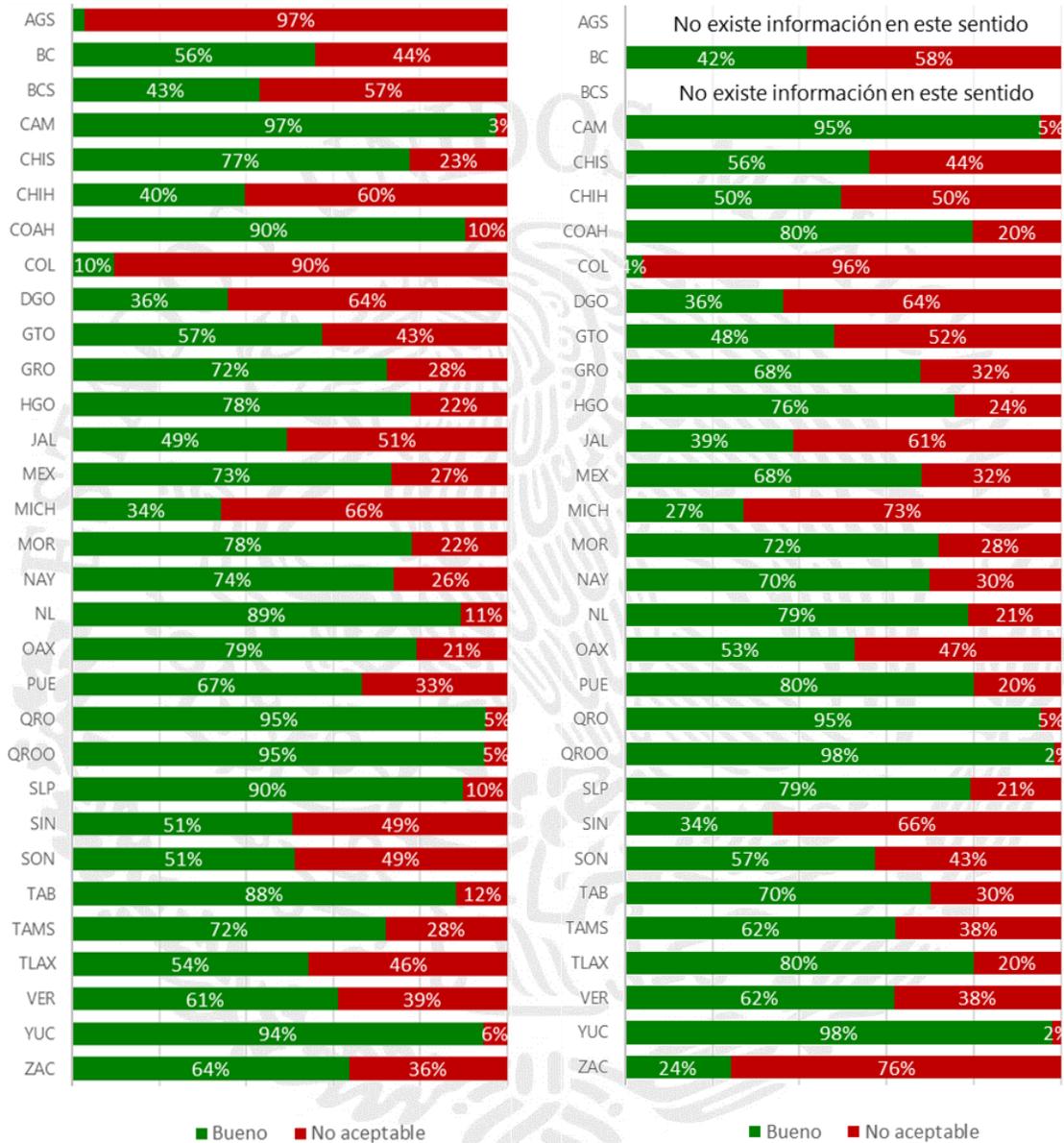


Figura 33. Estado estructural de la red de cuota. Sentido 1

Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación 2016

Figura 34. Estado estructural de la red de cuota. Sentido 2

Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación 2016

Asimismo, los resultados mostrados en las Figuras 33 y 34, los cuales reflejan la condición estructural en que se encuentran las autopistas por entidad federativa, se presentan en un mapa nacional con el fin de contar con una representación geográfica más eficiente que muestre con claridad la ubicación exacta de las autopistas y su estatus, de acuerdo con los umbrales establecidos por la DGST para la red de cuota.



Figura 35. Condición estructural de las autopistas de la Red de Cuota Nacional (Sentido 1)
Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación de la RCF 2016.



Figura 36. Condición estructural de las autopistas de la Red de Cuota Nacional (Sentido 2)
Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación de la RCF 2016.

Red de cuota (FONADIN)

En 2016 se auscultaron 55 autopistas del FONADIN. Los resultados generales muestran una distribución de los valores de deflexión máxima a nivel nacional en los que se puede observar, en el Sentido 1, que el 27% de esta red requiere atención prioritaria por encontrarse en condiciones *No aceptables*, mientras que el 73% restante está en estado *Bueno* (Figura 36). Asimismo, el Sentido 2 arroja un resultado similar, pues el 35% se encuentra en condición *No aceptable* y el 65 % se ubica en buenas condiciones (Figura 37).

Los umbrales de aceptación/rechazo para esta red son: *Bueno* (menor a 0.4 mm) y *No aceptable* (mayor a 0.4 mm).

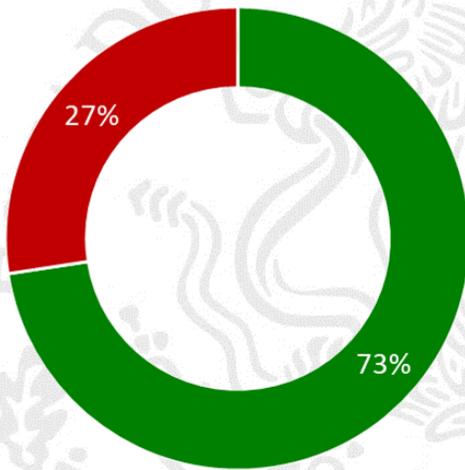


Figura 37. Condición estructural de la red de cuota FONADIN 2016 en el Sentido 1

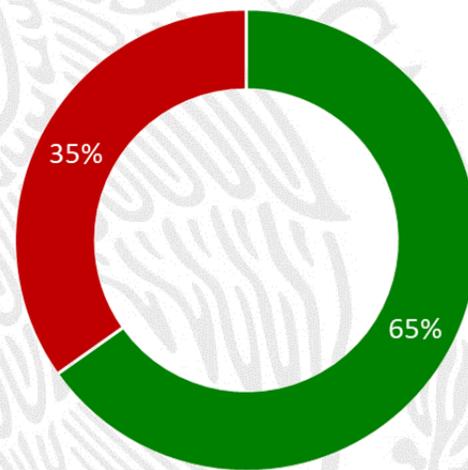
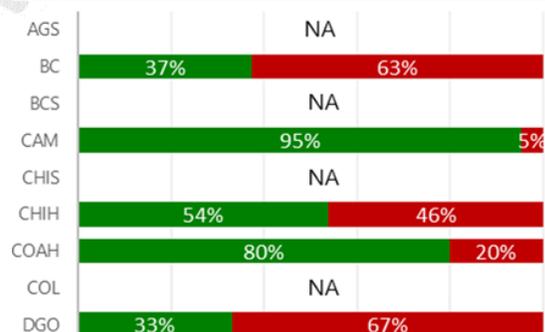
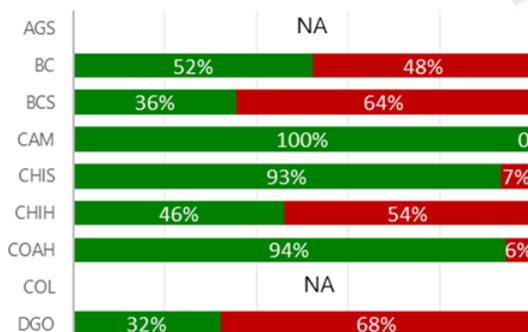


Figura 38. Condición estructural de la red de cuota FONADIN 2016 en el Sentido 2

En las siguientes figuras se muestran los resultados de la deflexión máxima normalizada por entidad federativa, con el fin de escalar la información obtenida en la auscultación 2016 a nivel estatal.

Deflexión Normalizada



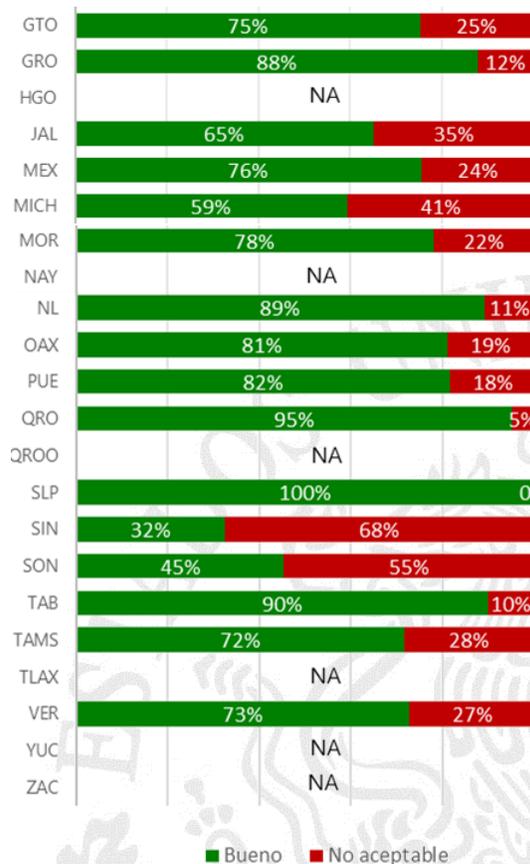


Figura 39. Estado estructural de la red de cuota FONADIN 2016. Sentido 1 por entidad

Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación 2016

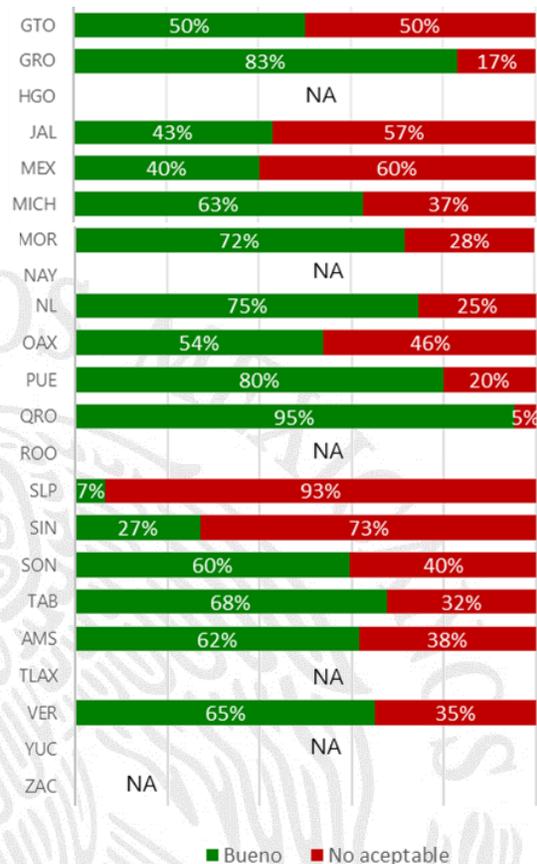


Figura 40. Estado estructural de la red de cuota FONADIN 2016. Sentido 2 por entidad

Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación 2016

Red de cuota (Concesionarios privados y CAPUFE)

De las 128 carreteras evaluadas en la campaña de auscultación 2016, en lo que refiere al comportamiento estructural, se midieron 70 autopistas de Concesionarios Privados y 3 más de CAPUFE que se identifican como red propia del Organismo.

Los resultados generales de las 73 autopistas muestran una distribución de los valores de deflexión máxima a nivel nacional. En ellos se puede observar, en el Sentido 1, que el 43% de esta red requiere de atención prioritaria, mientras que el 57% restante se encuentra en estado *Buena* (figura 40). Asimismo, el Sentido 2 arroja un resultado similar ya que el 45% se encuentra en condición *No aceptable*, mientras el 55% se ubica en buenas condiciones (figura 41). Para esta red también se utilizaron sólo dos umbrales de aceptación/rechazo: *Buena* (menor a 0.4 mm) y *No aceptable* (mayor a 0.4 mm).

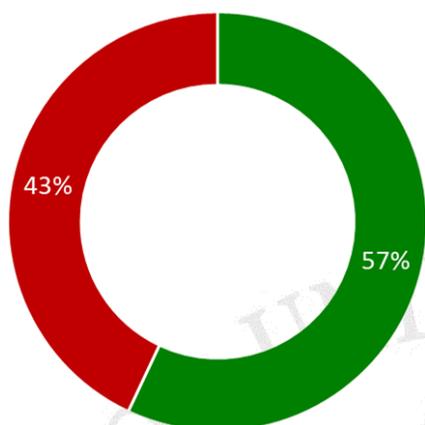


Figura 41. Condición estructural de la red de cuota 2016. Concesionarios Privados y CAPUFE. Sentido 1

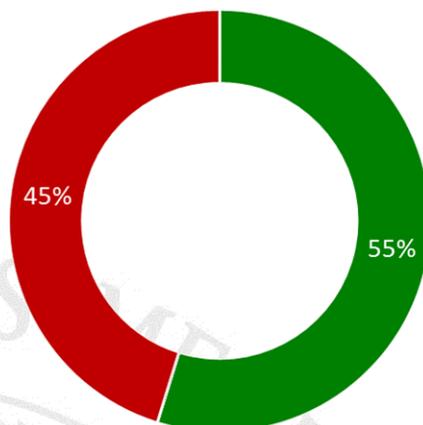
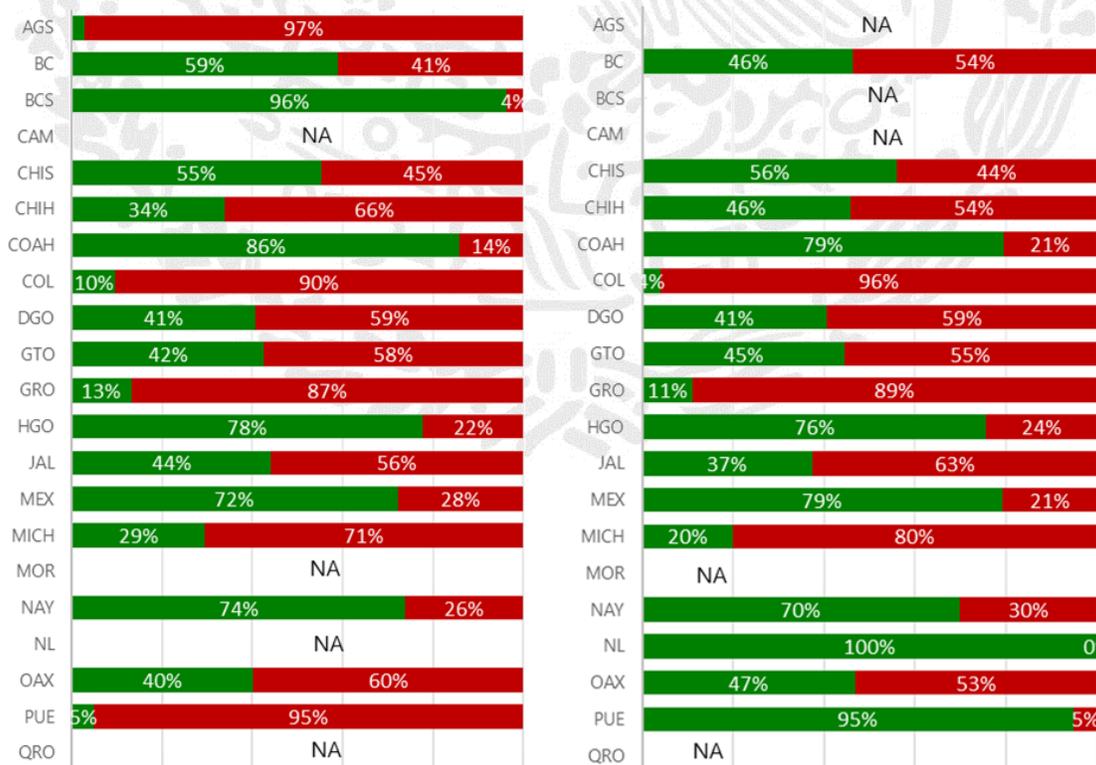


Figura 42. Condición estructural de la red de cuota 2016. Concesionarios Privados y CAPUFE. Sentido 2

La información observada en las gráficas anteriores muestra el panorama general del comportamiento estructural del pavimento a nivel nacional. Esta condición se muestra también a nivel estatal con los resultados obtenidos a partir de la deflexión máxima normalizada.

Deflexión Normalizada



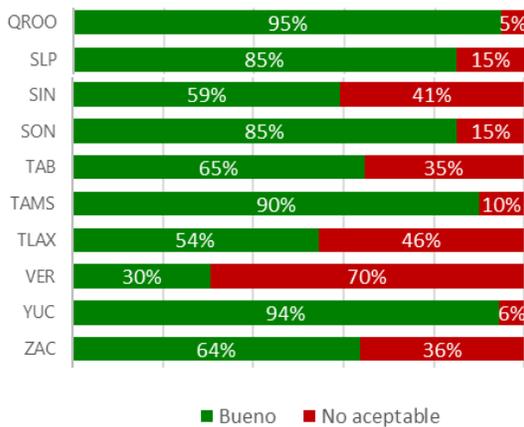


Figura 43. Estado estructural de la red de cuota 2016. Concesionarios Privados y CAPUFE. Sentido 1 por entidad federativa
 Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación 2016

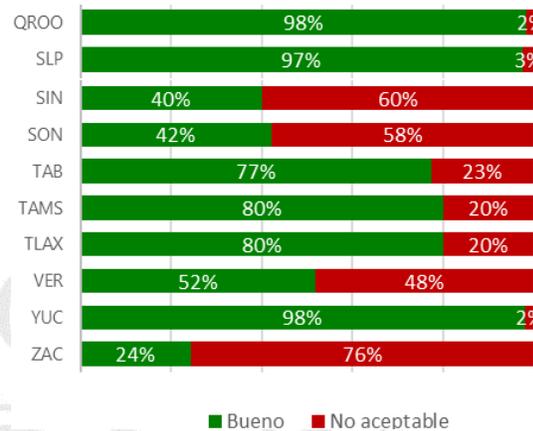


Figura 44. Estado estructural de la red de cuota 2016. Concesionarios Privados y CAPUFE. Sentido 2 por entidad federativa
 Fuente: DGST. Elaborado con la información generada en la campaña de auscultación 2016

5.2.4 Evaluación y clasificación de la RCF de acuerdo con sus niveles de seguridad vial

Cada día, mueren aproximadamente 3,500 personas a nivel mundial y miles de personas resultan con lesiones permanentes como consecuencia de siniestros de tránsito.

En México, en promedio anual, se registran alrededor de 17,653 muertes en accidentes vehiculares. Con un parque vehicular de más de 38 millones de vehículos y una población total de 120 millones de habitantes, se registra una relación de 12.3 muertes por cada cien mil habitantes. Debido al crecimiento de la tasa de motorización y al consecuente aumento en el flujo vehicular en México, existe el riesgo de que las muertes y traumatismos ocasionados por accidentes de tránsito aumenten, al menos, en la misma proporción que el crecimiento del parque vehicular.

En este contexto, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y la Secretaría de Salud dieron a conocer la *Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020*, mediante un acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2011. El objetivo de esta estrategia es disminuir en un 50% el número de muertos y heridos graves ante la ocurrencia de accidentes de tránsito en el territorio nacional.

Hasta 2012, la SCT no contaba con una metodología y un sistema que incorporara los atributos paramétricos necesarios para establecer acciones preventivas correctivas en materia de seguridad vial de la Red Carretera Federal. 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, en el año antes mencionado, 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 (*International Road Assessment Programme*).

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.

Así, dependiendo del nivel de seguridad, a las carreteras se les otorga una calificación que va de 1 a 5 estrellas. Las vías más seguras (4 y 5 estrellas) son las que cuentan con elementos de seguridad vial apropiados para las velocidades de operación autorizadas.

Para la aplicación de esta metodología, el equipo y el personal de inspección fueron acreditados por iRAP y se integró un plan de *contramedidas* o medidas preventivas de seguridad, de las que se estimó la inversión requerida y el costo-beneficio esperado, por cada una de ellas (Figura 45). Cabe mencionar que la evaluación se realiza por cada tipo de usuario de la carretera (vehículos, peatones, motociclistas y ciclistas).

Con esta metodología y considerando la extensión de la red, en 2012 se evaluaron las carreteras que conforman la red básica libre, los corredores carreteros y la red de cuota en 45,000 km, aproximadamente y en 2013, la red secundaria y las principales carreteras estatales de cuota que conectan con la red troncal, en alrededor de 20,000 km. De esta manera, en 2014, la RCF quedó evaluada y clasificada en su totalidad atendiendo a sus niveles de seguridad.

Los resultados de la evaluación fueron publicados en el portal Vida iRAP México (<https://vida.irap.org/es>) y difundidos entre las Direcciones Generales adscritas a la

Subsecretaría de Infraestructura como responsables de los programas de construcción, modernización y conservación de la red; Banco Nacional de Obras y Servicios (BANOBRAS) y CAPUFE como concesionario y mantenedor de la red FONADIN, respectivamente; Centros SCT y los concesionarios privados, a través de la Dirección General de Desarrollo Carretero que es la unidad responsable, entre otros, de supervisar el cumplimiento de los títulos de concesión en materia del estado físico y de seguridad de las autopistas.

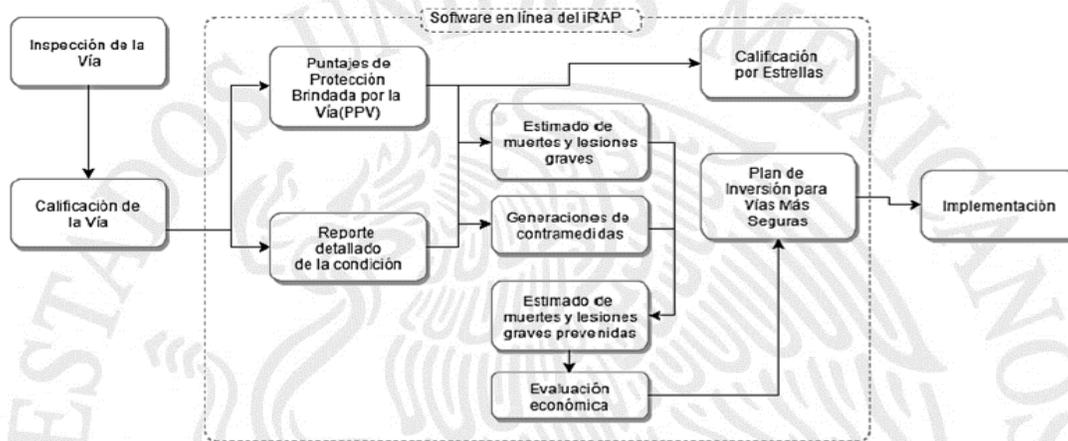


Figura 45. Diagrama de flujo de la evaluación y clasificación de la RCF aplicando la metodología iRAP

Con el fin de evaluar los resultados de las acciones de conservación que realizaron las unidades responsables de la operación y mantenimiento de las carreteras federales durante 2013 y 2014 y en función de los recursos presupuestales disponibles, se llevó a cabo la re-evaluación y actualización de la clasificación de las carreteras que componen la red básica libre y corredores carreteros y la red de cuota, cuyos resultados se muestran en las Figuras 46, 47 y 48.

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 2015, aproximadamente el 37.7% de esta red se encontraba en 1 y 2 estrellas de seguridad, en comparación con 2012 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.

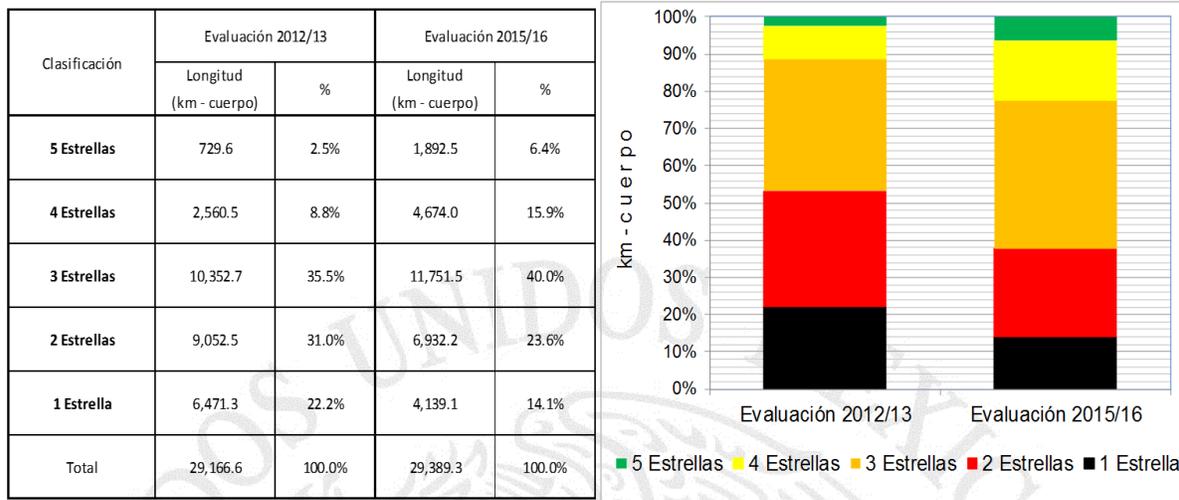


Figura 46. Comparativa 2012-2015 de la evaluación de la seguridad vial en la red básica libre y corredores. Gráfica de ocupantes de vehículos

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

Red de cuota 2012-2013 / 2015-2016

Entre 2012-13 y 2015-16, las condiciones de seguridad vial de la red de cuota de la SCT mejoraron por las acciones de conservación que aplicaron los concesionarios a los diferentes tramos. De esta manera, en 2015, casi el 10% de la longitud total evaluada tenía 5 estrellas de seguridad y el 52% registró 3 y 4 estrellas. Sin embargo, poco más de la tercera parte de la red (38.3%) continuaba registrando 1 y 2 estrellas de seguridad vial.

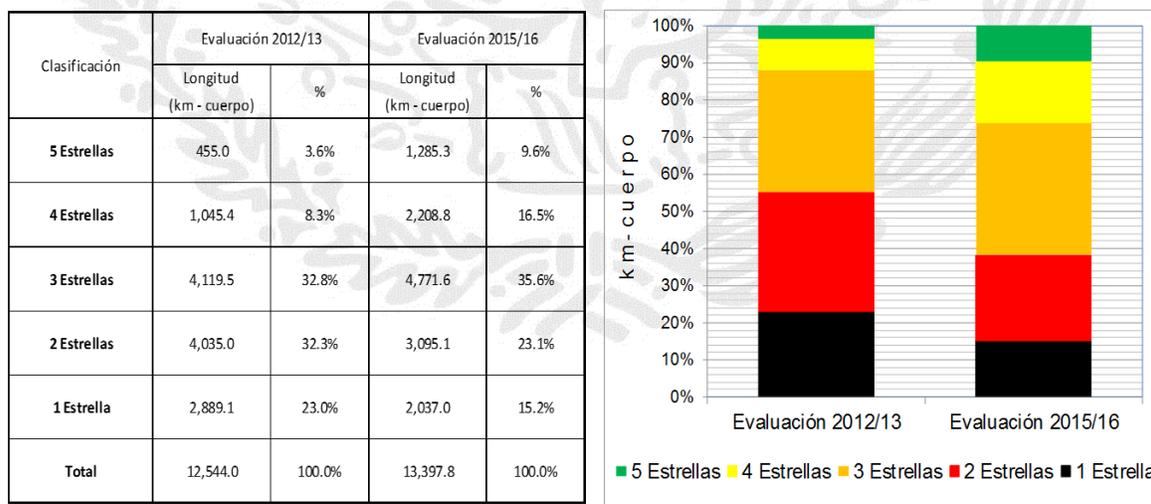


Figura 47. Comparativa 2012-2015 de la evaluación de la seguridad vial en la red de cuota. Gráfica de ocupantes de vehículos

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

Red secundaria 2012 / 2013

En la longitud de carreteras secundarias evaluadas bajo la metodología iRAP (19,487.5 km), se incluyeron las principales carreteras estatales que conectan con las carreteras troncales (2,515 km). Del total evaluado, casi la mitad obtuvo 1 y 2 estrellas (48.9%) y sólo 570 km (3%) registraron 5 estrellas.

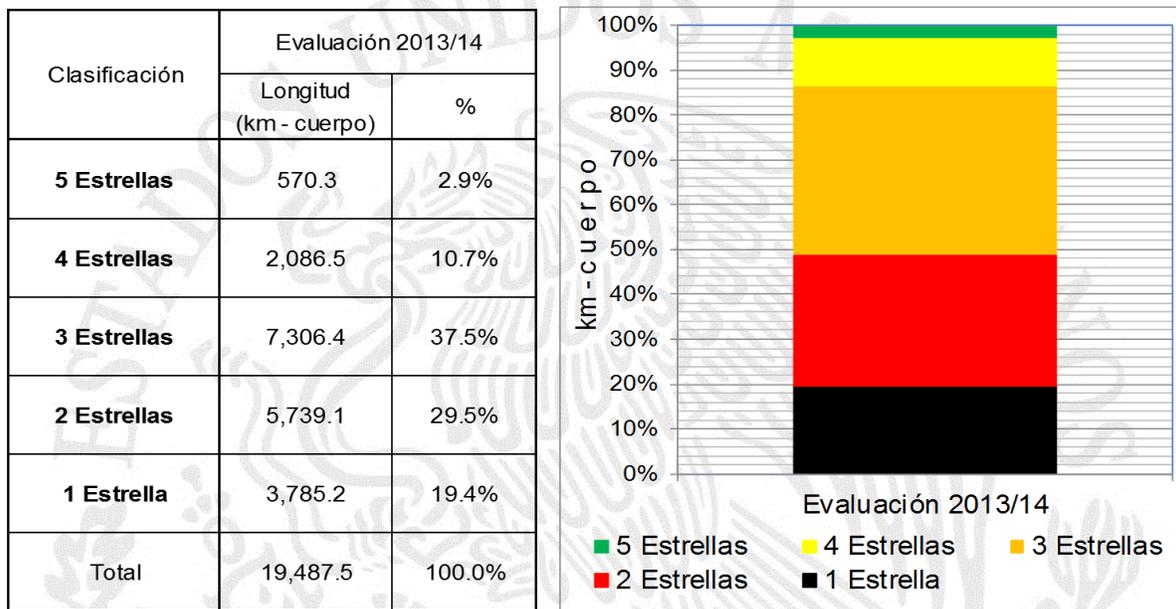


Figura 48. Evaluación de la seguridad vial en la red secundaria. Gráfica de ocupantes de vehículos

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

Debido a la falta de recursos, no fue posible reevaluar la red en 2015-2016, por lo que no existe información de ese año. Como se puede ver en la Figura 49, la red secundaria es de gran importancia estratégica debido a la interconectividad que mantiene con la red básica libre, los corredores carreteros y la red cuota, sin embargo, es la red más afectada por la falta de recursos para su conservación.



Figura 49. Red secundaria y su interconexión con la red básica libre
Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos

5.2.5 Caracterización de los Corredores Carreteros

A medida que la RCF se ha extendido por todo el país y que sus beneficios han llegado a las diversas regiones de México, las tareas relacionadas con su conocimiento, análisis, gestión y expansión han aumentado en complejidad y en relevancia.

Al mismo tiempo, su extensión y la insuficiencia de los recursos de inversión disponibles para atender sus necesidades de conservación y modernización ha provocado que sea más relevante, contar con datos y sistemas de información que permitan la realización de análisis con datos actualizados y consistentes con el fin de determinar prioridades y lograr una buena jerarquización de las necesidades por atender.

Por tal motivo, desde hace un par de décadas, la SCT ha utilizado la figura de los corredores carreteros troncales de la RCF a su cargo. Así, cuenta con un instrumento para identificar aquellos tramos de la red que, por su ubicación, nivel de uso, población y tamaño de las economías atendidas, entre otros criterios, cumplen con las funciones de comunicación e interconexión más importantes del sistema carretero. A través de la identificación de estos tramos y corredores, la Secretaría busca dar prioridad a la ejecución de acciones que contribuyan a que estos segmentos de la red cumplan su

función de la mejor manera, ya que así, será más importante la contribución de la red a la vida y a la economía de México.

En 2017, la DGST realizó un estudio para caracterizar los 15 corredores carreteros a través de indicadores. Por principio, se definieron los corredores y sus tramos, de acuerdo con el criterio utilizado por la Dirección General de Carreteras desde el año 2013 y que consiste en 15 corredores, 4 ramales y 413 tramos. La revisión efectuada no alteró el número de los corredores ni los ramales considerados, ni tampoco cambió sus puntos de inicio y fin, por lo que el trabajo se concentró en ajustar los tramos que los integran. Los criterios utilizados en la división de tramos de los corredores y sus ramales fueron los siguientes:

- Fusión de tramos homogéneos que se dividían al pasar de una entidad a otra
- Eliminación de puentes y tramos urbanos
- Fusión de tramos muy cortos con algún tramo contiguo de mayor longitud
- Modificación de itinerarios por la apertura de tramos nuevos
- Disponibilidad de datos independientes para tramos que, en teoría, se podrían fusionar con otros

No.	Corredor	Longitud (km)	Número de tramos
1	México - Nogales	2,121.9	29
	Ramal a Tijuana	679.0	9
2	México - Nuevo Laredo	1,082.2	17
	Ramal a Piedras Negras	402.5	8
3	Querétaro - Ciudad Juárez	1,573.3	31
4	Veracruz - Monterrey	983.7	24
	Ramal a Matamoros	305.4	5
5	México - Puebla - Progreso	1,324.4	26
6	Mazatlán - Matamoros	1,137.8	18
7	Puebla - Oaxaca - Ciudad Hidalgo	1,069.3	17
8	Manzanillo - Tampico	1,060.3	21
	Ramales a Lázaro Cárdenas y Ecuandureo	695.6	11
9	Círculo Transístico	711.6	11
10	Acapulco - Tuxpan	683.6	20
11	Acapulco - Veracruz	719.0	18
12	Altiplano	605.2	15
13	Transpeninsular de Baja California	1,674.1	21
14	Peninsular de Yucatán	1,191.9	18
15	Del Pacífico	1,759.8	35
Total		19,780.6	354

Cuadro 10. Longitud y número de tramos que componen los Corredores Carreteros

Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación



Figura 50. Mapa de los 15 corredores carreteros del país
 Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación

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. Para calcular cada indicador se utilizaron datos disponibles de la DGST, los cuales se procesaron y presentaron siguiendo criterios de consistencia definidos en función de las necesidades del estudio.

Nombre del indicador	Categoría	Descripción
Porcentaje de la longitud del tramo o corredor que opera con 2, 4, 6 o más carriles	Oferta	Revela el porcentaje de la longitud total del tramo o corredor que opera con 2, 4 y 6 o más carriles.
Porcentaje de la longitud del tramo o corredor que opera bajo el régimen de peaje	Oferta	Indica el porcentaje de la longitud total del tramo o corredor que opera bajo el régimen de peaje.

Personal ocupado en las unidades económicas	Entorno	Este indicador proporciona el personal ocupado en las entidades económicas localizadas dentro de una franja de 20 kilómetros a cada lado del corredor y refleja la magnitud de la actividad económica que atiende
Vulnerabilidad ante el cambio climático	Entorno	Se construyó a partir de tres componentes o subíndices: de exposición, sensibilidad y de capacidad adaptativa. Las variables de exposición y de sensibilidad aumentan el valor del indicador, representando el impacto del cambio climático en los municipios. Por su parte, la capacidad adaptativa, que representa el potencial humano y económico de implementar acciones, resta puntaje a la evaluación global de la vulnerabilidad.
Índice de Regularidad Internacional	Oferta	Revela la calidad de rodamiento promedio del tramo o del corredor, como una aproximación indicativa de su estado físico
Tránsito diario promedio anual (TDPA)	Demanda	Indica el número total de vehículos que en promedio circulan cada día por el tramo o corredor
Tránsito de autobuses	Demanda	Muestra el número total de autobuses que en promedio circulan cada día por el tramo o corredor
Tránsito de camiones	Demanda	Revela el número total de camiones que en promedio circulan cada día por el tramo o corredor
Intensidad de uso anual	Demanda	Indica la intensidad de uso anual del tramo o corredor, medida en términos de la cantidad de vehículos-kilómetro que se producen en el tramo o corredor. El indicador supone que, en promedio, todos los vehículos que circulan por un tramo hacen uso de la totalidad de su longitud
Intensidad de uso anual de automóviles	Demanda	Indica la intensidad de uso del tramo o corredor por parte de los automóviles. Se mide en términos de la cantidad de automóviles-kilómetro que se producen dentro del tramo o corredor
Intensidad de uso anual de autobuses	Demanda	Muestra la intensidad de uso del tramo o corredor por parte de los autobuses. Se mide en términos de la cantidad de autobuses-kilómetro que se producen dentro del tramo o corredor
Intensidad de uso anual de camiones	Demanda	Revela la intensidad de uso del tramo o corredor por parte de los camiones. Se mide en términos de la cantidad de camiones-kilómetro que se producen dentro del tramo o corredor
Nivel de servicios	Operación	Indica el porcentaje de la longitud del tramo o del corredor que funciona con niveles de servicio A, B, C, D, E o F.
Costo de operación total	Operación	Muestra el costo de operación anual que incurren todos los vehículos que circulan por el tramo o el corredor
Índice de accidentes	Operación	Revela el número de accidentes por millón de vehículos-kilómetro que se producen en el tramo o en el corredor

Una vez definidos los corredores, los ramales y los tramos que los integran, se hizo un análisis comparativo en términos de 15 indicadores, cada uno de los cuales permite comparar la situación de un corredor con la de los demás.

La situación que prevalece en los 15 corredores difiere en cada caso de forma importante, por ello, los resultados del estudio son útiles como un punto de partida para

identificar necesidades de análisis más detalladas, para formular programas y para preparar proyectos que beneficien a la Red Carretera Federal. En el **Anexo B** se presentan los resultados del estudio.

Del estudio realizado se concluye lo siguiente:

- La longitud promedio de los 15 corredores es de 1,318.7 km. El más extenso es México-Nogales con Ramal a Tijuana. De los 14 corredores restantes, 4 tienen longitudes entre 1,500 y 1,800 km, 6 entre 1,000 y 1,500 km y 4 tienen longitud entre 600 y 750 km.
- Los corredores con mayor cantidad de municipios en su zona de influencia tienden a atravesar las regiones centro y sureste del país.
- Los corredores con mayor población en su zona de influencia pasan por la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. En el otro extremo, la población de la zona de influencia de 5 corredores (Pacífico, Península de Yucatán, Transpeninsular de Baja California, Circuito Transistmico y Puebla-Oaxaca-Cd. Hidalgo), es inferior a 8 millones de personas.
- Los corredores más vulnerables ante el cambio climático tienden a ubicarse en las zonas costeras, mientras que los menos vulnerables son corredores transversales o ubicados en el norte de México.
- Tomando en cuenta el IRI, al menos el 80% de la longitud de todos los corredores está en condiciones buenas o aceptables.
- En ocho de los corredores más importantes de la red, al menos el 69.4% de su longitud tiene cuatro o más carriles de circulación. Por otra parte, en 6 corredores el 68.2% de la longitud sigue siendo de dos carriles.
- El régimen de operación de los tramos que componen los corredores es muy variable. Mientras que 9 corredores cuentan con más del 50% de su longitud operando como carreteras de peaje, 4 corredores tienen menos del 20% de su longitud como vías de cuota.
- Los seis corredores con mayores tránsitos promedios atraviesan la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, todos ellos con tránsitos medios arriba de 14,600 vehículos por día.
- En promedio, la participación de los camiones en el flujo vehicular es del 21%.
- La tasa media de crecimiento anual del tránsito durante 2013-2016 estuvo entre 2 y 3% en ocho corredores y sólo en tres corredores se observaron mayores crecimientos. Cuatro corredores crecieron a menos del 2% anual y en uno decreció el tránsito.
- Los Costos de Operación Vehicular (COV's) dependen del tránsito promedio, la topografía y la presencia de vehículos pesados en cada corredor. Cinco corredores generaron costos de operación vehicular superiores a 45,000 millones de pesos, mientras que el COV de diez corredores fue inferior a 37,000 millones de pesos.

- Con excepción de dos corredores, en todos los demás se obtuvo un nivel de servicio bueno o aceptable.
- Con excepción de tres corredores, todos tuvieron índices de accidentes por arriba de la media nacional. También se observó que es necesario contar con más datos para profundizar en el análisis.

5.2.6 Estudios de Cambio Climático

Por su ubicación geográfica, México está expuesto a fenómenos hidrometeorológicos extremos derivados de la presencia anual de huracanes, el fenómeno conocido como “*El Niño*”, frentes fríos, entre otros. Estos fenómenos se han recrudecido en los últimos años como consecuencia del cambio climático, afectando a la infraestructura carretera de diferentes regiones y entidades federativas.

A partir del reconocimiento de la situación de vulnerabilidad del país frente al cambio climático, de sus posibles impactos en la red carretera y de los compromisos establecidos por el Gobierno Federal a nivel nacional e internacional para coadyuvar a la atención de este fenómeno global, la SCT a través de la DGST, consideró conveniente desarrollar un método para identificar los sitios de la Red Carretera Federal expuestos a fenómenos hidrometeorológicos derivados del cambio climático y jerarquizarlos en función de su vulnerabilidad y exposición al riesgo, para identificar medidas de adaptación que permitan prevenir daños a la infraestructura y con ello, minimizar los impactos sociales y económicos para el país.

En consecuencia, la DGST realizó la investigación sobre las metodologías disponibles a nivel internacional. Así, en 2015, se acordó realizar la adaptación del *Marco de Referencia Internacional para el Análisis de los Efectos del Cambio Climático sobre la Infraestructura Carretera*, desarrollado por la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC).

Esta metodología fue seleccionada debido a que su aplicación permite mejorar la resiliencia de las carreteras, es decir, permite incrementar su capacidad de soportar eventos extremos y de recuperarse rápidamente. Consta de tres etapas:

1. Identificación de sitios y evaluación de su nivel de vulnerabilidad.
2. Determinación del nivel de riesgo de cada sitio vulnerable.
3. Identificación de las acciones de adaptación y determinación de prioridades.

En su aplicación se utiliza información climatológica de las variables que tienen un mayor impacto sobre las carreteras, tanto histórica como proyecciones de evolución, así como datos acerca de la red carretera a ser analizada.

Los recorridos en campo representan un componente fundamental del procedimiento. Éstos son efectuados por grupos de personal especializado que identifican los sitios de la red expuestos y en riesgo y obtienen la información necesaria para caracterizarlos y someterlos a la priorización conforme al procedimiento establecido.

Los sitios típicos, expuestos, pertenecen a las siguientes categorías: puentes, túneles, sistemas de drenaje (alcantarillas, cunetas, contracunetas, lavaderos y bordillos), taludes, pavimentos, terraplenes, cortes (graneo, caída de rocas, inestabilidad), vegetación en derecho de vía, señalamiento, alumbrado, zonas inundables e instalaciones para mantenimiento y operaciones de la red.

A continuación, se muestran las etapas, pasos y herramientas del procedimiento para identificar la exposición de sitios de la RCF vulnerables al cambio climático, evaluar el grado de vulnerabilidad y determinar y jerarquizar medidas de adaptación.

Paso	Descripción	Herramienta/Resultados
ETAPA 1: Identificación de sitios y evaluación de su nivel de vulnerabilidad		
1	Exposición a impactos del cambio climático de las carreteras a estudiar	Exposición a impactos de fenómenos hidrometeorológicos extremos.
2	Sensibilidad ante fenómenos hidrometeorológicos extremos	Indicador de sensibilidad de cada sitio a fenómenos hidrometeorológicos extremos.
3	Nivel de vulnerabilidad de cada sitio identificado	Matriz de vulnerabilidad. Indicador de vulnerabilidad de cada sitio identificado.
RESULTADO DE LA ETAPA 1: Indicador de vulnerabilidad de cada uno de los sitios identificados en la red, en una escala de 0 a 5.		
ETAPA 2: Determinación del nivel de riesgo de cada sitio vulnerable		
4	Capacidad de adaptación de las carreteras en los sitios vulnerables	Matriz de capacidad de adaptación. Indicador de capacidad de adaptación de las carreteras en los sitios vulnerables.
5	Posibilidad de ocurrencia de un evento hidrometeorológico extremo	Posibilidad de ocurrencia de un evento hidrometeorológico extremo en un sitio determinado. Indicador de posibilidad de ocurrencia de un evento hidrometeorológico extremo en un sitio vulnerable.
6	Consecuencias de un evento meteorológico extremo en un sitio vulnerable	Consecuencias de un evento hidrometeorológico extremo en cada sitio vulnerable.
7	Indicador de gravedad de las consecuencias de un evento hidrometeorológico extremo en un sitio vulnerable	Matriz de consecuencias de eventos hidrometeorológicos extremos. Indicador de gravedad de las consecuencias de un evento hidrometeorológico extremo.
8	Nivel de riesgo de cada sitio vulnerable	Matriz de nivel de riesgos. Clasificación de riesgos y respuestas. Nivel de riesgo de cada sitio vulnerable.
RESULTADO DE LA ETAPA 2: Nivel de riesgo de cada uno de los sitios vulnerables identificados, en una clasificación de 1 a 4.		

ETAPA 3: identificación de acciones de adaptación y determinación de prioridades		
9	Identificación de acciones de adaptación	Acciones de adaptación propuestas y costos estimados.
10	Análisis multicriterio de acciones propuestas	Criterios de evaluación para el análisis multicriterio. Puntajes asignados a acciones de adaptación para cada sitio vulnerable. Jerarquización de sitios vulnerables según análisis multicriterio
RESULTADO DE LA ETAPA 3: Lista priorizada de acciones de adaptación para los sitios más vulnerables		

Para la aplicación inicial de la metodología se eligieron las carreteras federales libres de los estados de Nayarit y Colima. En función de la disponibilidad de recursos, se estudiaron y evaluaron las redes de los estados de Baja California Sur, Hidalgo y Tabasco, cuyos resultados principales se relacionan a continuación:

Estado	Longitud analizada (km)	Sitios identificados	Sitios vulnerables	Sitios más expuestos al riesgo	Inversión estimada para la atención de los sitios más expuestos al riesgo (mdp)
Baja California Sur	1,248	93	16	15	69.4
Colima	440	40	19	16	68.9
Hidalgo	743	57	21	21	153.5
Nayarit	850	75	29	10	27.3
Tabasco	670	55	20	11	72.2
Total	3,951	320	105	73	391.3

Por razones de astringencia presupuestal, en 2017 se suspendieron los estudios sobre los efectos del cambio climático, sin embargo, es indispensable continuarlos para integrar un programa especial de conservación y reforzamiento de los sitios más vulnerables que se determinen. Este programa debe ser paralelo al Programa Nacional de Conservación de la Red Carretera Federal ya que son complementarios y no sustituibles, atendiendo los objetivos y alcances de cada uno.

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, pero es necesario concluir los estudios a nivel nacional e incluir a las carreteras de cuota.

Al respecto, el Fiduciario del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) encargó a la DGST evaluar 10 autopistas concesionadas que se localizan en la región sureste del país, con la finalidad de implementar las medidas que permitan el reforzamiento de los sitios más vulnerables y con ello, incrementar la resiliencia de las autopistas (Esperanza-Orizaba, Orizaba-Córdoba, Córdoba-La Tinaja, La Tinaja-Veracruz, La Tinaja-Cosoleacaque, Ocozocoautla-Las Choapas, Acayucan-Cosoleacaque, Gutiérrez Zamora-Tihuatlán, Cárdenas-Agua Dulce y Campeche-Champotón).



6. APLICACIÓN DE RECURSOS FINANCIEROS, PRESUPUESTARIOS, HUMANOS Y MATERIALES

6.1 Recursos presupuestarios y financieros

6.1.1 Recursos financieros autorizados y ejercidos

El Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal se encuentra alineado al Plan Nacional de Desarrollo, al Programa Nacional de Infraestructura y al Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes. Su ejecución se lleva a cabo mediante la contratación de servicios relacionados con la obra pública, con terceros. Para tal efecto, anualmente se gestiona su registro en la Cartera de Proyectos de Inversión de la SHCP, conforme a los procedimientos establecidos y los recursos quedan autorizados en el Programa presupuestario (Pp) K 028 “*Estudios de Preinversión*”; debiendo informarse que en su inicio fue autorizado en el (Pp) K033 “*Estudios Técnicos para la Construcción, Operación de Infraestructura de Comunicaciones y Transportes*” y posteriormente fue cambiado por la propia SHCP al Pp K043 “*Otros Programas de Inversión*” (Cuadro 11).

Año	No. Registro Cartera SHCP	Programa presupuestario	Nombre del PPI
2013	12092120001	K 033 "Estudios técnicos para la construcción, operación de infraestructura de comunicaciones y transportes"	Evaluación de los aspectos que inciden en la seguridad vial en diversos tramos de la red carretera federal (iRAP y Auscultación de la Red), en el año 2013.
2014	13092120001	K 043 "Otros programas de inversión"	Evaluación de los aspectos que inciden en la seguridad vial en diversos tramos de la red carretera federal (iRAP y Auscultación de la Red).
2015	14092120002	K 028 "Estudios de preinversión"	Evaluación de los aspectos que inciden en la seguridad vial en diversos tramos de la red carretera federal (iRAP y Auscultación de la Red) 2015.
2016	15092120001	K 028 "Estudios de preinversión"	Evaluación de los elementos superficiales y estructurales de la red carretera federal 2016, a través de su Auscultación con equipos de alto rendimiento.
2017	16092120002	K 028 "Estudios de preinversión"	Evaluación de los elementos superficiales y estructurales de la Red Carretera Federal en 2017, a través de su auscultación con equipos de alto rendimiento.
2018*	17092120003	K 028 "Estudios de preinversión"	Evaluación de los elementos superficiales, estructurales y de seguridad vial de la Red Carretera Federal en 2018, a través de su auscultación con equipos de alto rendimiento.

* En ejercicio

Cuadro 11. Recursos financieros autorizados y ejercidos
Fuente: DGST, Cuenta

Solicitado	Autorizado	Inversión ejercida (mdp)	Observaciones
330	197	60.4	Se ausculta la red secundaria y principales carreteras estatales que conectan la troncal y la red de cuota. iRAP sólo aplicó a carreteras secundarias. La DGCC midió la red básica libre y corredores carreteros.
330	134.7	140.6	Se ausculta Red de Cuota, Corredores Carreteros y Red Básica Libre. iRAP se refiere sólo a la entrega de resultados medidos en 2013.
330	330	116.1	Se ausculta toda la red, cuota y libre. Se reevalúa y reclasifica la red básica libre, corredores carreteros y red de cuota.
250	150	149.9	Se ausculta toda la red, cuota y libre.
250	72	71.2	Por la restricción presupuestal, no se midió el CF de la red secundaria y el FONADIN financió la auscultación de su red.
253	100	95.3	Por la restricción presupuestal, no se midió la red FONADIN (IRI, DET, MAC, PR, CF, DEF) tampoco el CF de la red libre (básica y secundaria).

en el Programa de Auscultación 2013 - 2018
Pública 2013 - 2018

6.1.2 Avance físico y financiero que guarda el programa

En 2018 y conforme al techo presupuestal asignado, así como a los términos bajo los cuales se contrataron los servicios, la auscultación de la red guarda el siguiente avance al 31 de julio, estimando que todos los trabajos concluyan en tiempo y forma para la entrega de los resultados a las áreas usuarias a partir de septiembre.

Subprograma	Contratado (importes sin IVA)		Avances al 31 julio de 2018		Pendiente	
	mdp	Meta física	mdp	Meta Física	mdp	Meta física
Evaluación superficial de los pavimentos (IRI, PR, MAC, DET) mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2018 (Autopistas, Corredores Carreteros y Red Básica Libre de Peaje y Red Secundaria)	\$19,051,767 (incluye ampliación por \$ 280,839)	63,003 (Incluye ampliación de 1,008 km)	\$ 15,985,096	61,241	\$ 3,066,671	1,762
Obtención de elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (Deflexiones) en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2018 (Autopistas, Corredores Carreteros y Red Básica Libre)	\$ 42,985,017	36,398	\$ 41,181,308	34,572	\$ 1,803,709	1,826
Determinación del Coeficiente de Fricción (CF) de la superficie de rodamiento de los pavimentos de la Red Carretera Federal 2018 (Autopistas y Corredores Carreteros)	\$ 16,644,507 (incluye ampliación por \$324,231)	21,343 (incluye ampliación de 458 km)	\$ 16,276,172	20,879	\$ 368,334	464
Integración de los parámetros funcionales y estructurales de los resultados y documentación obtenida en el programa de auscultación de la RCF 2018	\$ 3,688,051	61,995	\$ 1,703,774	22,888	\$ 1,984,277	39,107

Cuadro 12. Avance físico-financiero que guarda el programa al 31 de julio de 2018

Fuente: Dirección de Coordinación y Evaluación de la Dirección General de Servicios Técnicos,
 Residencia de los Servicios

6.2 Recursos humanos

6.2.1 Estructura y plantilla del personal

El Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal está a cargo de la Dirección General Adjunta de Seguimiento y Evaluación de Programas y en su estructura sólo cuenta con la Dirección de Coordinación y Evaluación y con tres operativos que han sido capacitados durante el desarrollo del programa. La Subdirección de Evaluación fue cancelada en el programa de retiro voluntario 2016 y la Subdirección de Coordinación se desocupó a principios de 2018 y se encuentra en valuación, siendo probable su conversión en una jefatura de departamento. Su ejecución sólo es posible mediante la contratación de los servicios con terceros, empresas mexicanas especializadas, con experiencia y tecnología de última generación. Ver **Anexo F**.

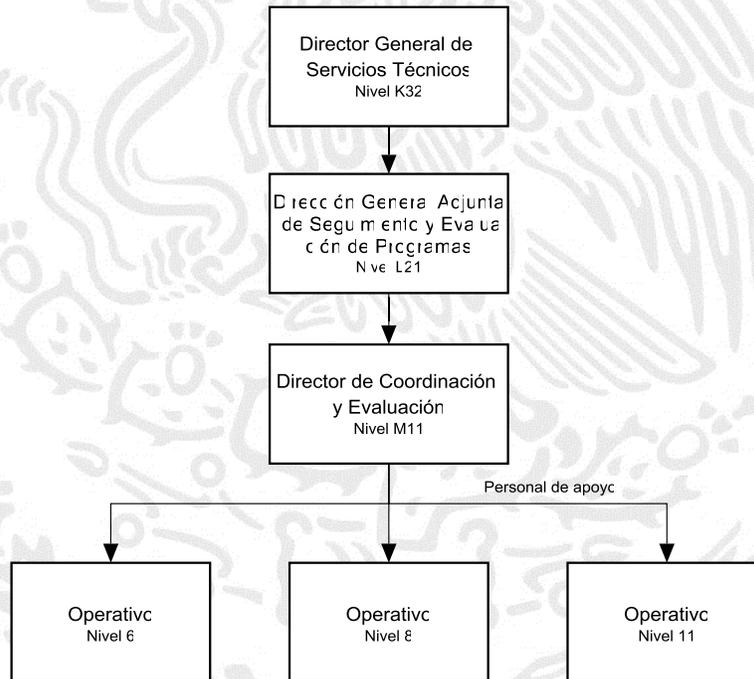


Figura 51. Estructura organizacional de la Dirección General Adjunta de Seguimiento y Evaluación de Programas de la DGST

Para supervisar los trabajos de campo, la DGST cuenta con 31 técnicos especializados, Jefes de Vialidad y Proyectos de las Unidades Generales de Servicios Técnicos, uno por cada Centro SCT. La magnitud y complejidad de los trabajos en campo se traduce en la obtención de indicadores simultáneamente en las 31 entidades federativas, de acuerdo con el programa de trabajo calendarizado que se establece por estudio e indicador y que dura aproximadamente cinco meses del año. Durante estos meses, la

oficina central recibe, analiza y valida las entregas y cálculos que se generan quincenalmente con el apoyo de los servicios de un tercero, en materia de revisión, integración y validación de los parámetros funcionales y estructurales de los resultados y de la documentación que se va generando en el programa. Estos trabajos son supervisados por las residencias de servicios que desempeñan el personal operativo adscrito a la Dirección de Coordinación y Evaluación.

6.2.2 Organización y capacitación

El Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal se ejecuta conforme a los lineamientos, procedimientos y normativa establecida por la DGST; a través de servicios contratados con terceros, mismos que son supervisados en campo por los 31 Jefes de Vialidad y Proyectos de las UGST de los Centros SCT. La Residencia de los Servicios contratados se encuentra en la oficina central y es llevada a cabo por servidores públicos adscritos a la Dirección de Coordinación y Evaluación, de nivel operativo. La DGST en conjunto con otras unidades e instituciones ha otorgado capacitación al personal referido, en relación con el programa de auscultación, en los siguientes cursos, talleres y seminarios:

1. Taller “*Innovación iRAP*”. Washington D.C., E.U.A. Del 17 al 18 de septiembre de 2013. Organizado por PIARC-iRAP, expositor DGST.
2. Presentación “*Implementation of iRAP results to guide road safety investment in 46,000 km of federal roads in Mexico in 2012 and 19,137 km of secondary roads in 2013*”. Birmingham, Reino Unido, 14 de septiembre de 2014. Organizado por PIARC-iRAP, expositor DGST.
3. IV Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial (CISEV). Cancún, México. Del 30 de septiembre al 2 de octubre de 2014. Organizado por IVIA, expositor DGST.
4. Curso “*Gestión de activos carreteros*”. Dirección General de Servicios Técnicos. 12, 19, 26 de septiembre y 3, 10 de octubre de 2014. Organizado por DGST-IMT.
5. Taller “*Carreteras más seguras a través del diseño: Seguridad vial en los márgenes de carreteras y en zonas de trabajos en la vía*”. Ciudad de México. Del 14 al 15 de octubre de 2015. Organizado por IRF.
6. Curso-Taller “*Auditoría de seguridad vial: Corredor México-Nuevo Laredo con ramal a Piedras Negras*”. Guanajuato. 29 y 30 de abril de 2015. Organizado por la Dirección General de Servicios Técnicos.
7. Taller “*Supervisión y seguimiento en campo del Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal*”. Querétaro. 22 y 23 de agosto de 2016. Organizado DGST-IMT.
8. Seminario “*Gestión de carreteras basada en el desempeño. Tema: Campañas de auscultación en la Red Carretera Federal*”. Querétaro. Del 4 al 8 de septiembre de 2017. Organizado por IMT, expositor DGST.

9. Taller “Introducción a las Auditorías de Seguridad Vial”. Ciudad de México. 13 y 14 de noviembre de 2017. Organizado por IRF.



Figura 52. Cursos, talleres y seminarios impartidos por la DGST sobre el Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal

Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos

6.3 Recursos materiales

6.3.1 Situación de los bienes muebles e inmuebles

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.

6.3.2 Recursos tecnológicos, sistemas de cómputo y software

El Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal cuenta con un visor, que permite realizar recorridos virtuales simultáneos de las carreteras para evaluar visualmente los elementos de éstas, correlacionándolos con los parámetros superficiales obtenidos durante las campañas correspondientes. Se encuentra en uso en el área de auscultación de la DGST.

Con el estudio para el pronóstico funcional estructural y de operación de la Red Carretera Federal de cuota, se desarrolló la herramienta que permite actualizar dicho pronóstico en función de las variables relevantes que intervienen en él y el cual fue entregado a la DGDC.

Para el seguimiento de los programas de trabajo en campo, correspondientes a los servicios de auscultación y de la calificación de las carreteras y evaluación del señalamiento, entre otros, se desarrolló un sistema de seguimiento de las UGST, el cual se encuentra en operación, siendo alimentado por dichas Unidades y administrado por la Dirección de Coordinación y Evaluación.

Para calcular los costos de operación vehicular de la RCF libre de peaje, se realizó un estudio y el desarrollo de una herramienta para su cálculo y actualización. Se cuenta con el cálculo de los años 2012 a 2014, quedando pendiente la actualización de los años siguientes. La herramienta se encuentra alojada en la UTIC de la SCT y su administración está a cargo de la Subdirección de Evaluación de Proyectos de la DGST.

En 2014 y 2015 se trabajó en el análisis y la carga de la información obtenida durante las campañas de auscultación realizadas entre 2012 y 2014, a la fecha, se encuentra en revisión la carga y actualización de los años subsecuentes.

6.3.3 Bases de datos e información del Programa de Auscultación

El Programa de Auscultación cuenta con las bases de datos generadas durante la ejecución del programa, las cuales se encuentran en uso y bajo resguardo del área de auscultación de la Dirección de Coordinación y Evaluación de la DGST. En **Anexo C** se presenta la relación de archivos e información contenida en las bases de datos. A la fecha no se cuenta con un sistema que facilite su explotación.

6.4 Convenios, procesos y procedimientos

De 2012 a 2018, a la Dirección General de Servicios Técnicos se le practicaron las siguientes auditorías en las que se solicitó y fue entregada información correspondiente al Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal.

No.	Órgano Fiscalizador	Número de Auditoría	No. de observaciones	No. de observaciones atendidas
1	ASF	OAED 410 2015	2	2
2	ASF	OAED 093 2016	0	0
3	ASF	OAED 392 2016	14	14
4	ASF	OAED 1581 2016	0	0
5	SFP	A02 030	7	7
6	ASF	DGADPP 334-DE	0	0
7	ASF	DGADPP 339-DE	En proceso	En proceso

De las anteriores, la auditoría no. AO2 030 fue practicada por la Secretaría de la Función Pública al Programa de Auscultación, de la cual se generaron 7 observaciones que fueron atendidas en tiempo y forma por la DGST, siendo todas ellas solventadas.

En 2016, la Auditoría Superior de la Federación realizó de manera compartida con las cuatro Direcciones Generales de la Subsecretaría de Infraestructura, las siguientes auditorías:

- Auditoría 392 “*Supervisión, Regulación, Inspección y Verificación de Construcción y Conservación de Carreteras*”
- Auditoría 1581 “*Política Pública de Regulación y Supervisión de la Infraestructura Carretera*”

De los temas auditados, no se presentó ninguna recomendación específica para la DGST, salvo que se propuso que en el proceso de planeación de mediano y largo plazo del desarrollo de la infraestructura carretera federal, la SCT retome los resultados sobre los costos y beneficios de la inspección y evaluación realizada a la Red Carretera Federal mediante la metodología del Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (iRAP), así como el plan de inversión que se formuló con una prospectiva al 2035.

Las auditorías restantes no corresponden a la DGST como Unidad Responsable y sólo fue requerida, por parte del Órgano de Fiscalización, información complementaria:

- Auditoría 410 “*Operación de la Red Federal de Carreteras*”
- Auditoría 093 “*Regulación y Supervisión de la Infraestructura Carretera*”
- Auditoría 334-DE “*Títulos de concesión de caminos y puentes federales*”.
- Auditoría 339-DE “*Conservación y operación de caminos y puentes de cuota*”.

Sin embargo, la Auditoría Superior de la Federación realizó a la Dirección General de Servicios Técnicos dos recomendaciones correspondientes a las auditorías 334-DE y 339-DE, las cuales fueron atendieron en conjunto con las Unidades Responsables auditadas, como se describe a continuación:

<p>Nombre de la auditoría: ASF 334-DE "Títulos de concesión de caminos y puentes federales"</p>	<p>Nombre de la auditoría: ASF 339-DE "Conservación y operación de caminos y puentes de cuota"</p>
<p>Número de Recomendación: 16-0-09100-02-0334-01-014</p>	<p>Número de Recomendación: 16-0-09100-02-0334-01-014</p>
<p>Observación: Para que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), por conducto de la Dirección General de Servicios Técnicos, en coordinación con las unidades generales de servicios técnicos de los centros SCT, establezca acciones a efecto de que, al llevar a cabo la inspección, verificación y vigilancia de los caminos y puentes, se levanten las actas circunstanciadas en presencia del concesionario y el operador de las vías concesionadas en las que se hagan constar los resultados obtenidos y con esos documentos se dé curso y complemente el procedimiento legal para la aplicación de sanciones.</p>	<p>Observación: Para que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en el ámbito de sus atribuciones, establezca mecanismos de control a efecto de que la medición del Índice de Rugosidad Internacional, obtenida como resultado de las auscultaciones a la red federal de carreteras que realiza la Dirección General de Servicios Técnicos, sea ingresada con oportunidad en el Modelo de Gestión Vial HDM-4, para contar con un estado físico real de la red, y que éstos a su vez sean de utilidad y se encuentren alineados en la determinación de las obras por atender de las necesidades del Programa Nacional de Conservación de Carreteras; debido que al no contar oportunamente con las mediciones referidas, a partir del ejercicio 2015, la Dirección General de Conservación de Carreteras realiza una degradación de los índices obtenidos como resultado de las auscultaciones previas, con base en la experiencia del personal, del cual resulta un estado físico simulado que es utilizado como insumo en el Modelo de Gestión Vial HDM-4. Los términos de esta recomendación y los mecanismos para su atención fueron acordados con la entidad fiscalizada.</p>
<p>Acciones implementadas: Esta recomendación fue atendida por esta Dirección General de Servicios Técnicos con fecha 5 de abril de 2018, mediante oficios números 3.3.-497 y 3.3.2.-118, dirigidos a la Dirección General de Programación, Organización y presupuesto de la SCT, en los que se informa sobre el procedimiento de calificación y la entrega de los resultados a la Dirección General de Desarrollo Carretero, como Normativa Responsable de supervisar y dar seguimiento al cumplimiento de las condiciones establecidas en los Títulos de Concesión y, así como al Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) y a CAPUFE, en su calidad de concesionario</p>	<p>Acciones implementadas: Esta recomendación fue atendida por esta Dirección General de Servicios Técnicos en acuerdo con la Dirección General de Conservación de Carreteras, entidad fiscalizada. En reunión celebrada en la Subsecretaría de Infraestructura el día 13 de diciembre, esta Dirección General se comprometió a entregar los resultados de la auscultación 2017 el 15 de diciembre del mismo año, lo cual se cumplió en tiempo y forma, mediante oficios 3.3.-521 y 3.3.-522 con los que se hizo entrega de la información</p>

<p>de las autopistas del Fondo y operador y mantenedor de las mismas, respectivamente.</p> <p>Sobre el particular, mediante oficio 5.1.-732 de fecha 13 de abril de 2018, la Directora General de Programación, Organización y Presupuesto envió al Auditor Superior de la Federación la documentación soporte con el resultado de las medidas que fueron adoptadas por parte de la Dirección General de Servicios Técnicos para atender la recomendación mencionada, solicitando la solventación por parte del Órgano Fiscalizador.</p>	<p>a la Dirección General de Conservación de Carreteras.</p> <p>Lo anterior, se informó al Director General de Auditoría de Desempeño a Programas Presupuestarios y a la Dirección General de Programación, Organización y Presupuesto de la SCT, mediante los oficios número 3.3.-519 y 3.3.-520, respectivamente.</p> <p>El 10 de enero de 2018, la Dirección General de Servicios Técnicos entregó a la Dirección General de Conservación de Carreteras, información adicional correspondiente a los resultados de las deflexiones y coeficiente de fricción obtenidos en 2017. Con oficios 3.3.2.-08 y 3.3.2.-09, de los cuales en el primero se solicitó a la DGCC una reunión de trabajo para continuar revisando temas relacionados con los resultados de la auscultación.</p>
<p>Acciones a seguir:</p> <p>Para reforzar los servicios de calificación del estado físico, así como de los servicios que se prestan a los usuarios de las autopistas, mediante oficios 3.3.-498, 3.3.-499, 3.3.-500 y 3.3.-653, se emitieron las siguientes disposiciones en la materia, respectivamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A las Unidades Generales de Servicios Técnicos, para que convoquen invariablemente al concesionario en el proceso de calificación e integren la evidencia fotográfica del proceso en el expediente. • A la Dirección General de Desarrollo Carretero, para que entregue a la DGST los programas de conservación que valida a los concesionarios en forma anual, para retroalimentación de los trabajos de inspección y verificación a que haya lugar. • A CAPUFE, para que como operador y mantenedor de las autopistas del FONADIN y como responsables de los tramos que conforman su Red Propia, para que instruya a sus áreas responsables a la participación en la calificación referida en los tiempos y horas establecidos por las UGST. • A las Unidades Regionales de Servicios Técnicos para que convoquen invariablemente al concesionario en el proceso de calificación de los servicios e integren la evidencia fotográfica del proceso en el expediente. 	<p>Acciones a seguir:</p> <p>El 23 de abril del presente año, las Direcciones Generales de Servicios Técnicos y de Conservación de Carreteras celebraron reunión para dar seguimiento a las acciones para concluir con la atención a la recomendación referida. Dicha reunión se llevó a cabo el día 2 de mayo de 2018. En la minuta de los acuerdos alcanzados, se estableció que los resultados de la auscultación 2018 se presenten en el tercer cuatrimestre de 2018 a más tardar en octubre.</p>

6.5 Compromisos y sistemas institucionales

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2006, el número de fallecidos en siniestros de tránsito fue de 17,003 personas y el número de lesionados ascendió a más de 600,000 personas.

En ese contexto, en 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas, proclamó el período 2011 – 2020 *Decenio de Acción para la Seguridad Vial*, con objeto de estabilizar y reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito.

Como parte de la comunidad internacional, México se adhirió al proclamo emitido por la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas, conocido como *Decenio de la Seguridad Vial 2010-2020*, cuyo objeto es estabilizar y reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo. Como consecuencia, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y la Secretaría de Salud publicaron en el Diario Oficial de la Federación de fecha 6 de junio de 2011, la *Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2011-2020*, con el propósito de contribuir a reducir las lesiones, discapacidades y muertes por accidentes de tránsito en la Red Carretera Federal y vialidades urbanas, así como promover el fortalecimiento y mejora de los servicios de atención médica prehospitalaria e intrahospitalaria por accidentes de tránsito, mediante las acciones a que se refiere el *Anexo Único* de dicho Acuerdo y que forma parte integral del mismo. En el Acuerdo por el que se da a conocer la Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2011-2020 se estableció, por parte de las delegaciones participantes, la meta de reducir en un 50% en el número de muertes por accidentes viales, así como implementar estrategias y acciones específicas en 5 ejes de actuación a nivel nacional y regional: infraestructura, gestión de la seguridad vial, usuario, vehículos y atención prehospitalaria.

Por otra parte, en el ámbito de los sistemas institucionales, el Programa de Auscultación de la RCF reporta el cumplimiento de sus objetivos, metas y el avance de sus actividades a través de indicadores de resultados que se verifican periódicamente, en los siguientes:

1. **Portal Aplicativo de la SHCP (PASH)**. Matriz de Indicadores de Resultados (MIR) del Pp K 028 *Estudios de Preinversión*.
2. **Indicadores Institucionales de la SCT**. Indicador 1. *Evaluación superficial de los pavimentos en la Red Carretera Federal Libre (Básica y Secundaria), Autopistas y Corredores Carreteros*.
3. **Sistema de Administración de Riesgos de la SCT**. Programa de Trabajo de Administración de Riesgos de la Subsecretaría de Infraestructura.
4. **Comité de Control de Desarrollo Institucional (COCODI)**. Da seguimiento al cumplimiento de las metas institucionales entre las que se encuentra la correspondiente a la evaluación superficial de los pavimentos de la RCF.

En **Anexo D** se presenta el concentrado de reportes 2013-2018 de cada uno de los sistemas institucionales mencionados.

6.6 Relación de archivos institucionales

En **Anexo E** se presenta la lista de 69 expedientes de contratos celebrados para la ejecución del programa.



7. PROBLEMÁTICA DETECTADA

Como quedó demostrado, el Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal es un proceso indispensable para fortalecer la planeación, conservación y operación de las carreteras federales que requiere fortalecerse. No obstante, no cuenta con una estructura mínima para su administración y gestión. Está insertado en un área de coordinación y de evaluación totalmente adelgazada por los retiros voluntarios, siendo recomendable generar una estructura mínima de ingeniería y evaluación. La Subdirección de Evaluación fue cancelada en el programa de retiro voluntario 2016 y la Subdirección de Coordinación se desocupó a principios de 2018 y se encuentra envaluación, siendo probable su conversión en una jefatura de departamento.

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 la magnitud de la Red, de más de 49,000 km, la SCT requiere de su evaluación por un área responsable, que establezca la política, las estrategias y actualice las normas y procedimientos, en función del desarrollo tecnológico y de las buenas prácticas internacionales. En términos de lo establecido en el Reglamento Interno de la Dependencia, esa Unidad es la DGST, sin embargo, en ocasiones se presentan duplicidades entre las áreas.

Una de las estrategias que debe evaluarse es la relacionada con evitar la auscultación y evaluación de las carreteras por los responsables de ejecutar los trabajos constructivos y de mantenimiento, ya que los convierte en juez y parte del proceso y eventualmente, se llegan a duplicar los recursos en la ejecución de un mismo servicio.

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, pero es necesario concluir los estudios a nivel nacional e incluir a las carreteras de cuota.

La supervisión de la ejecución del programa y sus servicios contratados, en lo relacionado con los trabajos de campo recae prácticamente en 31 Jefes de Vialidad y Proyectos de las Unidades Generales de Servicios Técnicos, los cuales tienen que recurrir frecuentemente a las áreas de obras para que les apoyen en el desempeño de sus supervisiones, ya que no ha sido posible dotarlos de elementos de trabajos como GPS, camionetas para recorridos de supervisión de los equipos de medición, etc. Una situación similar se presenta en el área central, con el personal operativo que realiza las acciones de Residentes. Finalmente, es necesario avanzar en el procesamiento, análisis y explotación de las bases de datos generadas y por generar, mediante la actualización de las herramientas hasta ahora desarrolladas.

En 2014 y 2015 se trabajó en el análisis y la carga de la información obtenida durante las campañas de auscultación realizadas entre 2012 y 2014, a la fecha, se encuentra en revisión la carga y actualización de los años subsecuentes, pero es indispensable acelerar este tipo de trabajos, para la sistematización adecuada de los resultados de la auscultación.

8. RESULTADOS ALCANZADOS E IMPACTOS IDENTIFICADOS

8.1 Logro de objetivos y resultados en el cumplimiento de las metas comprometidas

La administración de la RCF requiere entre otros aspectos de la aplicación de acciones oportunas y eficientes de modernización y de conservación que permitan a la SCT mantener el patrimonio vial, evitando el deterioro de los pavimentos, el incremento de los costos de operación en que incurrir los usuarios de las carreteras y corrigiendo los aspectos físicos y operacionales que inciden en la generación de muertes y heridos graves ante la ocurrencia de accidentes.

El primer paso para asignar acciones de conservación a las carreteras, de manera adecuada, es conocer el estado que guardan, tanto desde el punto de vista del nivel de servicio que otorgan a los usuarios, como de la capacidad que tienen para resistir las cargas que transitan por ellas. Por tanto, es necesario el diagnóstico de las condiciones de los pavimentos desde el punto de vista funcional y estructural como parte del sistema de planeación de la Red.

Durante las últimas décadas, las áreas que integran la Subsecretaría de Infraestructura, en el ámbito de sus atribuciones, han gestionado la red de manera parcial y con un enfoque correctivo. Esto debido a la falta de un esquema de planeación que involucrara la evaluación de pavimentos como una técnica objetiva y sistemática, independiente de las áreas responsables de ejecutar la operación y conservación de las carreteras, así como de la recopilación de información técnica de los caminos mediante su auscultación, para analizar y diagnosticar su capacidad estructural y funcional en términos de sus niveles de confort, costos de operación vehicular y condiciones de seguridad vial.

En lugar de esta integración de elementos, cada área hacía su autoevaluación sin considerar el entorno de la red ni los atributos paramétricos necesarios para diagnosticar en forma integral a las carreteras y sin establecer las políticas y estrategias de intervención a largo plazo, que contemplaran las medidas correctivas y preventivas necesarias.

Uno de los principales logros alcanzados con la implementación del Programa de Auscultación de la red con equipos de alto rendimiento y de última generación consiste

en que se mide y evalúa anualmente con los mismos criterios técnicos, en forma continua, en función de indicadores de desempeño que se comparan con los umbrales de aceptación/rechazo establecidos por la DGST, por cada tipo de red.

La información que se genera se entrega a las áreas responsables de su modernización y conservación, ya que los elementos auscultados y evaluados les sirven para determinar las estrategias de intervención, tanto a nivel red como a nivel proyecto y con ello, maximizar las inversiones autorizadas.

Hasta 2016, la obtención de los indicadores de desempeño para conocer el estado físico de las carreteras se realizó con base en la normativa internacional, adecuada a las condiciones nacionales. Debido a que estas normas y manuales fueron desarrolladas por países cuyas redes, políticas y estrategias de mantenimiento son diferentes de las nacionales, la DGST llevó a cabo la elaboración de 31 normas y manuales técnicos que regulan la auscultación de las carreteras, de los cuales 25 están publicados y 6 se encuentran en la fase final de revisión técnica, para su autorización por el organismo competente. Así, a partir de 2016, las mediciones y evaluaciones de los indicadores de desempeño se realizan bajo normas y manuales técnicos autorizados y publicados en la NIT y sirven de consulta y aplicación a los agentes que intervienen en los procesos de auscultación, evaluación, conservación y modernización de las carreteras federales. Es necesario señalar que los manuales publicados incorporan tanto los equipos de alto rendimiento como los equipos de medición puntual que se utilizan para trabajos específicos que requiere el Sector a los proyectistas, empresas contratistas y supervisoras, principalmente.

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.

En esta materia, la DGST elaboró 7 manuales de auditorías de seguridad vial de carreteras, correspondientes a las fases de factibilidad, anteproyecto, proyecto ejecutivo, pre-apertura, inicio de operación, seguimiento a la operación y zonas de obra; con la finalidad de que el área competente inspeccione y compruebe en forma sistemática las condiciones de seguridad de una carretera desde el perfil o factibilidad

de la misma. Dichos trabajos sientan un precedente a nivel regional, con excepción de Chile que ha incursionado en trabajos similares.

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. Con su aplicación, se sustituyó el uso de formatos y procedimientos preestablecidos en los que influía el criterio subjetivo del evaluador, por parámetros técnicos objetivos. En 2018 se trabaja en la elaboración de la nueva norma para calificar el estado físico de las carreteras, ya que la vigente data de 1996.

Conforme se avanzó en la curva de aprendizaje de la auscultación y evaluación de la red, la DGST determinó iniciar las evaluaciones sobre el comportamiento estructural de los puentes de la Red Carretera Federal. Para ello, en 2015 y 2016, inició la evaluación de los puentes cuyas superestructuras fueron construidas con base en el sistema de tridilosas y aquellos que tienen accesos construidos a base de muros de tierra mecánicamente estabilizados. Los resultados de las evaluaciones realizadas a 256 puentes fueron entregados a la DGCC para que fuesen considerados en su programa anual de conservación de estructuras. Es necesario continuar con los estudios y la evaluación de los puentes faltantes, con el fin de que queden establecidos los factores que han provocado fallas estructurales en estos sistemas y proponer las soluciones pertinentes, desde cambios de sistema, supervisión a los procesos constructivos, entre otros. Es de señalar que ambos subsistemas se implementaron desde la década de los setenta del siglo pasado y la Dependencia no ha realizado la evaluación integral de los mismos.

Como consecuencia de la inestabilidad de los cortes y taludes en las carreteras federales, la DGST elaboró una herramienta para registrar y actualizar el inventario de taludes inestables, la cual fue entregada a la DGCC como un instrumento de apoyo en la programación de las acciones conducentes.

En función de la auscultación y evaluación de las autopistas concesionadas, se determinó necesaria la elaboración de un estudio sobre el pronóstico funcional, estructural y de operación de la Red Carretera Federal de cuota, mismo que fue entregado a la DGDC como una herramienta de apoyo para la planeación del desarrollo estratégico de la red de acuerdo con lo que le establece el Artículo 20 del Reglamento Interior de la SCT.

También se realizó el estudio para caracterizar los 15 Corredores Carreteros de la RCF con base en 11 indicadores, que permite a los responsables de planear y modernizar la red conocer la situación en la que se encuentran para determinar las acciones a seguir.

Por último, en 2016, por primera vez se realizaron estudios para identificar la exposición a los efectos de fenómenos hidrometeorológicos derivados del cambio climático de las carreteras federales de los estados de Baja California Sur, Colima, Hidalgo, Nayarit y Tabasco. Mediante estos estudios se establecieron recomendaciones para reforzar los activos carreteros en los sitios identificados como vulnerables. Los resultados se entregaron a la DGCC y en 2017, los estudios se extendieron a 10 autopistas del FONADIN.

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.

Hasta 2012	2012 - 2017
<ul style="list-style-type: none"> • Calificación y evaluación del estado físico de la RCF con aplicación de formatos manuales y visitas de campo por las UGST, procesados en hojas Excel, para datos de 49,000 km en promedio anual. • Aplicación de criterios cuantitativos y, subjetivos de tres elementos que participan en el levantamiento de la información en campo. • Entrega de resultados extemporáneos, hasta de seis meses. • Evaluación de puntos negros (puntos de conflicto) en campo, a partir de la estadística de accidentes. Proceso reactivo (se identifica hasta que ocurren los accidentes y muertes). 	<ul style="list-style-type: none"> • Auscultación de parámetros funcionales y estructurales de la red, para determinar sus condiciones de confort y seguridad, así como la capacidad de carga de los pavimentos y su vida útil remante. • Mediciones continuas con equipos de alto rendimiento, con resultados a 20, 100 y 1000 metros y puntuales a cada 100, 200 y 500 metros, dependiendo del tipo de red e indicador. • Clasificación de las carreteras por estrellas, atendiendo sus niveles de seguridad, para proveer a las áreas responsables con contramedidas, inversiones estimadas, costo beneficio de implementación que les permite identificar los puntos de riesgo de manera preventiva. • Se elimina el criterio subjetivo del evaluador durante el levantamiento de la información. Los resultados que se obtienen de las mediciones en campo se comparan con Umbrales de aceptación/rechazo establecidos por la DGST. • Se evalúa la RCF en menos de 365 días con parámetros técnicos. • Se evalúa a partir de 2014 el señalamiento vertical y horizontal con base en resultados de auscultación y a partir de 2015, se califica el estado físico de las carreteras libres; procedimiento que se encuentra en mejora continua. • Se inicia la evaluación del comportamiento estructural de puentes de la RCF, con accesos de muros de tierra mecánicamente estabilizados y superestructura de tridilosa, así como sobre el impacto sobre los activos carreteros derivados de fenómenos hidrometeorológicos asociados al cambio climático.

8.2 Efectos producidos e identificación y justificación de proyectos que deben tener continuidad

Debido a la reducción de recursos presupuestales ocurrida en 2017 y 2018, se disminuyeron varias metas de la auscultación de la red. En el aspecto funcional, en el último año no se evaluó el coeficiente de fricción de las carreteras básicas y secundarias de la red libre. Tampoco se realizó la evaluación trienal correspondiente a 2018 de las condiciones de seguridad vial y por tanto, la reclasificación de las carreteras de toda la red. Se dejó de auscultar la red del FONADIN, tanto en sus condiciones superficiales como estructurales.

Por lo anterior y dado que la auscultación es un insumo fundamental para planear, evaluar, y calificar, en lo subsecuente, se requiere realizar la auscultación en forma integral conforme a la estrategia implementada, obtener los parámetros superficiales anualmente y los estructurales en forma bienal, ya que la Dirección General de Conservación de Carreteras (DGCC) requiere mantener actualizada la información técnica de los tramos que componen la red libre de peaje (Corredores Carreteros, Básica y Secundaria), para gestionar las acciones inherentes a su conservación; la Dirección General de Desarrollo Carretero (DGDC) necesita tener los elementos técnicos que le permitan conocer el estado físico de cada tramo y subtramo para, con base en ello, validar los programas de mantenimiento que le presentan los concesionarios de las autopistas de cuota, así como ejecutar el seguimiento al cumplimiento de lo establecido en los títulos de concesión. En el ámbito de los tramos en mantenimiento y operación bajo el régimen de APP's, la Dependencia requiere realizar sus propias mediciones para constatar los resultados que presenten los agentes de supervisión y en su caso, aplicar las penalizaciones conducentes.

También es necesario actualizar la clasificación de la seguridad vial de la red (corredores carreteros, autopistas y red básica libre) aplicando la metodología iRAP y establecer la política correspondiente a nivel Subsecretaría. Esto permitirá evaluar los avances en materia de seguridad derivados de las acciones de conservación ejecutadas en los diferentes tramos carreteros y proponer las contramedidas o alternativas de solución, con sus costos de inversión estimados, para continuar con su mejora. Con base en las contramedidas integrar un plan de mediano plazo por las áreas responsables de la conservación de las carreteras libre y de cuota para desarrollarlo paralelamente con el programa de conservación anual de las vías.

Por otra parte, es necesario continuar con la calificación del estado físico de las carreteras libres con base en los resultados obtenidos en el Programa de Auscultación. Sin embargo, la red de cuota continúa calificándose bajo el método tradicional, ya que en términos de lo establecido en los títulos de concesión, el concesionario está obligado

a mantener la carretera con una calificación superior a los 400 puntos. Con objeto de generar una calificación más objetiva, es necesario que la DGST actualice el procedimiento para la calificación de la red de cuota, a partir de la elaboración de la norma y el manual correspondientes.

Es indispensable continuar con la evaluación del comportamiento estructural de puentes y los estudios que miden el impacto de los fenómenos meteorológicos derivados del cambio climático sobre los activos carreteros, a efecto de establecer conjuntamente con la DGCC y la DGC, los programas de reforzamiento, proponer los cambios de sistemas procedentes y fortalecer los esquemas de supervisión con observancia obligatoria.

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.

8.3 Recomendaciones y propuestas de políticas y estrategias que contribuyen al seguimiento del programa

El Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal es único en el Sector Coordinado. 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.

Conforme lo establece el Reglamento Interior de la SCT, la DGST debe 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. En ese sentido, el programa de auscultación y evaluación de la RCF debe reforzarse para proveer de información técnica a las áreas encargadas de construir, conservar y operar las carreteras. Además, debe continuar actualizando las normas y procedimientos para calificar los caminos y evaluar el señalamiento de la red; avanzar en el diseño de procedimientos para evaluar el drenaje, en forma conjunta con la DGCC y la DGDC y sus concesionarios; continuar con la evaluación del comportamiento estructural de los puentes de la Red y sobre los procedimientos de construcción, operación y conservación de la infraestructura. De esta forma, con la auscultación, calificación y evaluación de los distintos componentes de la RCF y junto con otros programas que realiza la DGST de acuerdo con sus atribuciones, se cumplirá el ciclo que se muestra en la Figura 51.

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.

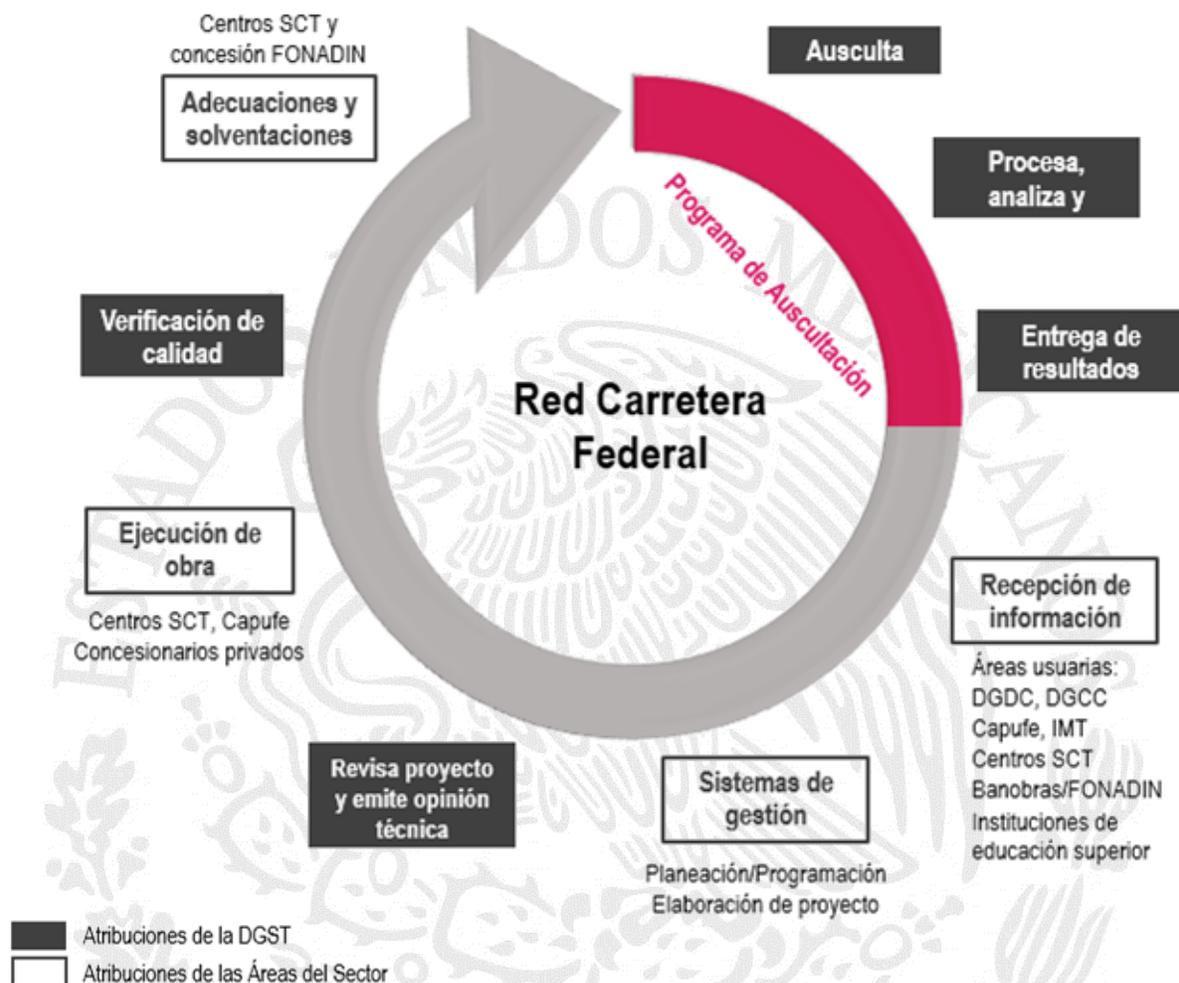


Figura 53. Ciclo integral de planeación de la Red Carretera Federal.

Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos. Elaboración propia.

Durante la ejecución de las obras, la DGST verifica su calidad y los resultados constituyen elementos técnicos para la aceptación o rechazo de los trabajos por parte del Residente de Obra. De los resultados de la verificación a nivel nacional, la DGST identifica las acciones de mejora, tanto para la ejecución de los trabajos como para su supervisión y propone las acciones de actualización y reforzamiento conducentes a las Áreas Normativas y a la Coordinación General de Centros SCT.

Mejorar la conservación de los activos carreteros es una obligación de la Dependencia, siendo indispensable auscultar la red a través de las acciones descritas para determinar

los estudios, proyectos y obras necesarias de conservación periódica y reconstrucción, ya que, como lo afirma el Instituto Mexicano del Transporte:

“...el gasto adicional por kilómetro debido a la ausencia de una conservación eficaz (falta de conservación, o conservación inadecuada), cubre con suficiencia los montos necesarios para mantener índices de servicio altos (rugosidad baja), por periodos razonablemente prolongados. En otras palabras, un supuesto ahorro al aplicar acciones de conservación baratas que no atacan los problemas de raíz, pero que alcanzan para "hacer algo" en el mayor número de kilómetros, significa varios millones de pesos al país por el costo adicional de operación que implica a los usuarios recorrer caminos que rápidamente alcanzan índices de servicio bajos (rugosidades altas)”.

“Por ello es conveniente, en términos generales, aplicar diseños con periodos útiles prolongados cada vez que sea posible pues, por alto que sea su costo, rápidamente será recuperado por el país al bajar los costos de operación de los usuarios”⁴.

⁴ Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 471 *Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2016*, Sanfandila, Querétaro, 2016, 75 pp.

9. PROSPECTIVAS Y RECOMENDACIONES

Como se ha demostrado, la auscultación de la Red Carretera Federal es un proceso fundamental para evaluar las carreteras y los resultados obtenidos son indispensables para la gestión y planeación de la infraestructura carretera a cargo de la SCT.

Debido a que este programa produce información necesaria para el desarrollo del ciclo de inversión para la infraestructura carretera del país, es necesario fortalecerlo en el marco de la estrategia establecida, asignándole los recursos de inversión necesarios para su ejecución integral en toda la red y carreteras que la conforman y evitar la práctica de ajustar sus metas y sus alcances con el fin de compensar la falta de recursos en otros programas.

La planeación de la red, así como el diseño y evaluación de las posibles acciones y su implementación, requiere del diagnóstico y el análisis de la naturaleza de los problemas de la RCF. En este proceso, la auscultación realizada bajo lineamientos, criterios y procedimientos técnicos proporciona la información fundamental requerida tanto para el diagnóstico y análisis de los problemas (evaluación *Ex-ante*) como para la evaluación de los resultados de su implementación (evaluación *Ex-post*).

La evaluación periódica del pavimento tiene el fin de valorar objetivamente la condición de las carreteras y ha sido objeto de importantes avances tecnológicos, convirtiéndose en un proceso sistematizado, capaz de aportar información confiable y necesaria para la toma de decisiones sobre las posibles estrategias que pueden ser aplicables para conservar y rehabilitar los pavimentos.

Por ello, la auscultación es necesaria para la evaluación de la RCF y ésta debe realizarla la DGST, conforme a sus atribuciones, con el fin de eliminar las asimetrías de información que se generan cuando cada Dirección Normativa de la Subsecretaría de Infraestructura o usuario del Sector Coordinado ausculta y evalúa por su propia cuenta las carreteras que tiene en operación.

Por otra parte, durante cada campaña de auscultación se genera información y bases de datos demasiado robustas, por lo que se requiere revisar la herramienta desarrollada para su registro y actualizarla con el fin de agilizar su explotación y consulta por parte de las áreas que la utilizan.

A la fecha, la auscultación y evaluación de la red cubre las condiciones superficiales y estructurales de los pavimentos, así como de seguridad vial, sin embargo, es necesario desarrollar avances en los siguientes aspectos:

En seguridad vial se requiere medir la retroreflexión del señalamiento, que constituye la guía del camino y establecer la metodología más eficiente a nivel red. En la misma materia, es necesaria la reactivación de la evaluación y reclasificación por estrellas de las carreteras atendiendo a sus condiciones de seguridad vial, de acuerdo con la metodología iRAP, vinculando las contramedidas propuestas con el programa de conservación de las carreteras y desarrollando una jerarquización de acciones en función del costo-beneficio de su implementación, en términos de vidas salvadas.

Asimismo, es necesario actualizar las bases de datos de la estructura del pavimento, con sondeos exploratorios directos y sondeos continuos con radar de penetración (GPR).

Es importante continuar midiendo la textura de los pavimentos ya que, directamente, puede provocar deterioro prematuro en los neumáticos de los vehículos en circulación, ruido excesivo e incrementar los costos de operación de los usuarios de las carreteras. Además, de que es un factor importante para el desalojo del agua de la superficie de rodadura lo que repercute en la seguridad de los usuarios.

Por otra parte, se requiere auscultar y evaluar el estado físico y el funcionamiento hidráulico de las obras de drenaje (alcantarillas, cunetas, contracunetas y lavaderos), para que las áreas responsables de su conservación realicen el mantenimiento preventivo y correctivo progresivamente, con base en estudios y proyectos técnicos diseñados conforme a la normativa.

El sistema de puentes de la red descansa en inspecciones periódicas que establecen los responsables de su mantenimiento. Sin embargo, requiere inspecciones técnicas para verificar la capacidad hidráulica y la posible socavación de sus apoyos. De igual manera, se necesita de la inspección y evaluación de la capacidad estructural en función de los sistemas constructivos que ha utilizado la Dependencia a lo largo de más de 50 años, durante los cuales, las cargas vivas se han incrementado y han cambiado su distribución.

La red carretera de nuestro país es vulnerable a los fenómenos meteorológicos derivados del cambio climático y por ello debe ser reforzada con el fin de contar con una infraestructura resiliente. En consecuencia, dentro del Programa de Auscultación y evaluación de la red, es menester continuar estudiando los activos carreteros de los 26 estados faltantes y diseñar, en coordinación con las instancias competentes de la Subsecretaría de Infraestructura y de la SHCP, el programa de reforzamiento con sus estudios y proyectos correspondientes y con su respectiva evaluación de riesgo (identificación de amenazas, vulnerabilidad y exposición).

10. ASUNTOS RELEVANTES

La planeación de la Red Carretera Federal se desarrolla al interior de las propias unidades que integran la Subsecretaría de Infraestructura y en conjunto, determinan la programación de los trabajos que consideran necesarios para modernizar, conservar y operar las carreteras. Ello depende de las atribuciones que cada una de las áreas tiene conferidas en el Reglamento Interior de la Dependencia, siendo la DGDC la unidad que integra la planeación de la red, realizando evaluaciones económicas y financieras para determinar los proyectos que deban realizarse por inversión pública o mediante la figura de asociaciones público-privadas.

Es necesario revisar y modificar la figura organizacional, en particular de la DGST, para fortalecer y desarrollar la evaluación de la RCF de manera integral, dotándola de la infraestructura técnica y organizacional.

La estructura de la DGST debe ser actualizada y reforzada, de acuerdo con sus funciones, para que cumpla con las atribuciones de normar, evaluar y verificar la infraestructura del transporte, con énfasis en el transporte carretero. El personal técnico es insuficiente y en promedio, su antigüedad laboral data de más de 40 años, lo que implica su próxima jubilación, sin considerar que no cuenta con cuadros de reposición en el periodo inmediato. En particular, el área de auscultación carece de estructura y personal para el desarrollo eficiente de sus funciones, situación que es compensada parcialmente por la contratación de servicios con terceros, y a su vez, se encuentra limitada por la dotación de recursos presupuestales. En ese sentido, es imprescindible la reorganización e integración del área técnica de auscultación, dentro de la propia reestructuración que se realice a la DGST.

Se requiere actualizar el Programa de Auscultación incorporando los aspectos de seguridad vial faltantes, el drenaje, las estructuras y puentes y el reforzamiento de activos para su evaluación integral. Así, los resultados obtenidos permitirán determinar las acciones más convenientes, atendiendo a indicadores de desempeño, que se diseñen y en su caso se reconstruyan, orientados a reducir los costos de operación, mejorar el confort y la seguridad de los usuarios para incrementar la competitividad de las carreteras.

En cuanto a tecnologías de información (TIC's), se cuenta con una infraestructura primaria, lo que limita la distribución y difusión de las bases de datos y de la información técnica de los servicios de auscultación y evaluación que genera la DGST, información indispensable que debe ser entregada en forma oportuna a los usuarios del Sector Coordinado.

11. CONCLUSIÓN

En conclusión, el desarrollo y la mejora en los índices de competitividad de la infraestructura carretera de nuestro país depende en gran medida de las acciones que el Gobierno Federal implemente a través de las distintas dependencias del Sector, considerando la demanda de más y mejores caminos por parte de los usuarios.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Servicios Técnicos, evalúa el estado funcional, estructural y de seguridad vial de la red y para ello realiza el Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal, el cual es único en el Sector Coordinado.

Debido a que la auscultación de las carreteras es un procedimiento indispensable para la evaluación del estado físico de las mismas y ésta forma parte del proceso integral de planeación de la Red Carretera Federal, la DGST debe realizarla de manera independiente de las áreas encargadas de construir, conservar y operar las carreteras, lo que implica la revisión y en su caso, reestructuración de dichas áreas con las funciones y procesos a su cargo.

En este sentido, se requiere avanzar en la evaluación integral de la Red Carretera Federal fortaleciendo el programa y profundizando en tres rubros principales:

1. La mejora de la supervisión de los trabajos de campo.
2. La explotación de la información generada en las campañas de auscultación por las áreas responsables de construir, modernizar, conservar y operar las carreteras de la red a cargo de la SCT.
3. La realización de auditorías de seguridad vial conforme a los manuales desarrollados por la DGST, a efecto de que se auditen progresivamente las distintas etapas de una carretera: Factibilidad, Proyecto ejecutivo, Ejecución, Pre-apertura, Entrada en operación (dos primeros años), Operación y Zonas de Obra. Esto, con el fin de asegurar que las obras ejecutadas cumplan con las especificaciones establecidas en el proyecto, aseguren la vida útil para la cual fueron proyectadas, en condiciones de seguridad vial y de servicio adecuadas.

Para ello, es necesario que la Subsecretaría de Infraestructura establezca una política integral de evaluación basada en tres pilares: disposición política, reestructura institucional y capital suficiente para poder desarrollar el programa con los resultados esperados.



GLOSARIO DE TÉRMINOS

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Activo carretero	Es el conjunto de bienes tangibles o intangibles que posee la infraestructura carretera. Se consideran aquellos bienes que tienen una alta probabilidad de generar un beneficio económico a futuro y se puede gozar de los beneficios económicos que el bien otorgue. Los activos son un recurso o bien económico con los cuales se obtienen beneficios.
Auscultación	Es la exploración de un tramo carretero 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.
Coefficiente de Fricción (CF)	La fricción se cuantifica a través de un coeficiente adimensional denominado Coeficiente de Fricción, que se define como la fuerza tangencial que se desarrolla entre la banda del neumático y la superficie de rodadura, la cual evita el derrape de los vehículos. Esta fuerza se mide en relación con la carga vertical debida al peso del vehículo. De acuerdo con la Normativa para la Infraestructura del Transporte, la condición del Coeficiente de Fricción se clasifica en <i>Bueno, Aceptable y No aceptable</i> .
Costo de Operación Vehicular (COV's)	El Costo de Operación Vehicular se define como la suma de todos los costos en que incurren los vehículos al circular por una carretera. Los Costos de Operación Vehicular se expresan en pesos por kilómetro (\$/km) por vehículo representativo y en costos anualizados por carretera. Entre los costos que se consideran para realizar el cálculo se encuentra el consumo de combustible, lubricantes, neumáticos, utilización del vehículo, depreciación, etc. Los costos se ven influenciados por efecto del estado físico de la carretera, cantidad y tipo de vehículos, trazo geométrico del camino, entre otros.
Deflexión (DEF)	Es la medida de deformación elástica o de movimiento vertical que experimenta un pavimento al paso de una carga y está en función, no sólo del

tipo y estado del pavimento sino también del método y dispositivo de medición, así como la temperatura y humedad de la sección de pavimento. De acuerdo con la Normativa para la Infraestructura del Transporte, la condición estructural de los pavimentos se clasifica en *Bueno*, *Regular* y *Malo*.

Deterioro superficial (DET)

Los deterioros son defectos visibles en la superficie del pavimento que evidencian su degradación por efecto de las cargas del tránsito, los agentes medioambientales, las características de los materiales o el tiempo de servicio. El tipo de deterioro, su extensión y su gravedad son indicativos del nivel de servicio del pavimento y son el resultado de su capacidad estructural y funcional.

Índice de Fricción Internacional (IFI)

Es un indicador que expresa la condición superficial del pavimento relacionando su coeficiente de fricción y su macrotextura. Se expresa a través de un par de valores F_{60} y S_p , donde F_{60} es el valor de la fricción idealizada a 60 km/h, medida con cualquier equipo y es un número adimensional que va de 0 a 1 y; S_p es la constante de velocidad, que representa la velocidad adecuada de circulación dependiendo de la medida de macrotextura del pavimento, es un número positivo sin límites determinados y con unidades de velocidad en km/h.

Índice de Regularidad Internacional (IRI)

El Índice de Regularidad Internacional es una medida de referencia que representa la regularidad de la superficie de un pavimento a través de un estadístico del perfil longitudinal del mismo. Este estadístico se calcula como la relación entre el desplazamiento acumulado de la suspensión de un vehículo específico y la distancia recorrida por el mismo a una velocidad de ochenta (80) kilómetros por hora y se expresa en metros por kilómetro o milímetros por metro. En lugar de un sistema mecánico real, el vehículo empleado en el cálculo del IRI corresponde a un modelo matemático conocido como cuarto de carro, que simula la circulación de un sólo sistema rueda - suspensión. De acuerdo con la Normativa para la Infraestructura

del Transporte, la condición del IRI se clasifica en *Bueno, Aceptable y No satisfactorio*.

Kilómetro-carril

Es la unidad utilizada en la medición longitudinal de cada uno de los carriles de un tramo carretero.

Kilómetro-estudio

Es la unidad utilizada en la medición longitudinal que se realiza una vez por cada cuerpo de un tramo carretero.

Macrotextura (MAC)

Se refiere a la textura superficial del pavimento, resultado del relieve que forman las partículas de los agregados pétreos que sobresalen de la superficie. Las propiedades de la macrotextura están dadas por la granulometría de mezcla asfáltica que exista en la superficie o por el tipo y profundidad del texturizado realizado sobre el concreto hidráulico. De acuerdo con la Normativa para la Infraestructura del Transporte, la condición de la Macrotextura se clasifica en *Bueno, Regular y Malo*.

Profundidad de Roderas (PR)

Es la profundidad máxima respecto a la superficie plana del pavimento de la depresión longitudinal generada por el paso de las cargas de tránsito en pavimentos asfálticos para un tramo en específico. De acuerdo con la Normativa para la Infraestructura del Transporte, la condición de la Profundidad de Roderas se clasifica en *Bueno, Regular y Malo*.

Punto negro o de conflicto

Es un punto de una carretera donde han ocurrido cuatro o más accidentes, o un accidente con muertes, o dos accidentes con heridos; en cada uno de los dos últimos años analizados pudiendo ser curva, entronque, puente, cruce con vías férreas, cuya longitud para el análisis será del orden de un kilómetro.

Tramo de conflicto

Es una zona donde se concentran ocho o más accidentes en cada uno de los dos últimos años analizados, pudiendo ser un tramo en tangente o zona de curvas, además de presentar características físicas y operativas similares. Su longitud será de 1 km hasta 15 km.



SIGLAS Y ACRÓNIMOS

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

APP	Asociación Público-Privada
ASF	Auditoría Superior de la Federación
CF	Coeficiente de Fricción
COV	Costo de Operación Vehicular
dbf	<i>data base file</i>
DEF	Deflexión
DET	Deterioro superficial
DGC	Dirección General de Carreteras
DGCC	Dirección General de Conservación de Carreteras
DGDC	Dirección General de Desarrollo Carretero
DGST	Dirección General de Servicios Técnicos
EAR	Equipo de Alto Rendimiento
FONADIN	Fondo Nacional de Infraestructura
FWD	<i>Falling Weight Deflectometer</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HDM-4	<i>Highway Development and Management</i>
IFI	Índice de Fricción Internacional
IMT	Instituto Mexicano del Transporte
iRAP	<i>International Road Assessment Programme</i>
IRF	<i>International Road Federation</i>
IRI	Índice de Regularidad Internacional
IVIA	Instituto Vial Ibero-Americano
km	kilómetro
km/hr	kilómetro por hora
kPa	kilo pascal
LCMS	<i>Laser Crack Measurement System</i>
m	metro
mdp	Millones de pesos
MAC	Macrotextura
MIR	Matriz de Indicadores de Resultados
ms	milisegundo
NIT	Normativa para la Infraestructura del Transporte
PASH	Portal Aplicativo de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público
PIARC	<i>Permanent International Association of Road Congresses</i>
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNI	Plan Nacional de Infraestructura
Pp	Programa presupuestario
PPI	Programas y Proyectos de Inversión
PR	Profundidad de Roderas

PSCT	Plan Sectorial de Comunicaciones y Transportes
RCF	Red Carretera Federal
RCN	Red Carretera Nacional
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SFP	Secretaría de la Función Pública
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
TDPA	Tránsito Diario Promedio Anual
TIC´s	Tecnologías de la información y la comunicación
UGST	Unidad General de Servicios Técnicos
URST	Unidad Regional de Servicios Técnicos
UTIC	Unidad de Tecnologías de Información y Comunicaciones
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>





REFERENCIAS Y FUENTES DE INFORMACIÓN

REFERENCIAS Y FUENTES DE INFORMACIÓN

Fuentes

- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, *Acuerdo por el que se da a conocer la Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2011-2020*, Diario Oficial de la Federación DOF, Ciudad de México, 2011, 3 pp.
- GOBIERNO DE LA REPÚBLICA, *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*, Gobierno de la República, México, 2012, 184 pp.
- INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE, *Publicación Técnica No. 389. Proyecto de mejoramiento de un tramo carretero a partir de su evaluación con el modelo iRAP*, IMT, Sanfandila, Querétaro, 2013, 129 pp.
- INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE, *Publicación Técnica No. 471. Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2016*, IMT, Sanfandila, Querétaro, 2016, 75 pp.
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, *Plan Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018*, Gobierno de la República, 2012, 130 pp.
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, *Programa Nacional de Infraestructura 2013-2018*, Gobierno de la República, 2012, 219 pp.
- DOF 2009, *Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes*, Diario Oficial de la Federación DOF, SCT, México, 2009, 43 pp.
- SECRETARÍA DE SALUD/STCONAPRA, *INFORME SOBRE LA SITUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL, México 2014*, CONAPRA Secretariado Técnico, 2014, 184 pp.

Publicaciones especializadas

- DE BUEN RICHKARDAY, ÓSCAR, *Tendencias mundiales: evolución del sistema carretero y temas de actualidad*, AMIVTAC Revista Vías Terrestres núm. 32, Ciudad de México, 2014, 48 pp.
- INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE, *Comparación estadística entre la clasificación por estrellas y la accidentabilidad en carreteras federales*, IMT Revista Notas núm. 157, Sanfandila, Querétaro, 2015, 6 pp.

Normativa para la Infraestructura del Transporte

- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. N·CSV·CAR·1·03·004/16 Determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI)*, 2016, publicado en www.normas.imt.mx
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. M·MMP·4·07·004/16 Determinación del perfil longitudinal con Perfilómetro Inercial*, 2016, publicado en www.normas.imt.mx
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. N·CSV·CAR·1·03·006/16 Determinación de la Macrotextura (MAC)*, 2016, publicado en www.normas.imt.mx

- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. M·MMP·4·07·007/16 Determinación de la Macrotextura con Equipo Escáner*, 2016, publicado en www.normas.imt.mx
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. M·MMP·4·07·008/16 Determinación de la Profundidad Media de la Macrotextura con Perfilómetro Láser*, 2016, publicado en www.normas.imt.mx.
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. N·CSV·CAR·1·03·009/16 Determinación de la Profundidad de Roderas (PR)*, 2016, publicado en www.normas.imt.mx.
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. M·MMP·4·07·017/16 Determinación del Perfil Transversal y cálculo de la Profundidad de Roderas con Perfilómetro de Alto Rendimiento*, 2016, publicado en www.normas.imt.mx.
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. M·MMP·4·07·018/16 Determinación de la Profundidad de Roderas con Equipo Óptico Láser*, 2016, publicado en www.normas.imt.mx.
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. N·CSV·CAR·1·03·008 Determinación de los Deterioros Superficiales del pavimento (DET)*, 2017, publicado en www.normas.imt.mx.
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. M·MMP·4·07·014/17 Determinación de los Deterioros Superficiales del pavimento con Equipo Escáner*, 2017, publicado en www.normas.imt.mx.
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. M·MMP·4·07·015/17 Determinación de los Deterioros Superficiales del pavimento con Equipo Láser*, 2017, publicado en www.normas.imt.mx.
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. N·CSV·CAR·1·03·007/17 Determinación del Coeficiente de Fricción (CF)*, 2017, publicado en www.normas.imt.mx.
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. M·MMP·4·07·010/17 Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Oblicua*, 2017, publicado en www.normas.imt.mx.
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. M·MMP·4·07·011/17 Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Parcialmente Bloqueada*, 2017, publicado en www.normas.imt.mx.
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. M·MMP·4·07·012/17 Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Bloqueada*, 2017, publicado en www.normas.imt.mx.
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. M·MMP·4·07·023 Determinación del Índice de Fricción Internacional*, 2017, publicado en www.normas.imt.mx.
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. N·CSV·CAR·1·03·010/17 Determinación de las Deflexiones de un pavimento (DEF)*, 2017, publicado en www.normas.imt.mx.
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. M·MMP·4·07·020/17 Determinación de las Deflexiones con Equipo de Impacto*, 2017, publicado en www.normas.imt.mx.
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. M·MMP·4·07·021/17 Determinación de las Deflexiones con Equipo de Medición Discontinua*, 2017, publicado en www.normas.imt.mx.
- _____, *Normativa para la Infraestructura del Transporte. M·MMP·4·07·024 Determinación de la Vida Remanente*, 2017, publicado en www.normas.imt.mx.



ANEXO A

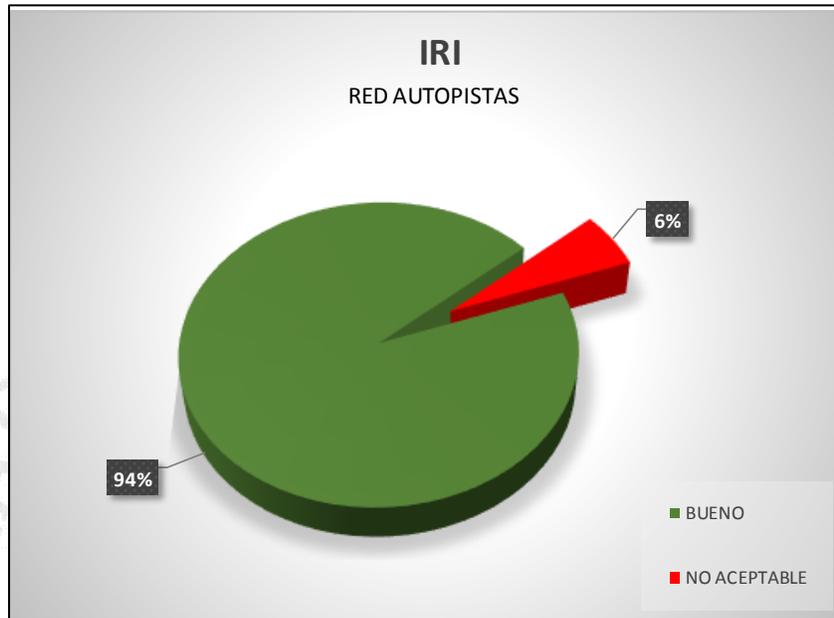
Resultados del Programa de Auscultación a nivel nacional y por tipo de red

RESULTADOS DEL PROGRAMA DE AUSCULTACIÓN A NIVEL NACIONAL Y POR TIPO DE RED

Indicador	Condición (Edo. físico)	Equivalente NIT	Autopistas (% de red)	Red básica y corredores (%)	Red secundaria (%)
IRI	Bueno	Bueno	96	45	22
	Regular	Aceptable	-	40	38
	Malo	No satisfactorio	4	15	40
PR	Bueno	Bueno	13.3	23	26
	Regular	Regular	57.3	31	21
	Malo	Malo	29.4	46	53
MAC	Bueno	Bueno	97	77	81
	Regular	Regular	-	-	-
	Malo	Malo	13	23	19
DET	Bueno	Bueno	99	75	71
	Regular	Regular	-	-	-
	Malo	Malo	1	25	29
CF	Bueno	Bueno	33.7	22.8	17.3
	Regular	Aceptable	51.9	40.7	40.6
	Malo	No aceptable	15.4	36.5	42.1
DEF	Bueno	Bueno	63	67	50
	Regular	Aceptable	-	21	27
	Malo	No aceptable	37	12	23
SV	5 estrellas	NA	9.6	6.4	2.9
	4 estrellas		16.5	15.9	10.7
	3 estrellas		33.6	40.0	37.5
	2 estrellas		23.1	23.6	29.5
	1 estrella		15.2	14.1	19.4

Nota: Elaborado con datos generados en el Programa de Auscultación de la RCF, 2017 (IRI, MAC, DET, PR, CF); 2016 (DEF básica libre, corredores carreteros y red de cuota); 2017 (DEF, secundaria); Seguridad vial (red básica, corredores carreteros, red de cuota/2015 y secundaria/2013)

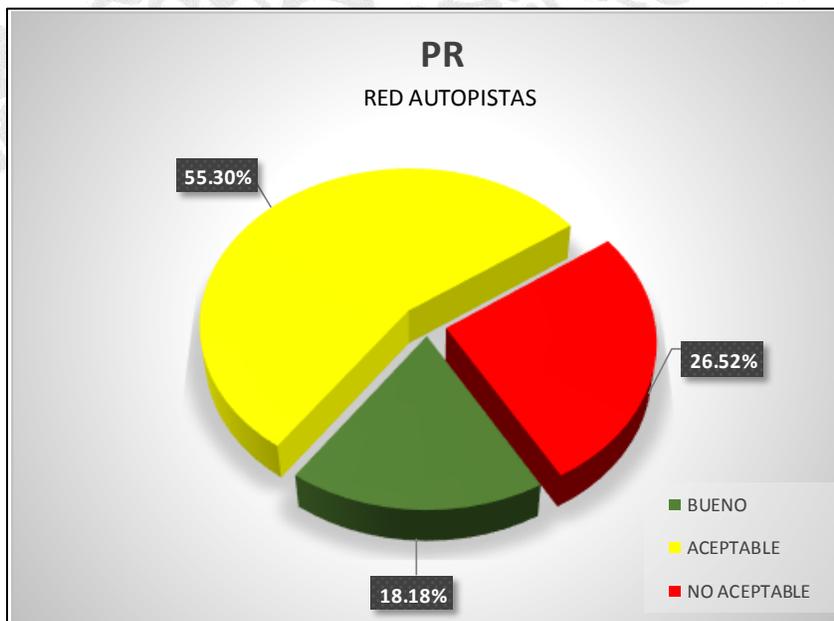
Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



Red de Cuota

Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación

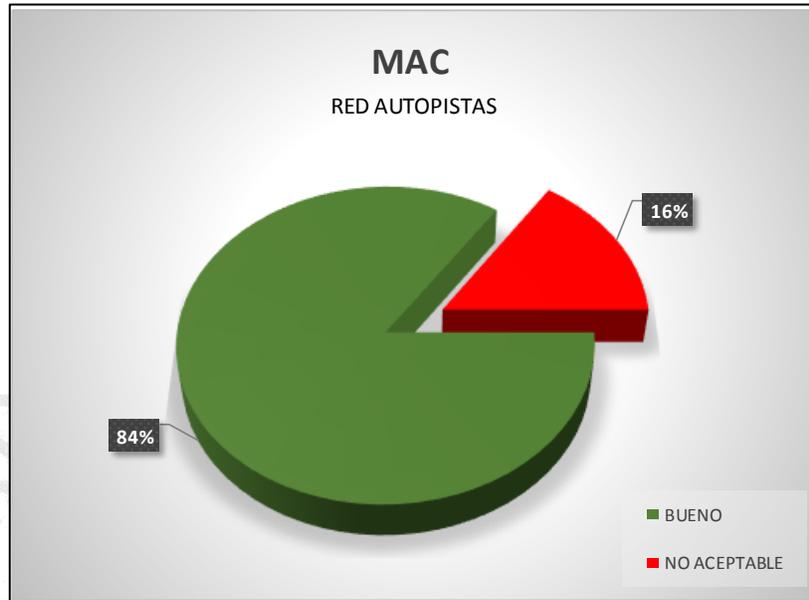
Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



Red de Cuota

Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación

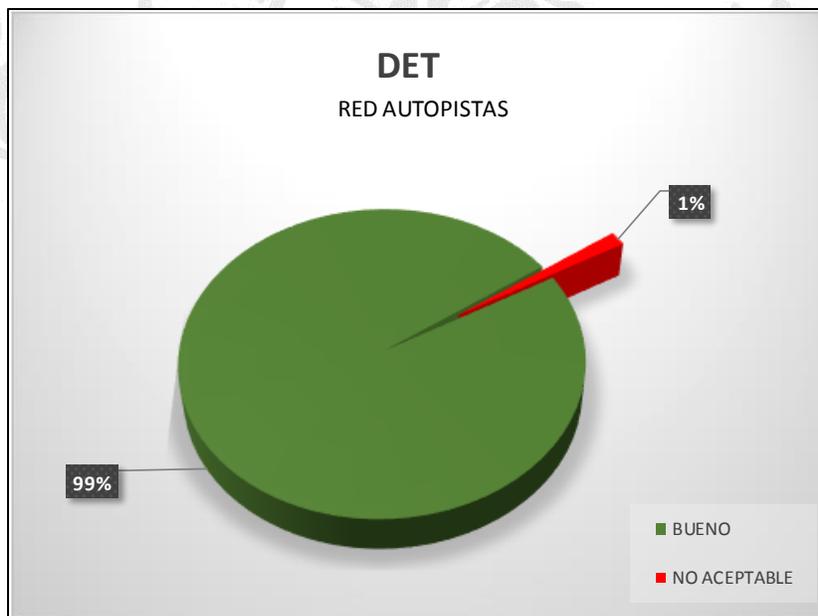
Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



Red de Cuota

Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación

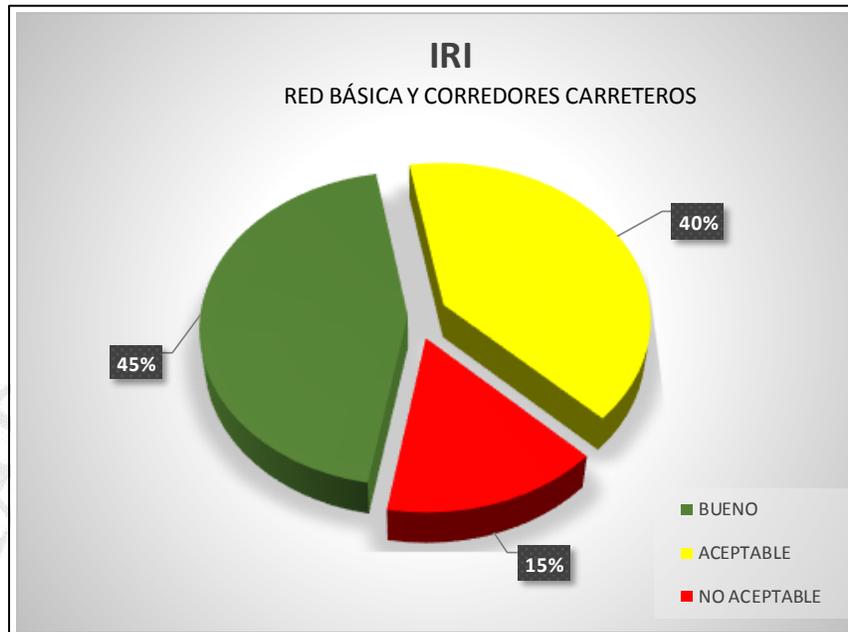
Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



Red de Cuota

Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación

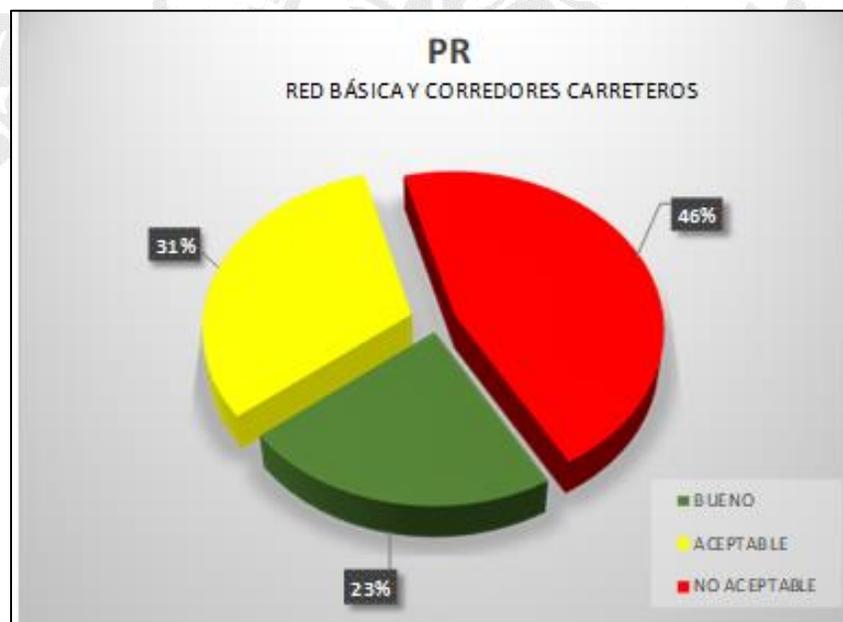
Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



Red básica libre y corredores carreteros

Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación

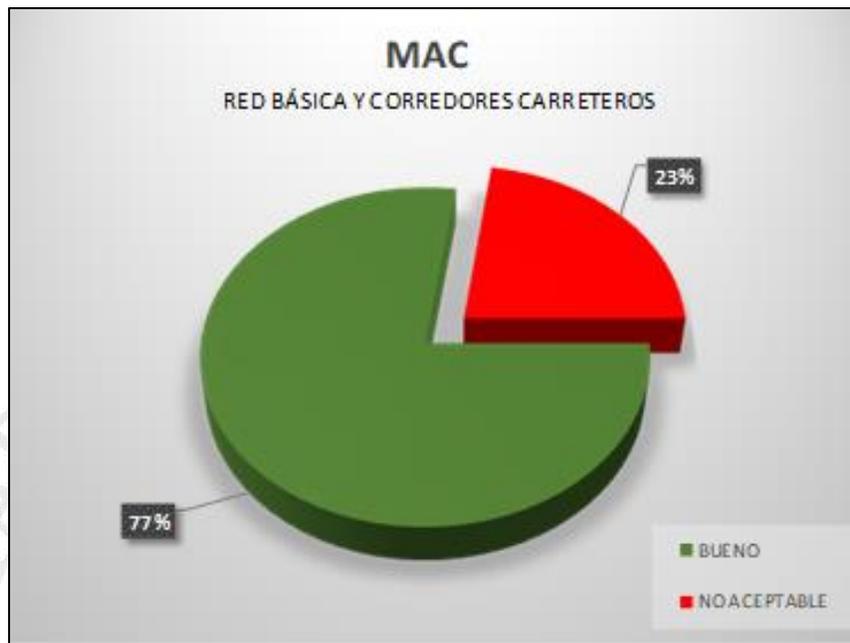
Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



Red básica libre y corredores carreteros

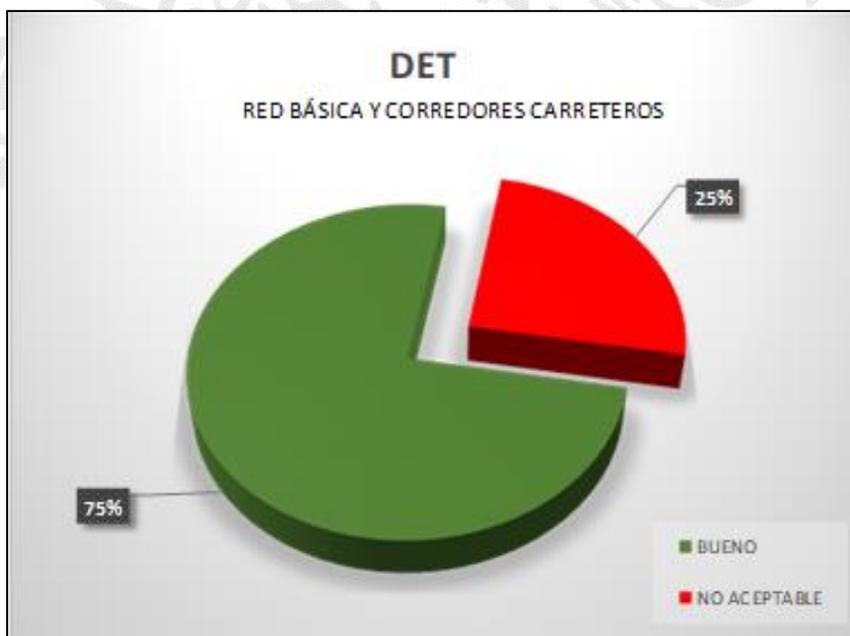
Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación

Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



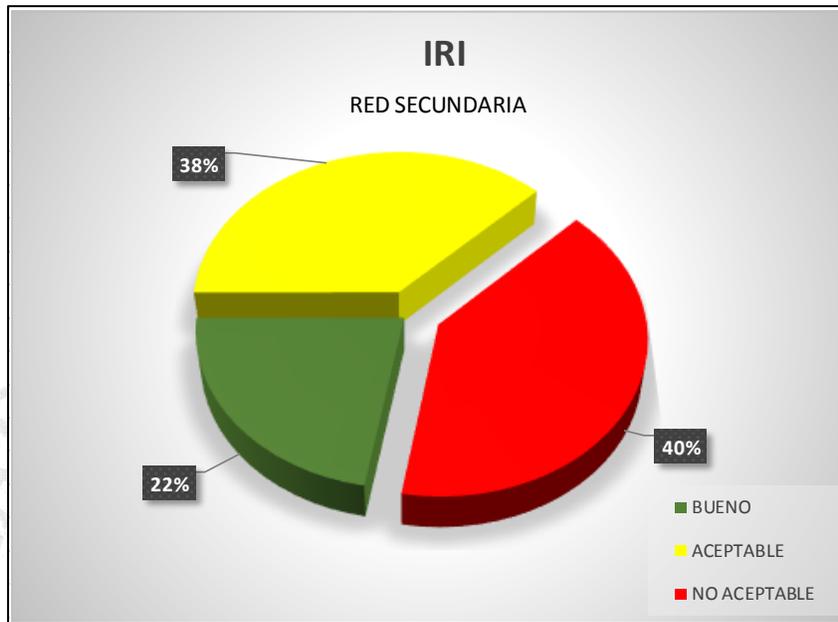
Red básica libre y corredores carreteros
Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación

Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



Red básica libre y corredores carreteros
Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación

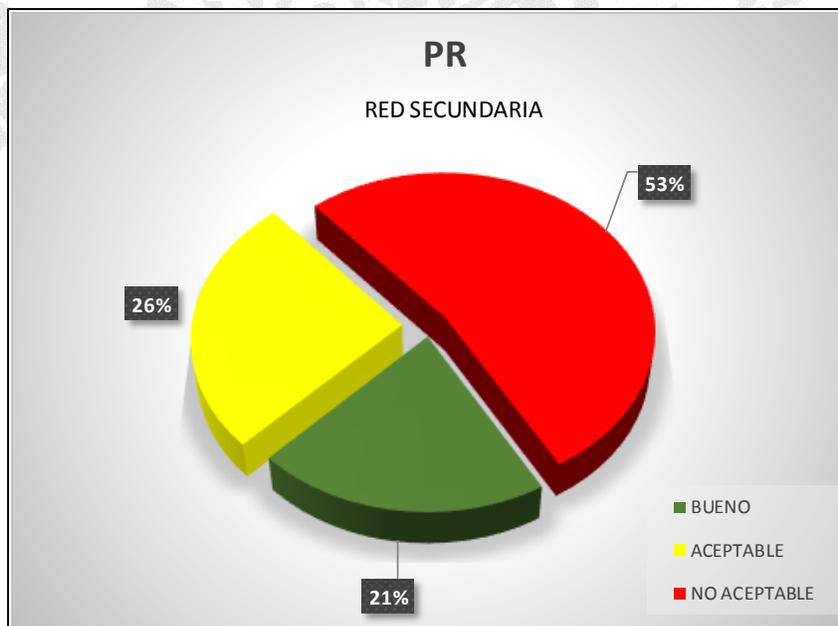
Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



Red secundaria

Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación

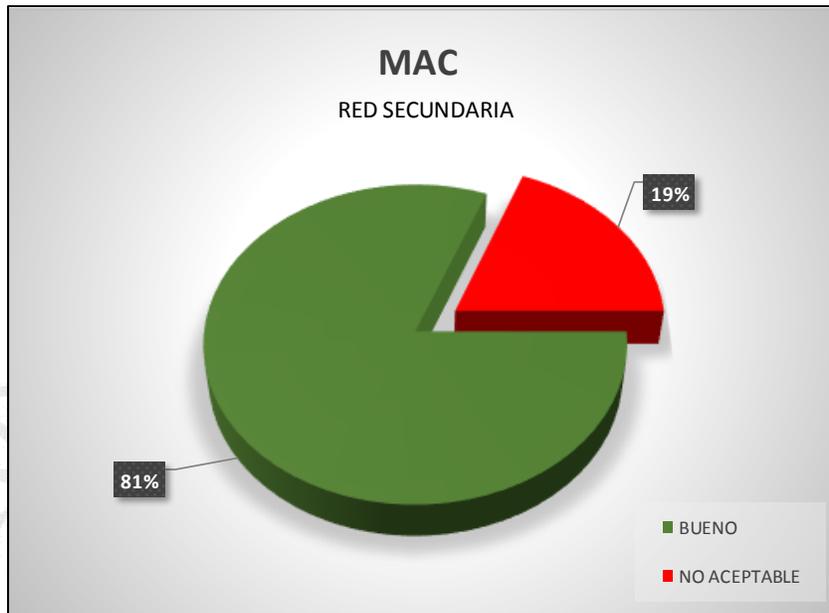
Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



Red secundaria

Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación

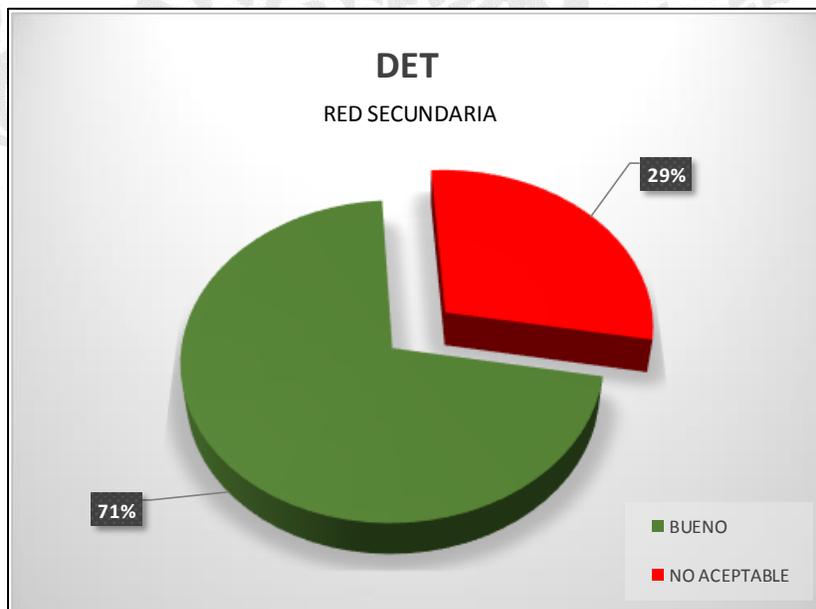
Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



Red secundaria

Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación

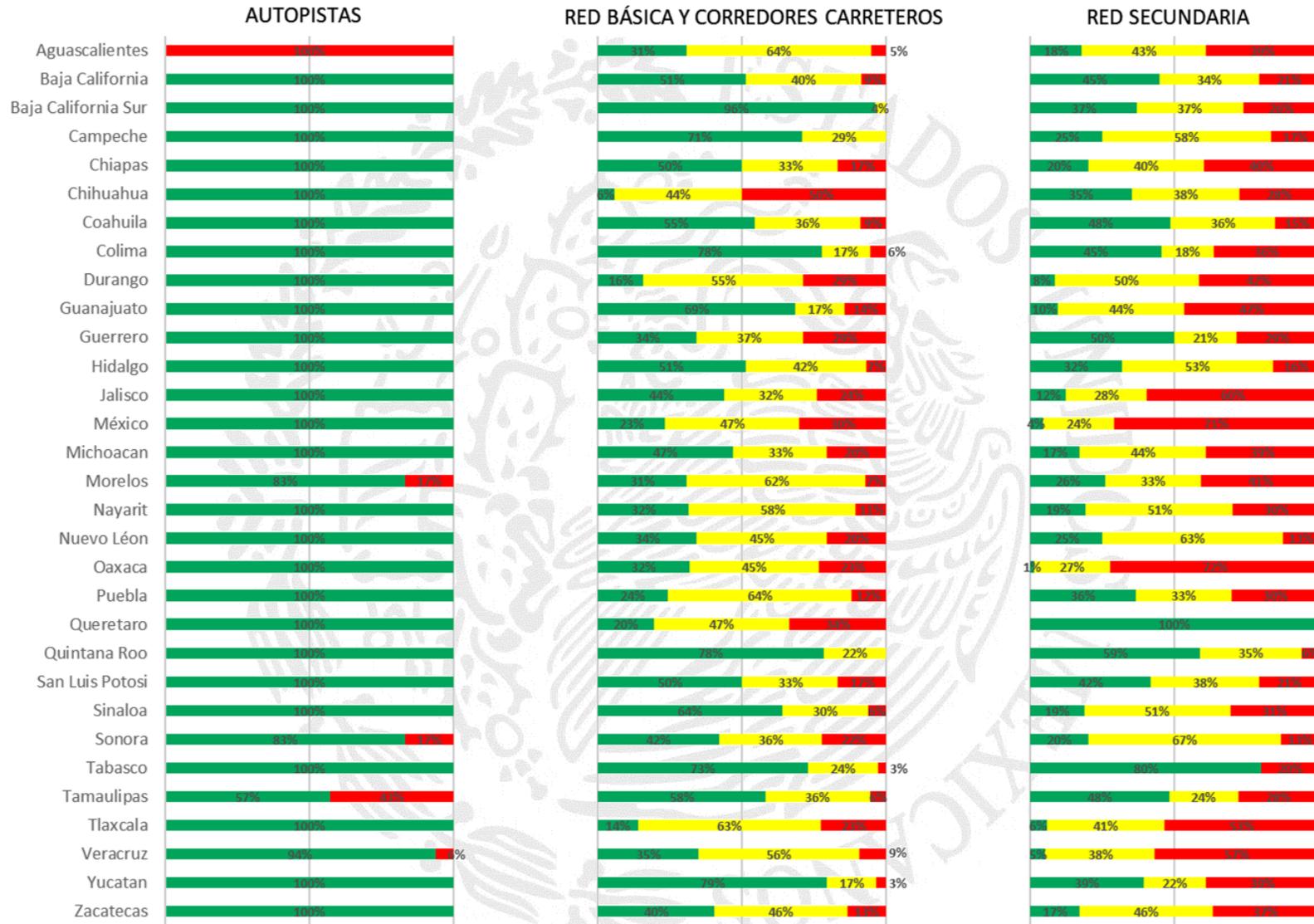
Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



Red secundaria

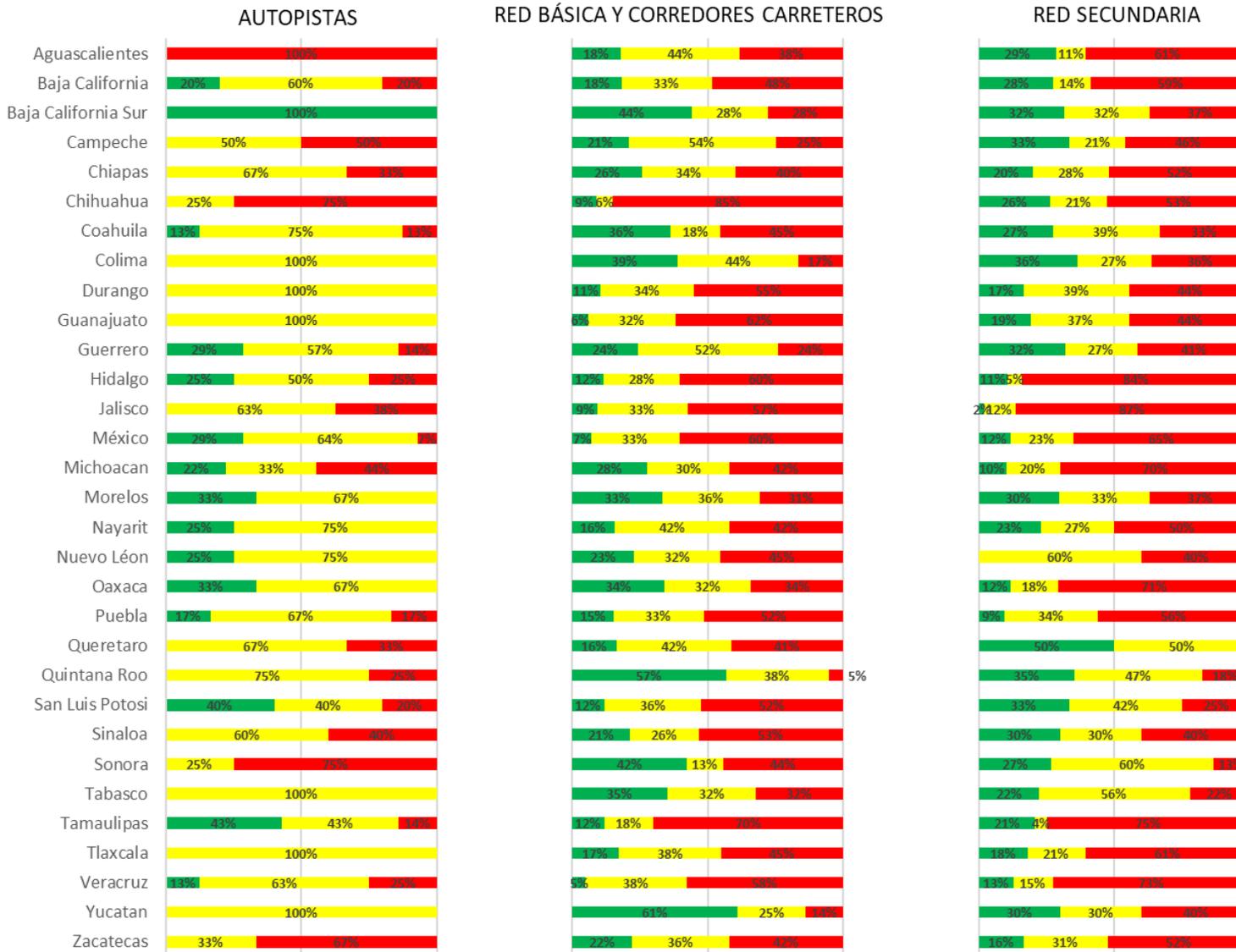
Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación

Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



Resultados por tipo de red y entidad federativa. IRI
Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos

Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



Resultados por tipo de red y entidad federativa. PR

Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos



Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



Resultados por tipo de red y entidad federativa. MAC
Fuente: Dirección General de Servicios Técnico

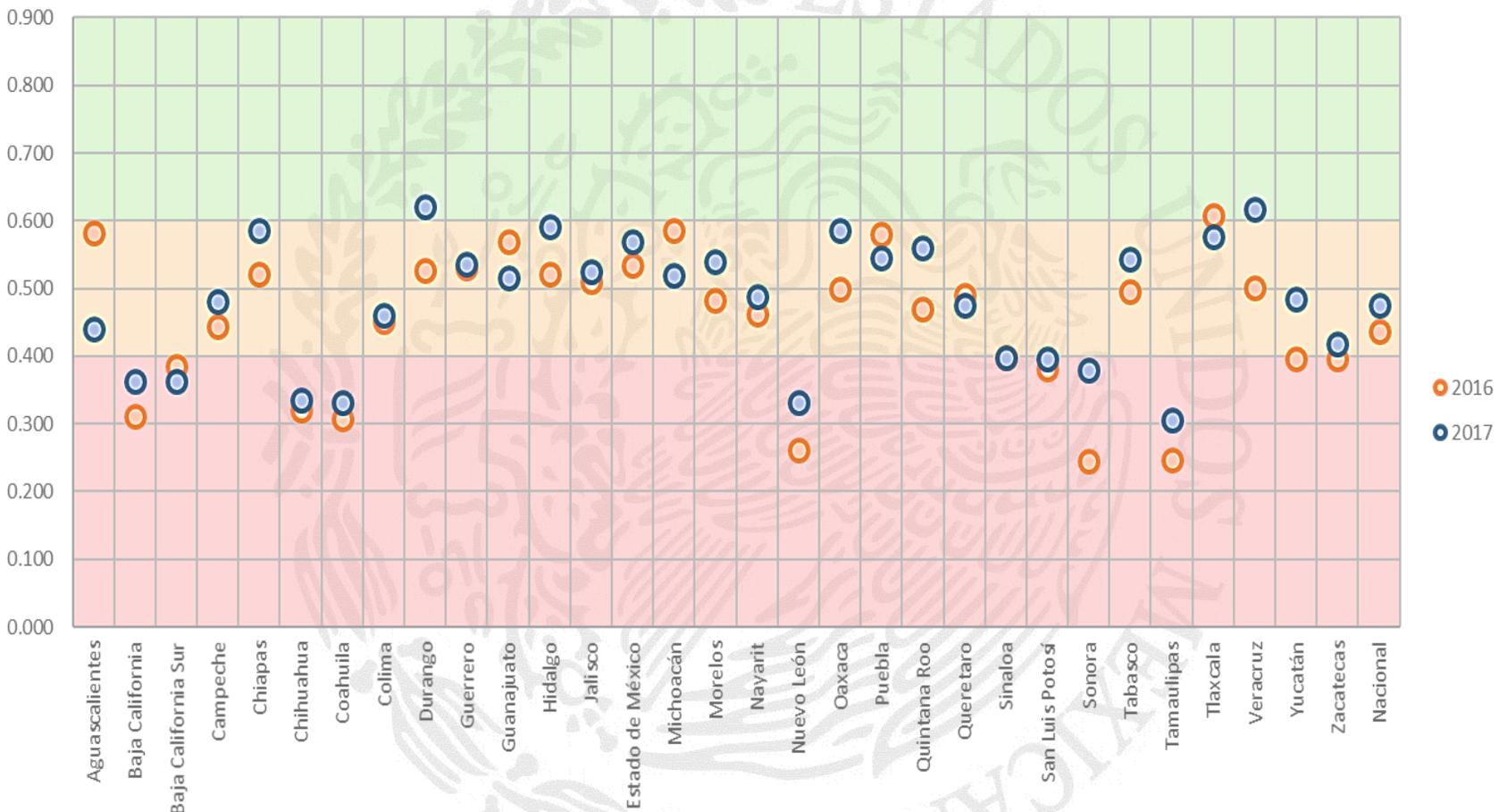
Condición Superficial de la Red Carretera Federal 2017



Resultados por tipo de red y entidad federativa. DET

Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos

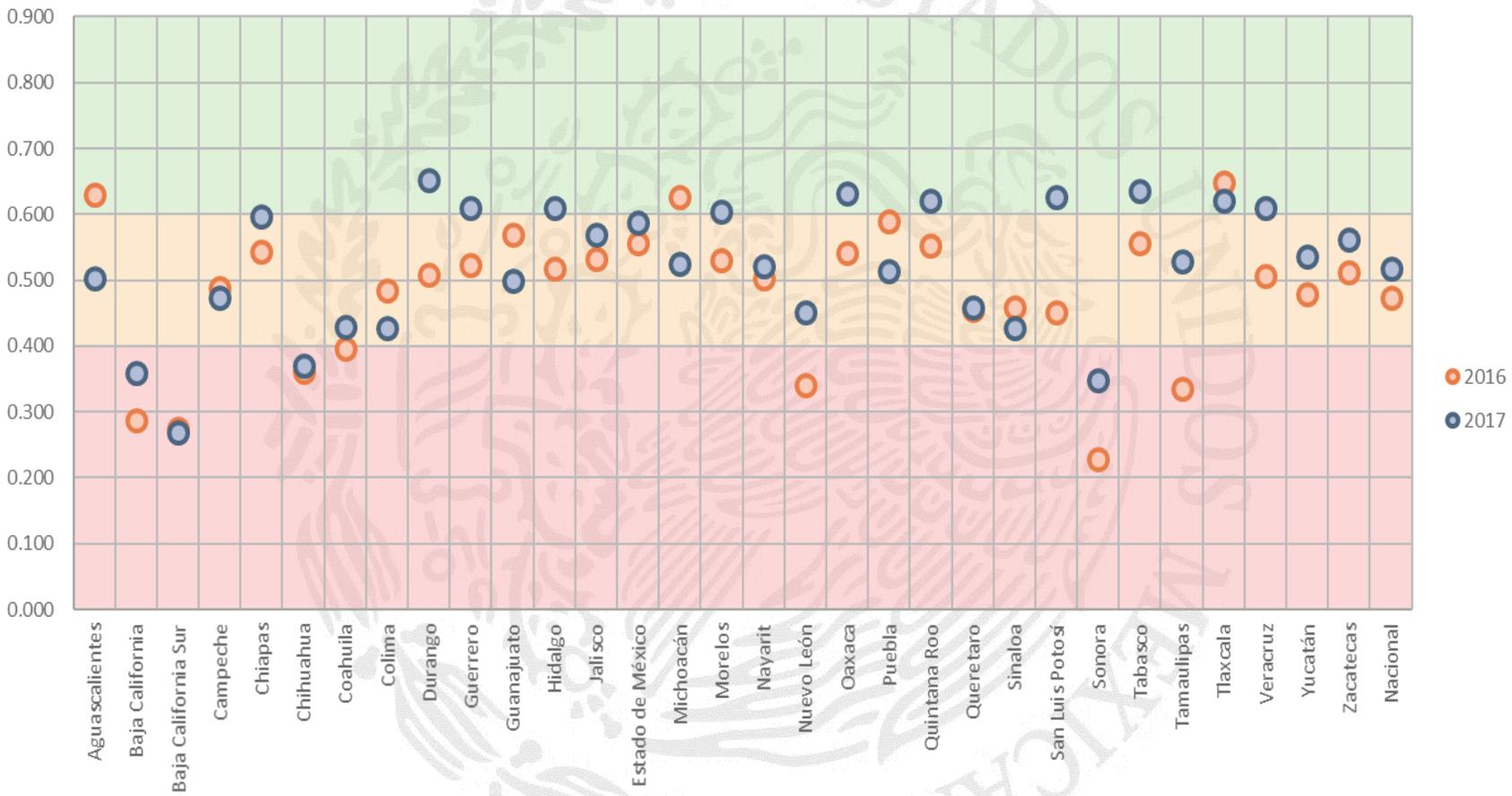
Condición Superficial de la Red Carretera Federal. CF



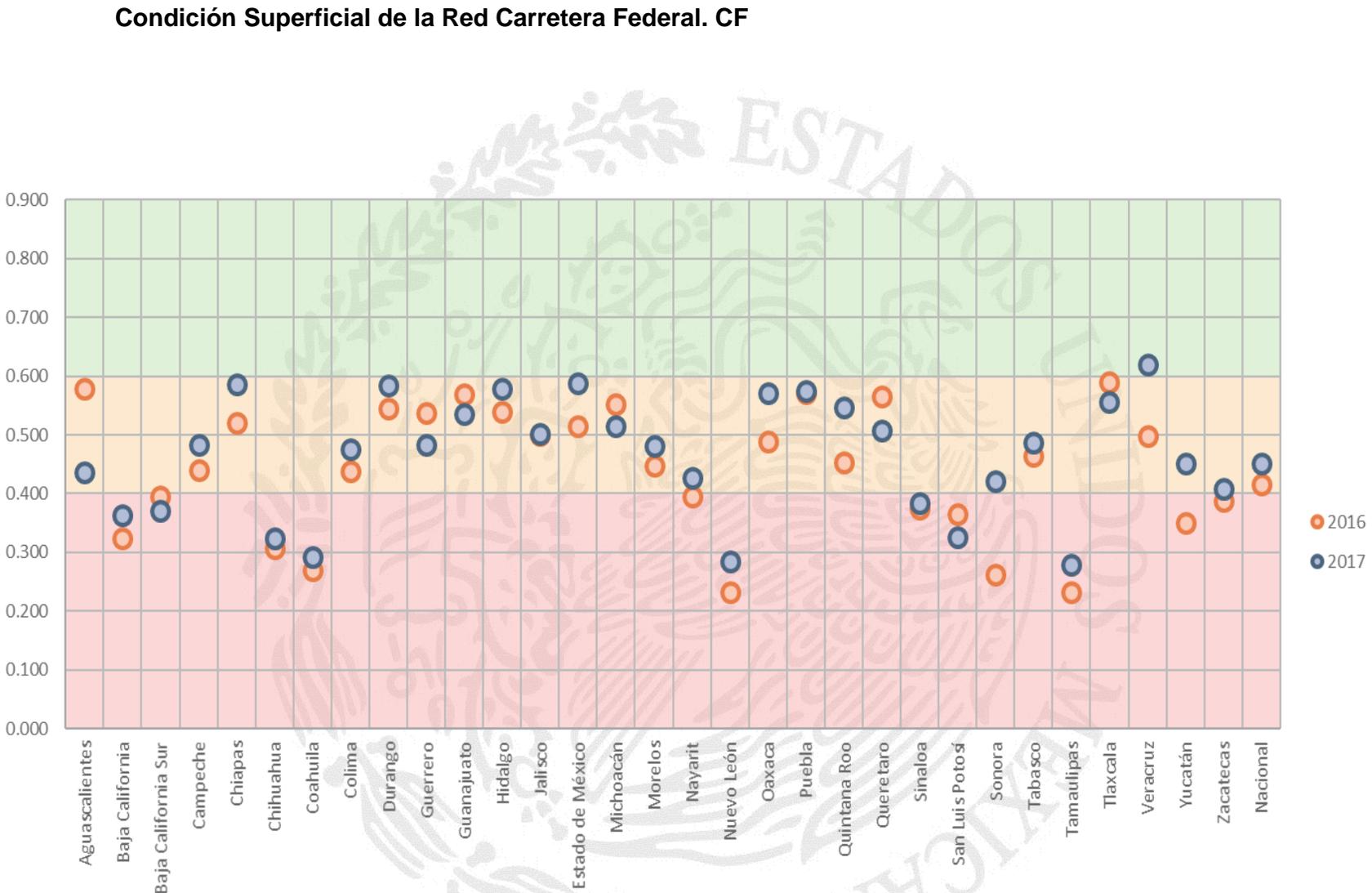
Comparativa del CF 2016 y 2017. Red básica libre, corredores carreteros y red de cuota (no incluye la red secundaria)

Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos

Condición Superficial de la Red Carretera Federal. CF



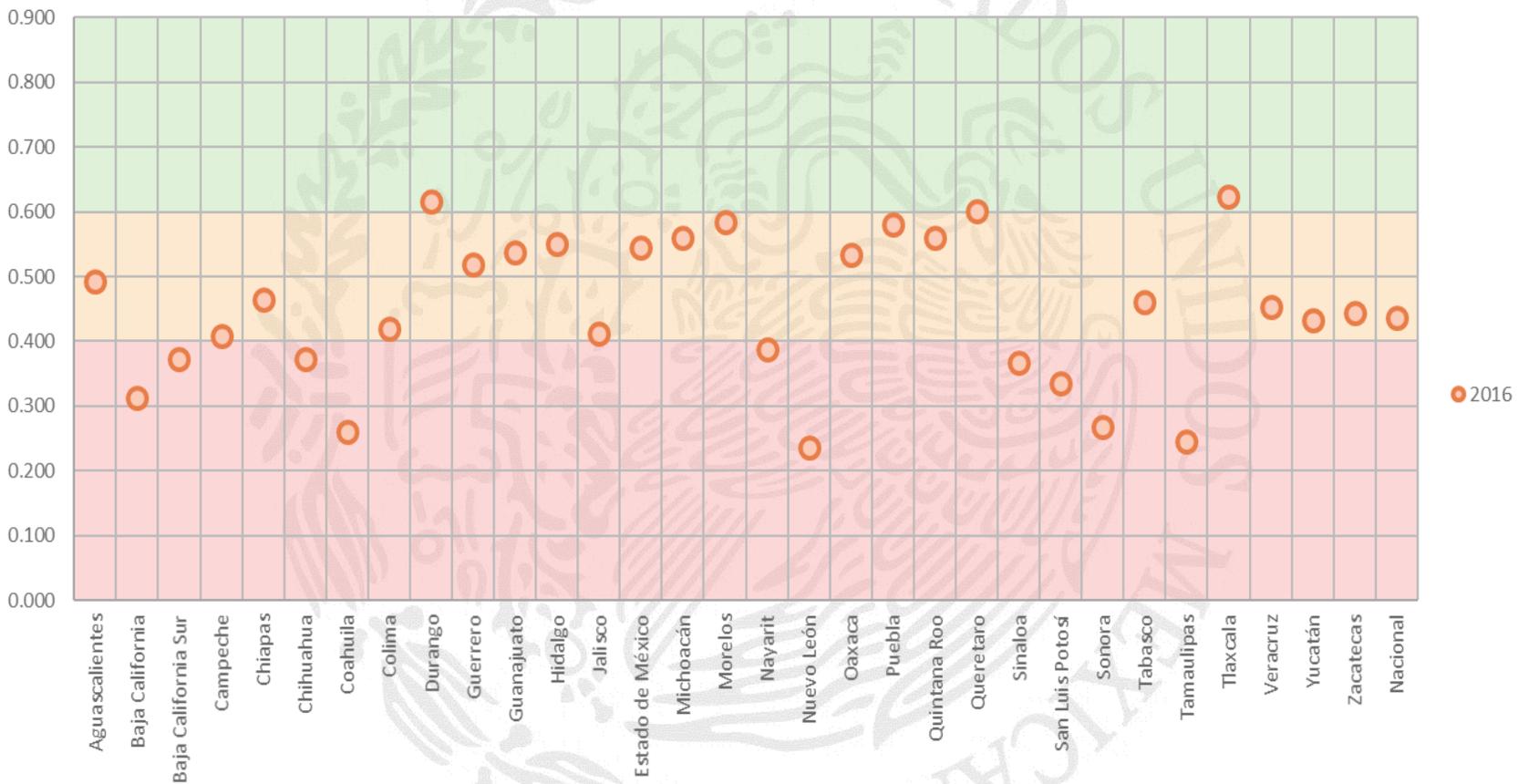
Comparativa del CF 2016 y 2017. Red de cuota
 Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos



Comparativa del CF 2016 y 2017. Red básica libre y corredores carreteros

Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos

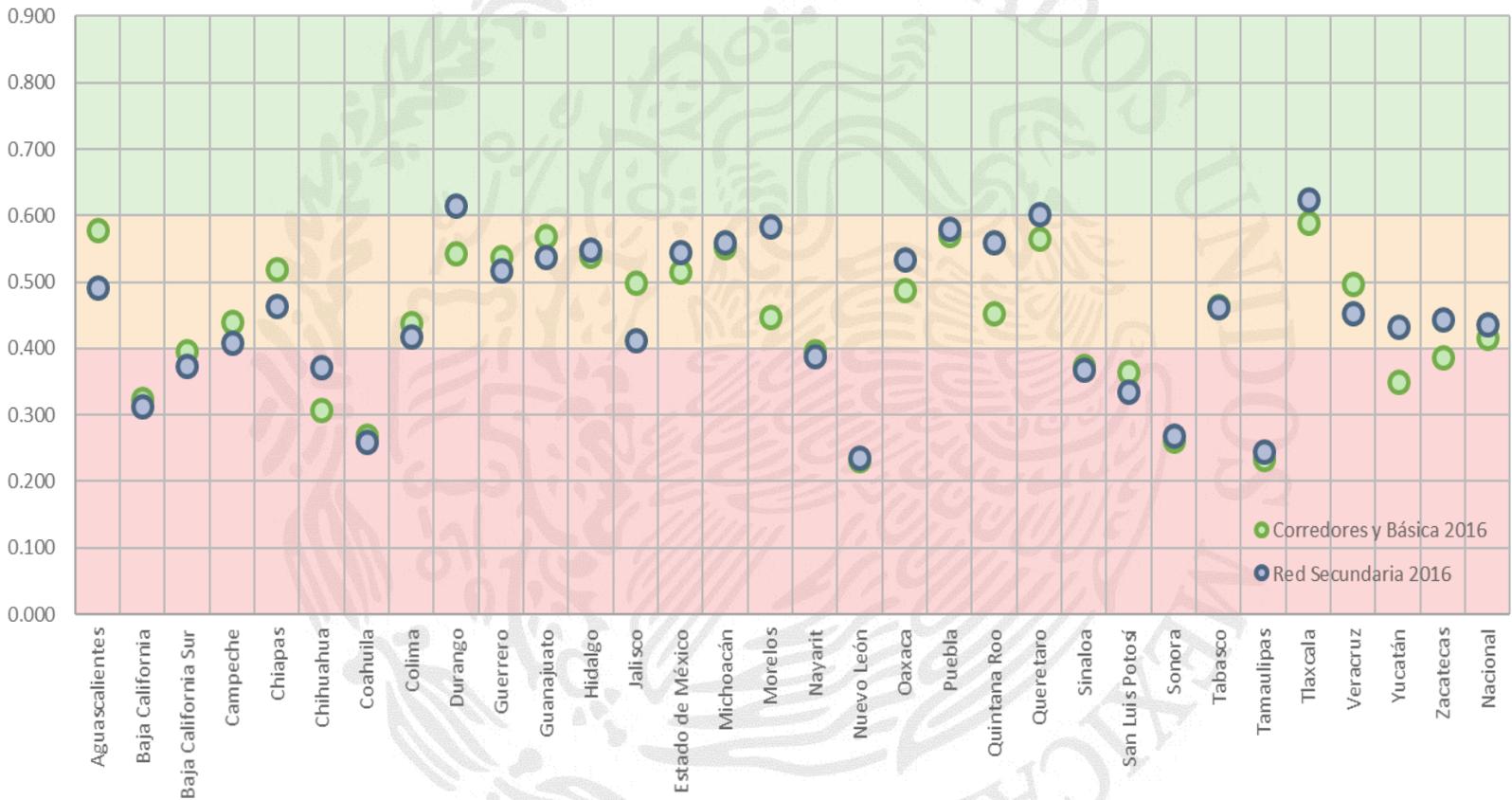
Condición Superficial de la Red Carretera Federal. CF



Resultados del Coeficiente de Fricción en la red secundaria en 2016

Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos

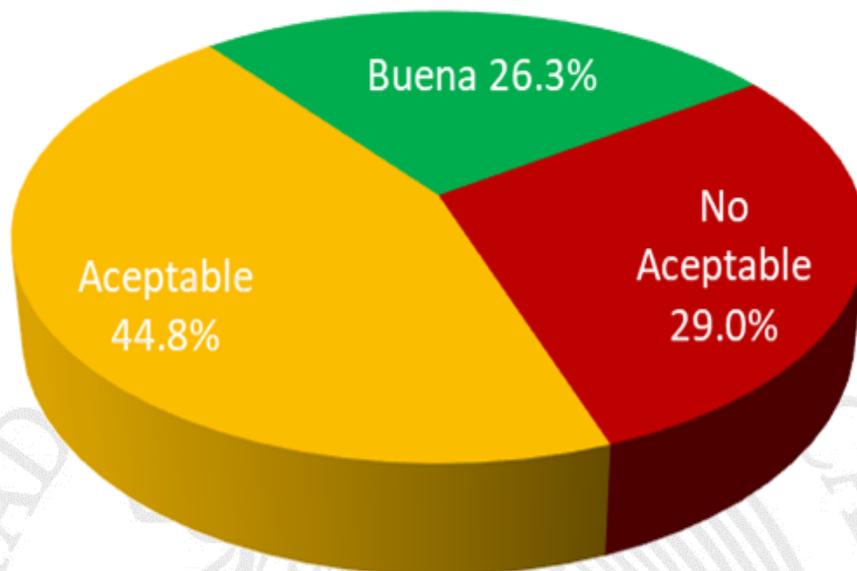
Condición Superficial de la Red Carretera Federal. CF



Comparativa del CF entre la red básica libre y los corredores carreteros vs. la red secundaria en 2016

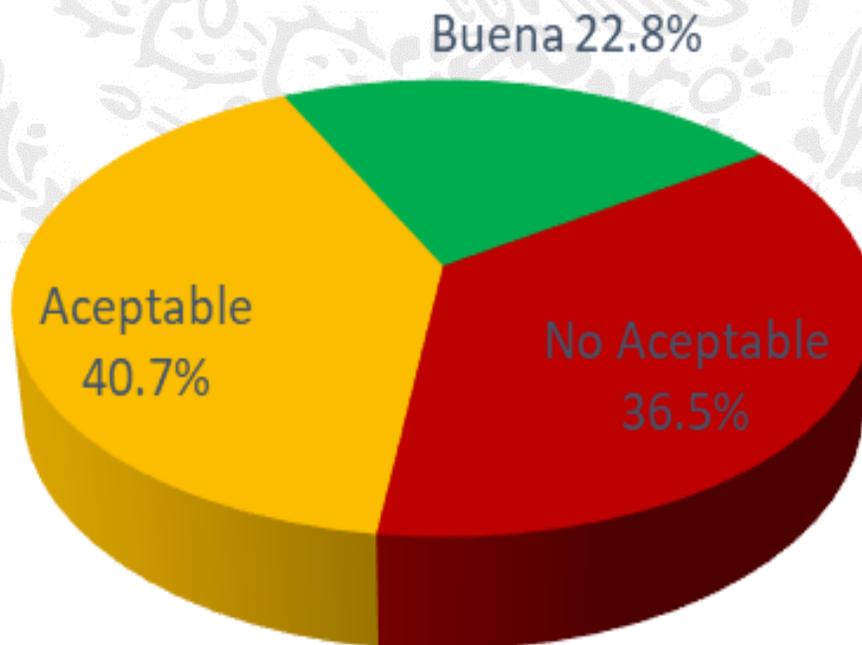
Fuente: Dirección General de Servicios Técnico

Condición Superficial de la Red Carretera Federal. CF



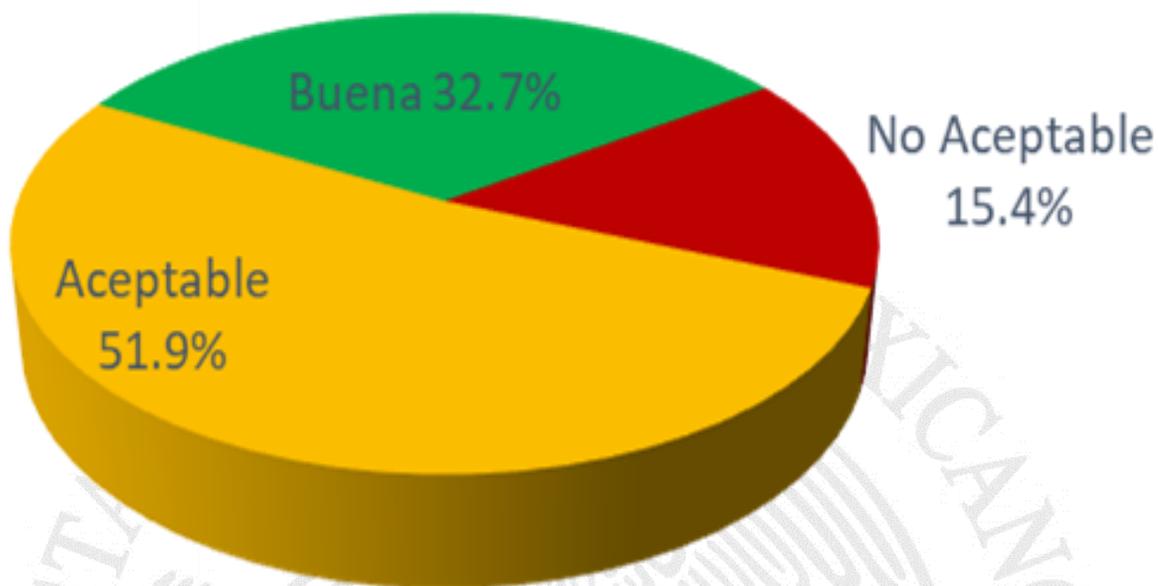
Estado general de la RCF de acuerdo con su CF en 2017. Condición general de la red
Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos

Condición Superficial de la Red Carretera Federal. CF



Estado general de la RCF de acuerdo con su CF en 2017. Red básica libre y corredores carreteros
Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos

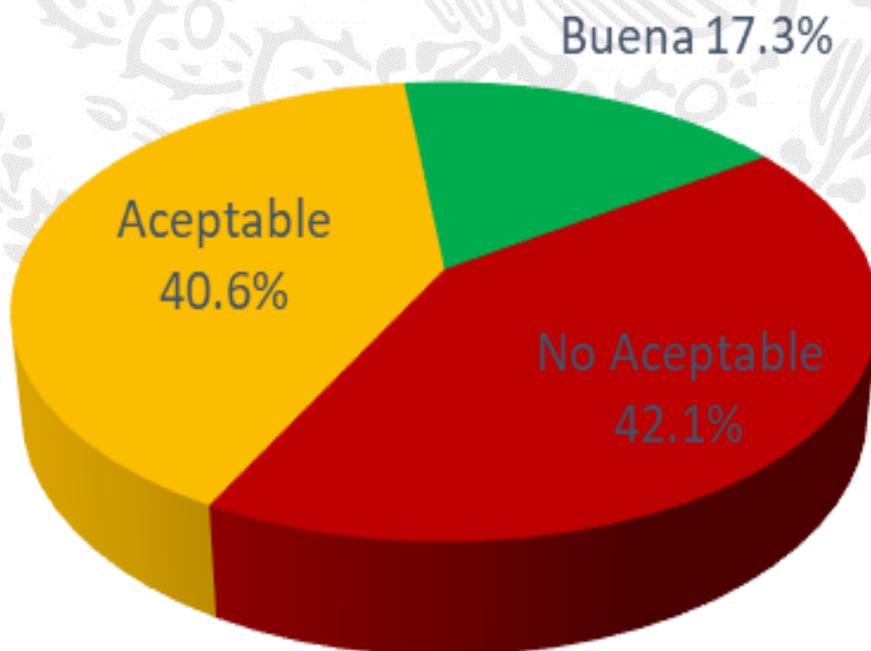
Condición Superficial de la Red Carretera Federal. CF



Estado general de la RCF de acuerdo con su CF en 2017. Red de cuota

Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos

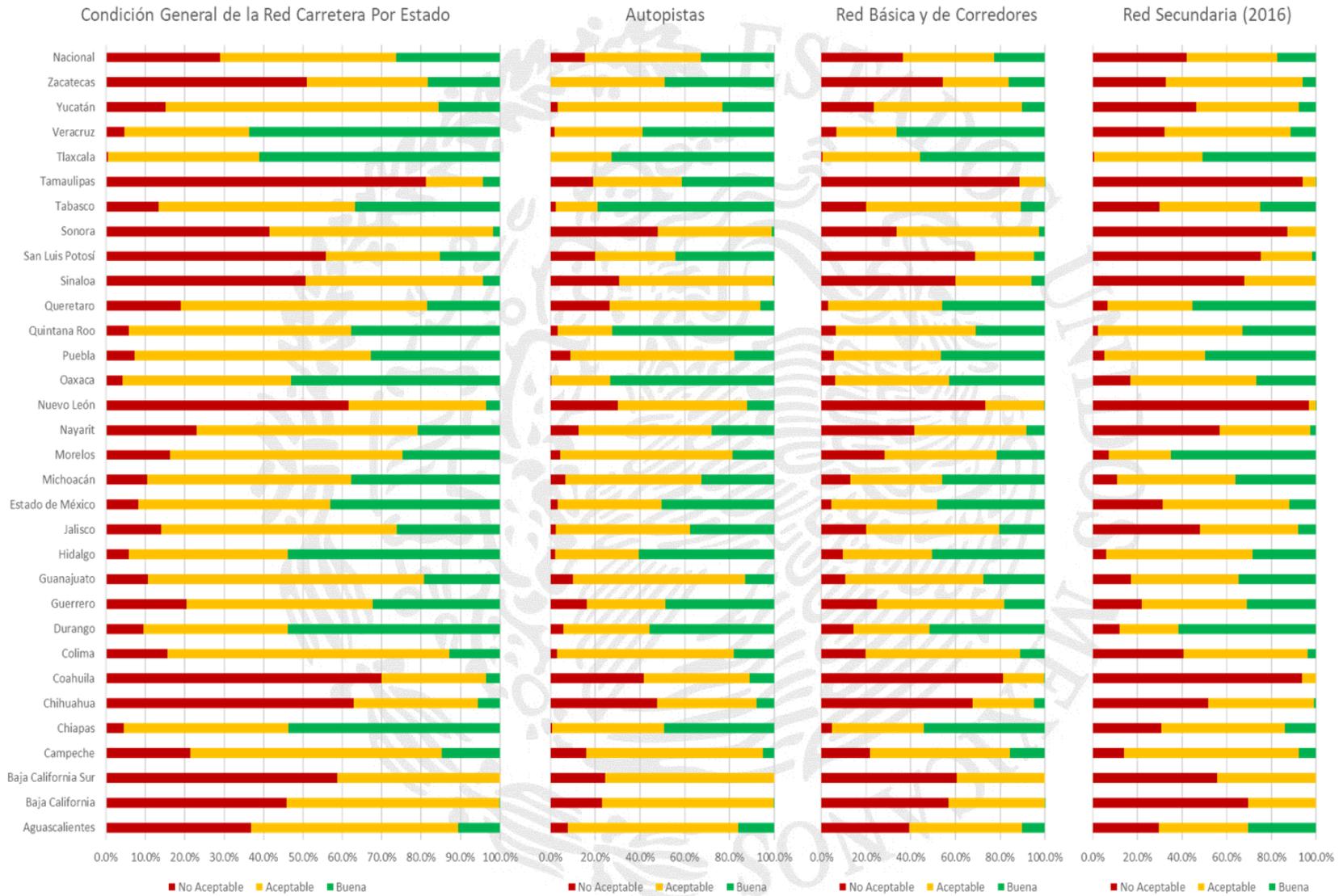
Condición Superficial de la Red Carretera Federal. CF



Estado general de la RCF de acuerdo con su CF en 2016. Red secundaria

Fuente: Dirección General de Servicios Técnico

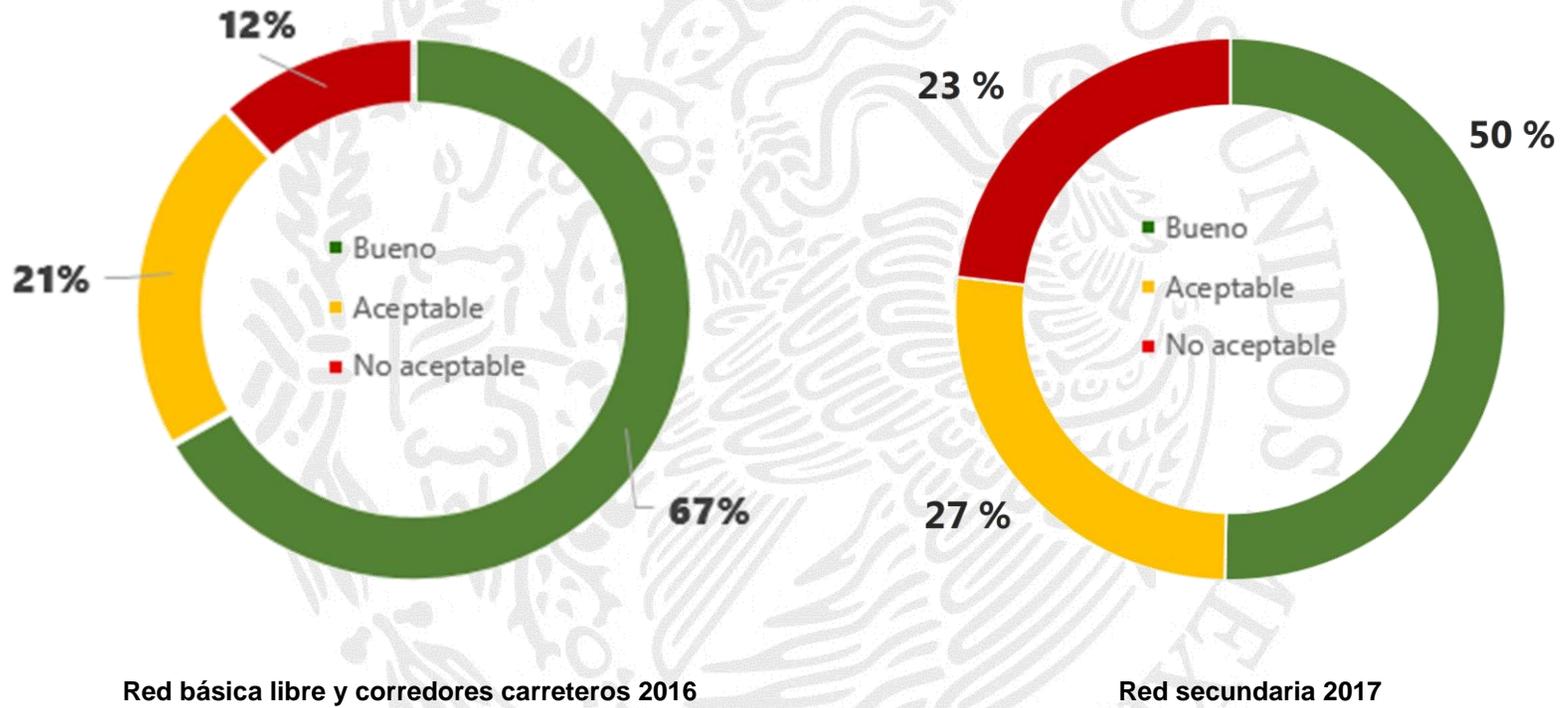
Condición Superficial de la Red Carretera Federal. CF



Condiciones de la red en 2017 por entidad federativa, según su CF

Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos

Condición Estructural. Pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (Deflexiones)

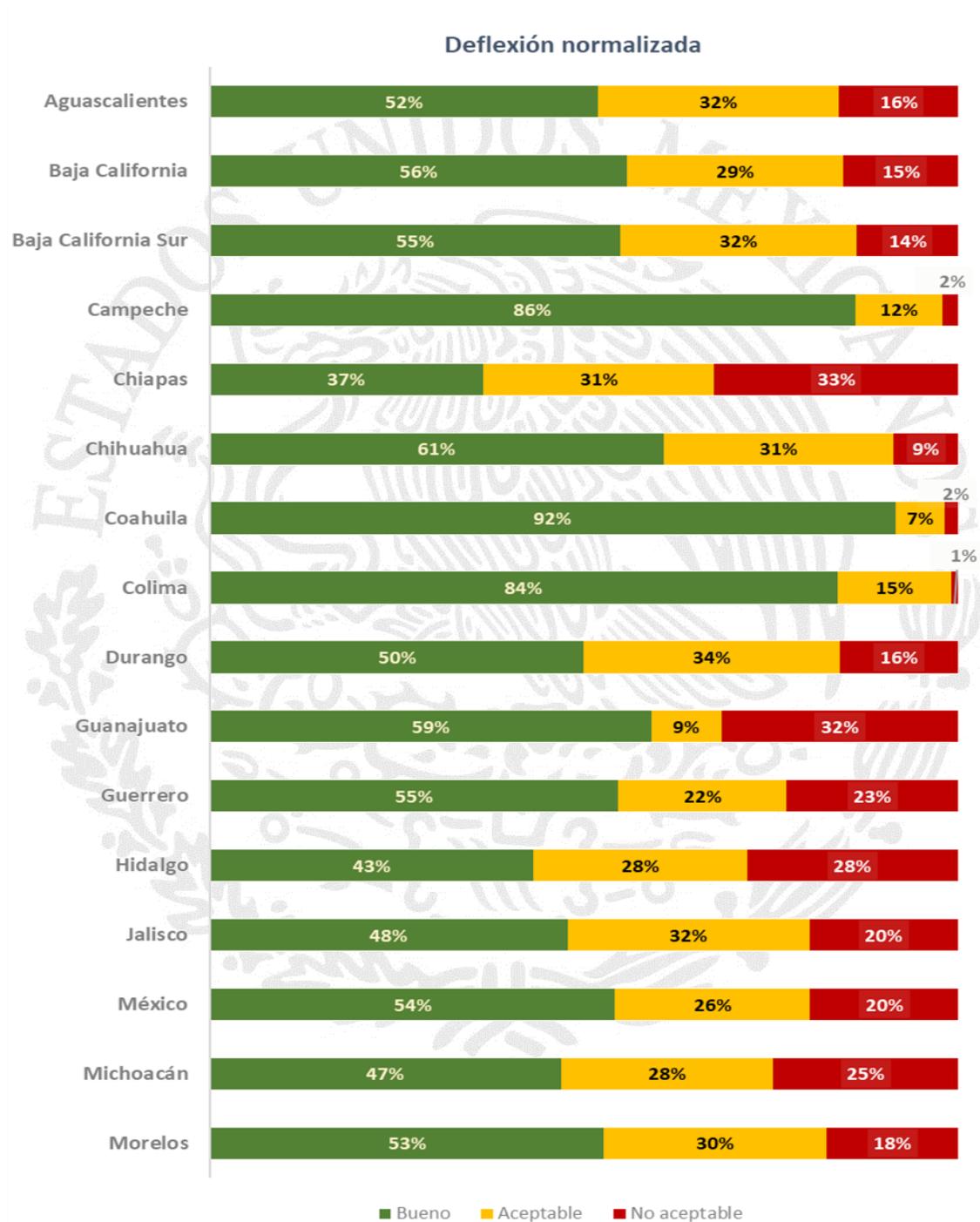


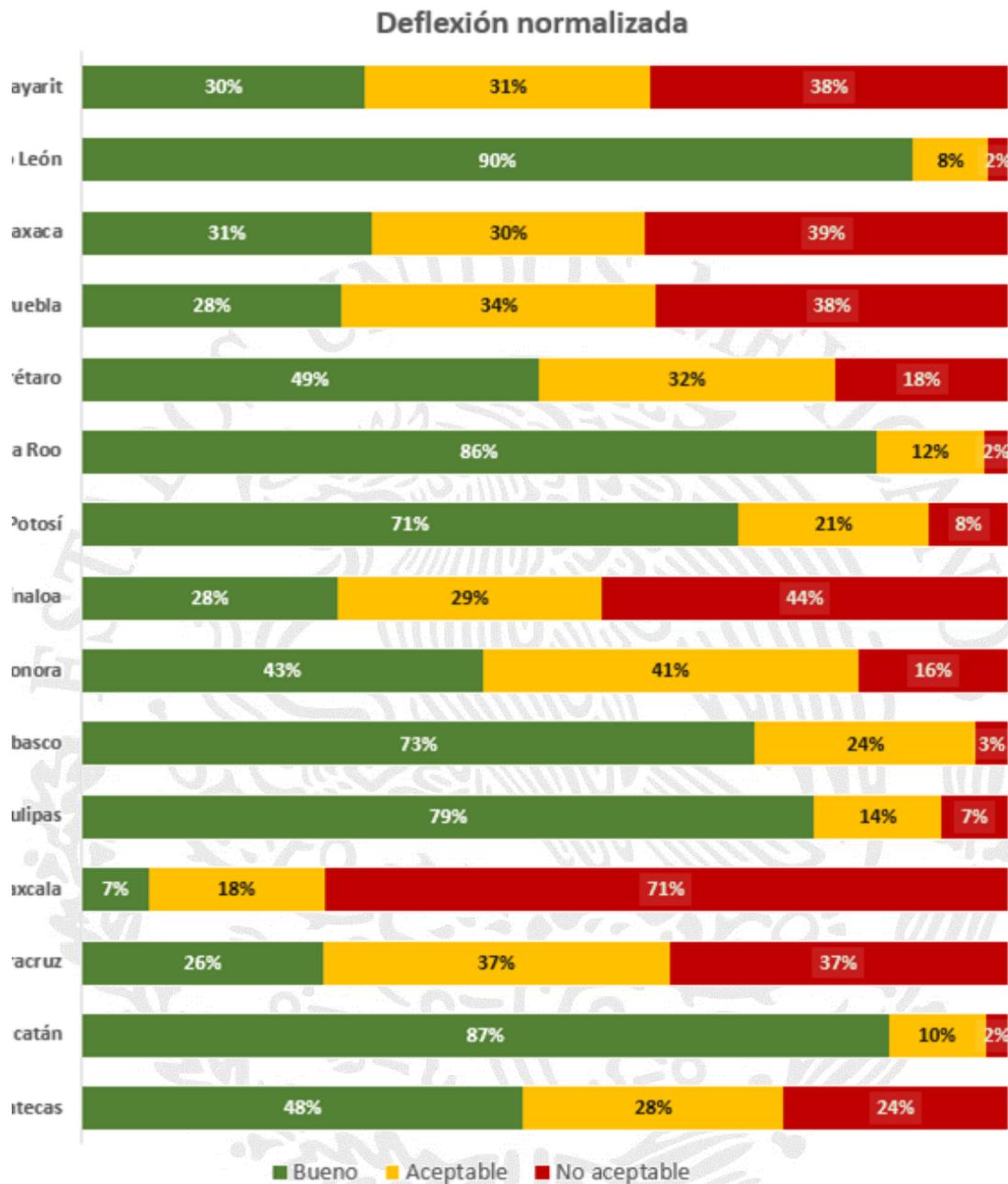
Nivel nacional 2016 y 2017

Fuente: Dirección General de Servicios Técnico

Condición Estructural de los pavimentos (Deflexiones)

Resultados por Entidad Federativa. Red básica y corredores carreteros 2016



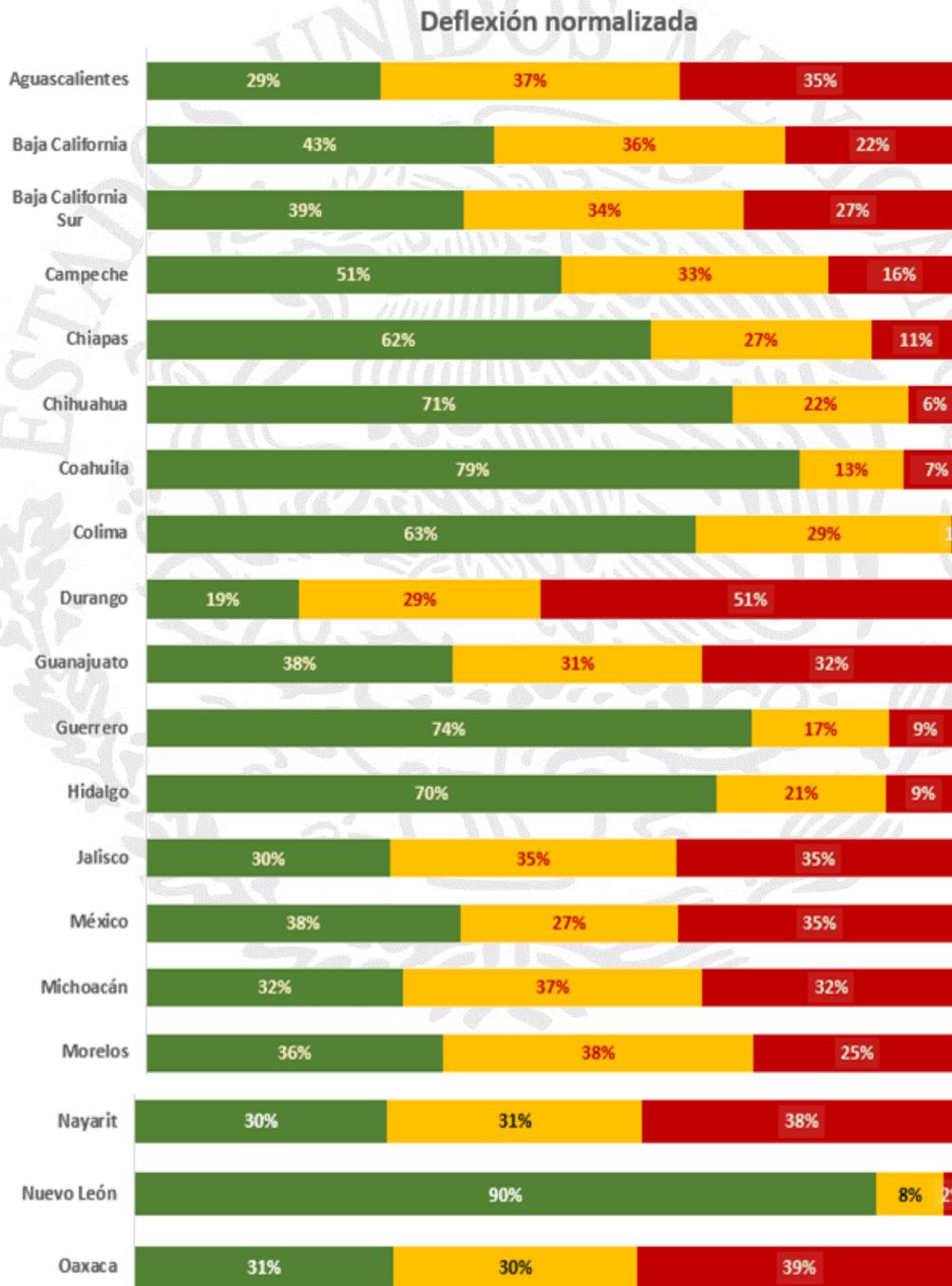


Condición estructural 2016 de la red básica libre y corredores carreteros por entidad federativa

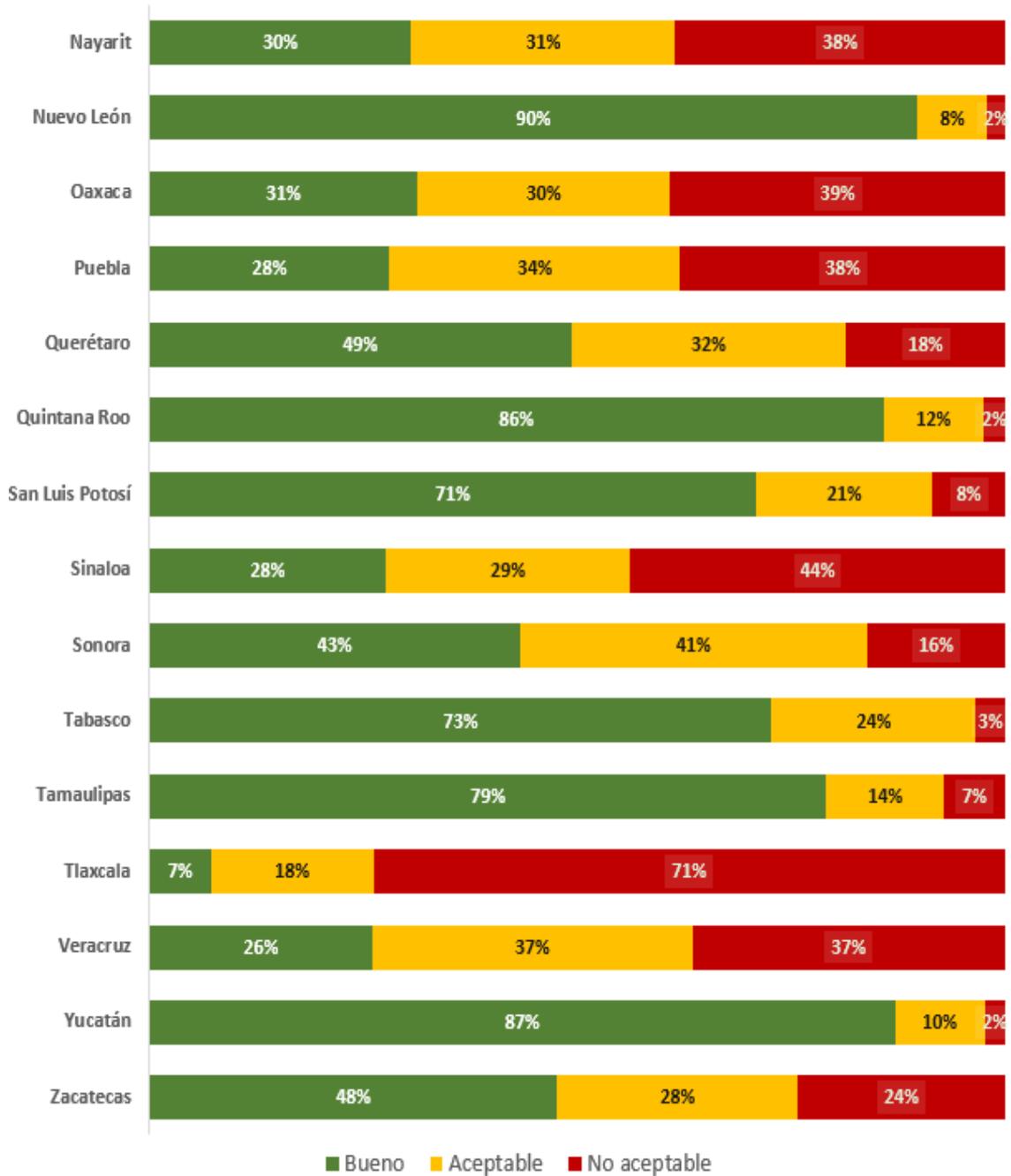
Fuente: DGST, elaborado con Base de datos del programa de Auscultación de Carreteras. Deflexiones 2016.

Condición Estructural. Pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (Deflexiones)

Resultados por Entidad Federativa. Red secundaria 2017



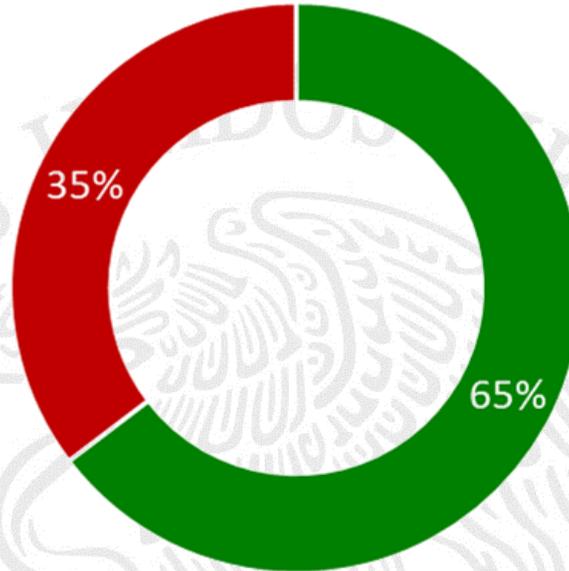
Deflexión normalizada



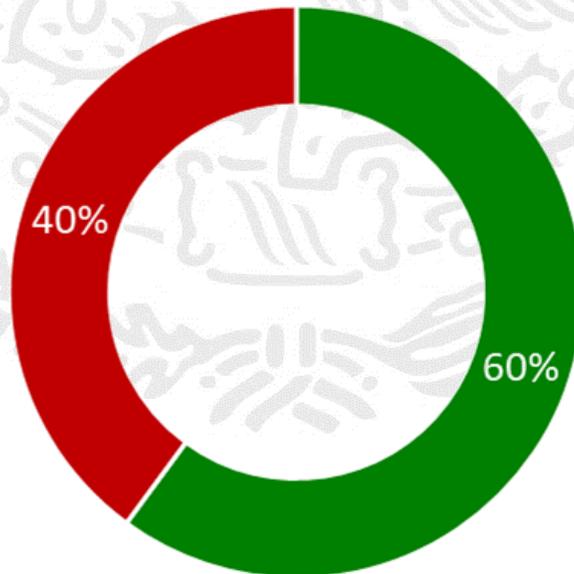
Condición estructural 2017 de la red secundaria por entidad federativa

Fuente: DGST, elaborado con Base de datos del programa de Auscultación de Carreteras.
 Deflexiones 2017.

Condición Estructural. Pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (Deflexiones)



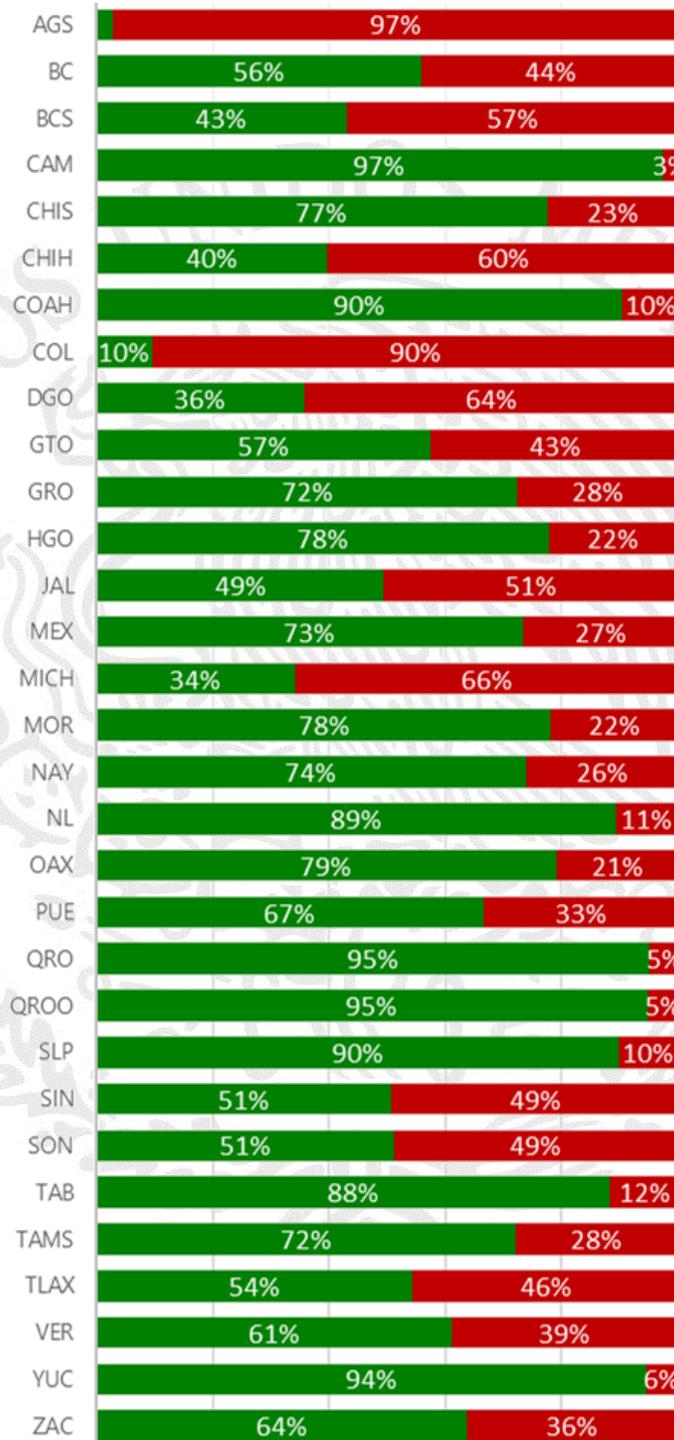
Condición estructural de la red de cuota 2016 en el sentido 1



Condición estructural de la red de cuota 2016 en el sentido 2

Condición Estructural de los pavimentos (Deflexiones)

Resultados por Entidad Federativa. Red de cuota 2016 sentido 1

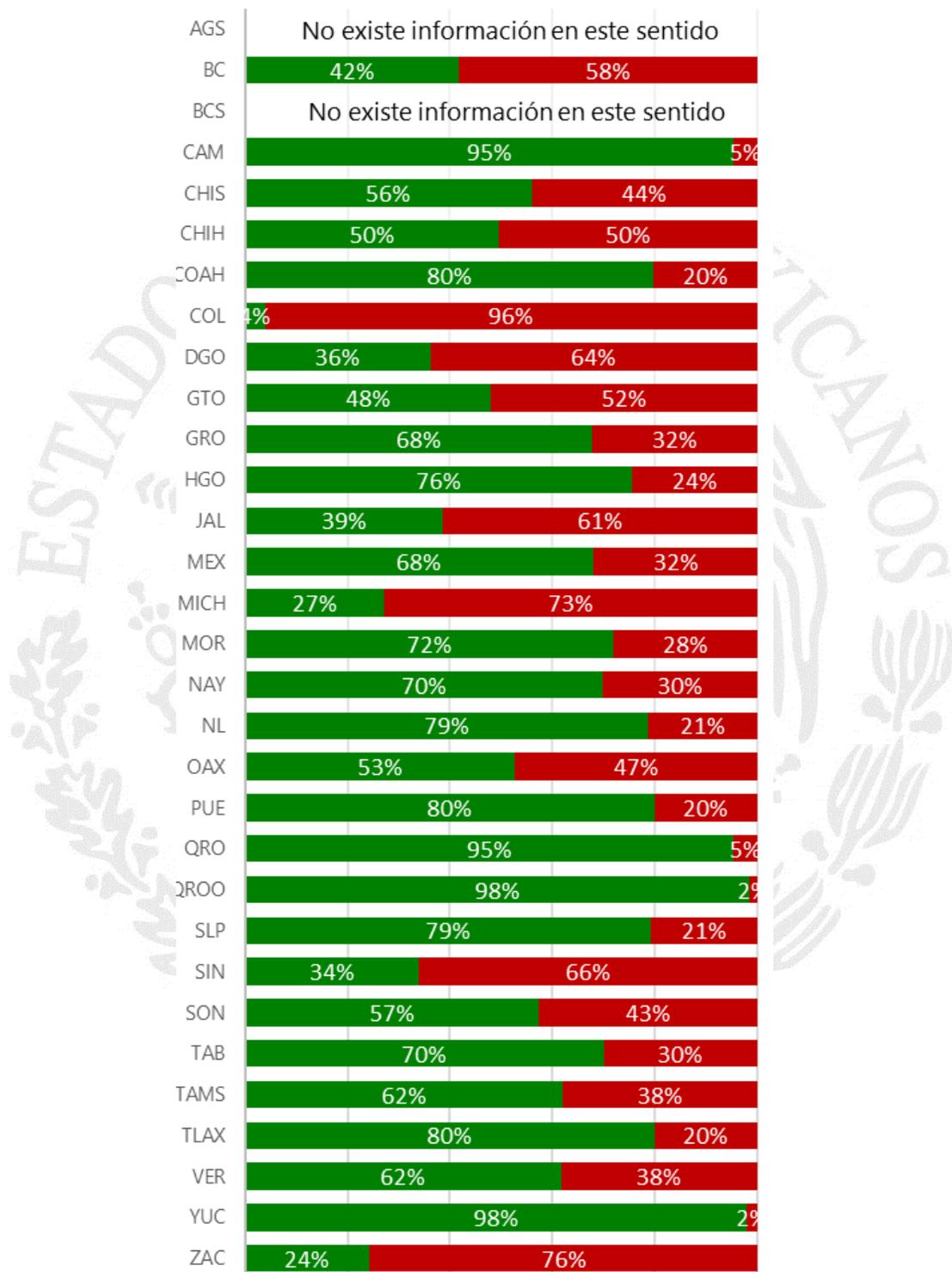


Estado estructural de la red de cuota por entidad federativa. Sentido 1

Fuente: DGST, elaborado con información generada en la campaña de auscultación 2016

Condición Estructural de los pavimentos (Deflexiones)

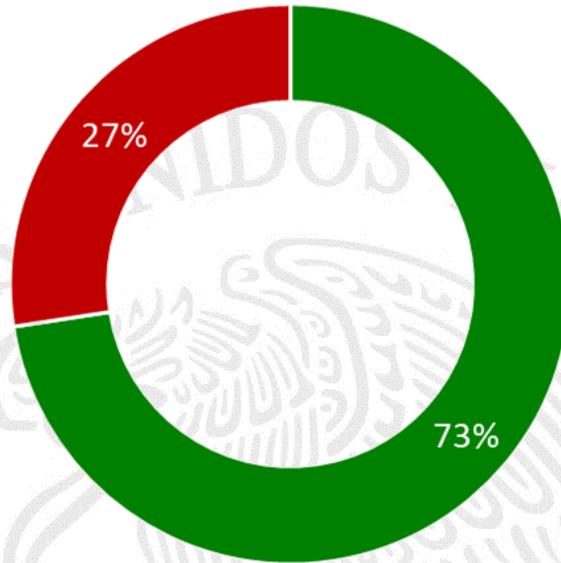
Resultados por Entidad Federativa. Red de cuota 2016 sentido 2



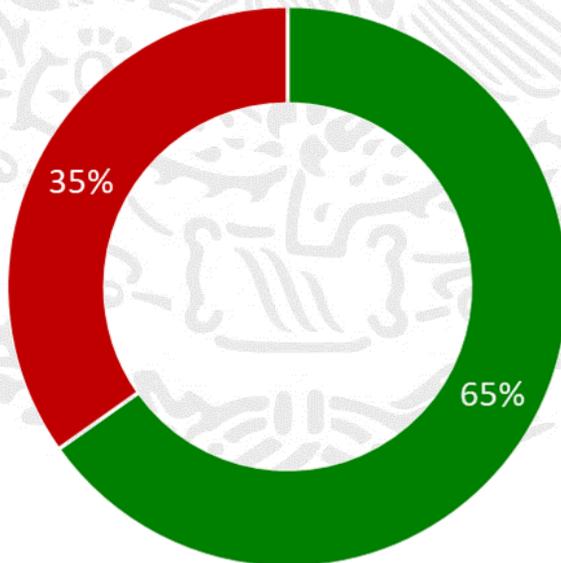
Estado estructural de la red de cuota por entidad federativa. Sentido 2

Fuente: DGST, elaborado con información generada en la campaña de auscultación 2016

Condición Estructural. Pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (Deflexiones)



Condición estructural de la red de cuota FONADIN 2016 en el sentido 1

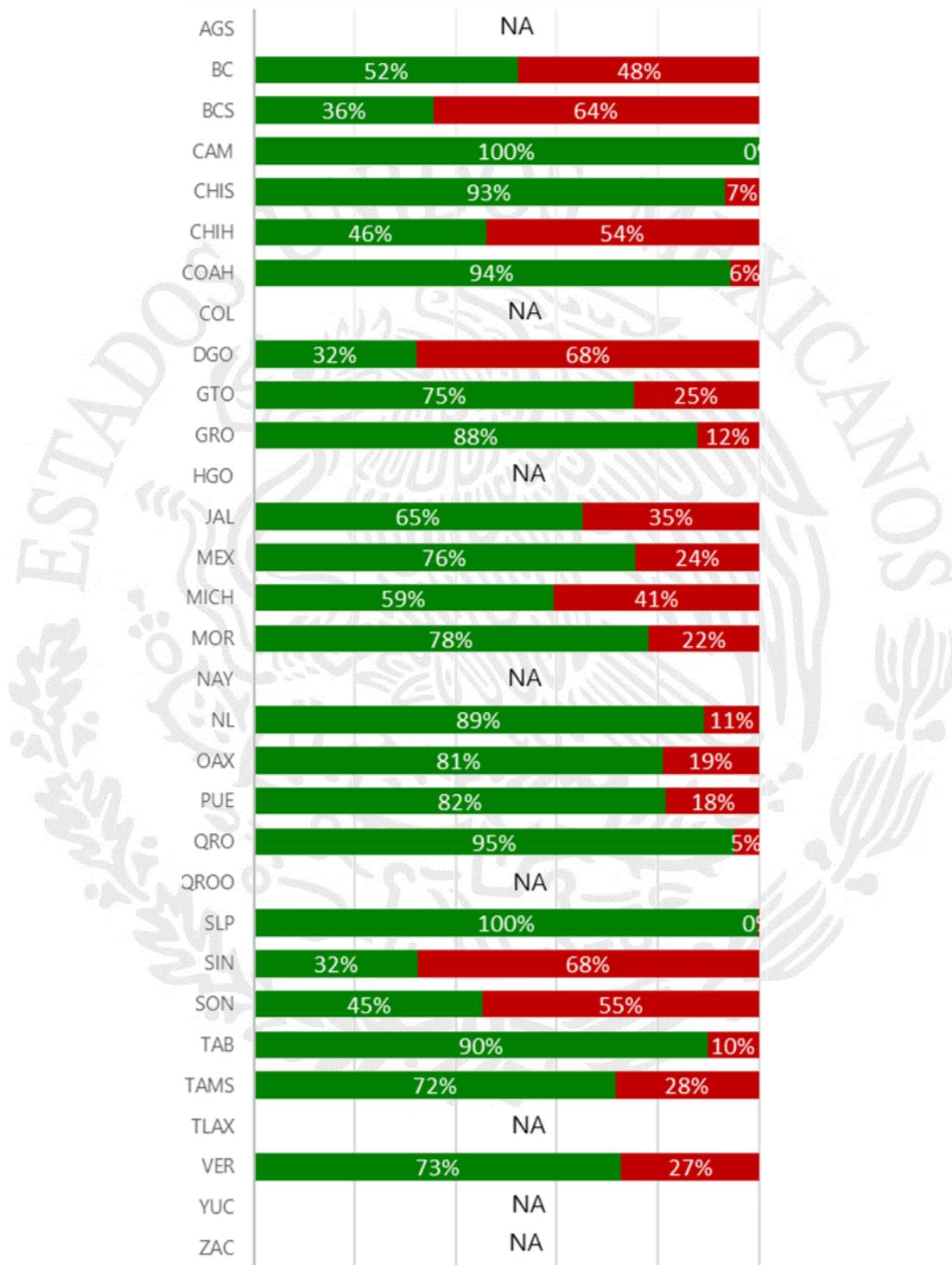


Condición estructural de la red de cuota FONADIN 2016 en el sentido 2

Nivel nacional red de cuota FONADIN
Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos

Condición Estructural de los pavimentos (Deflexiones)

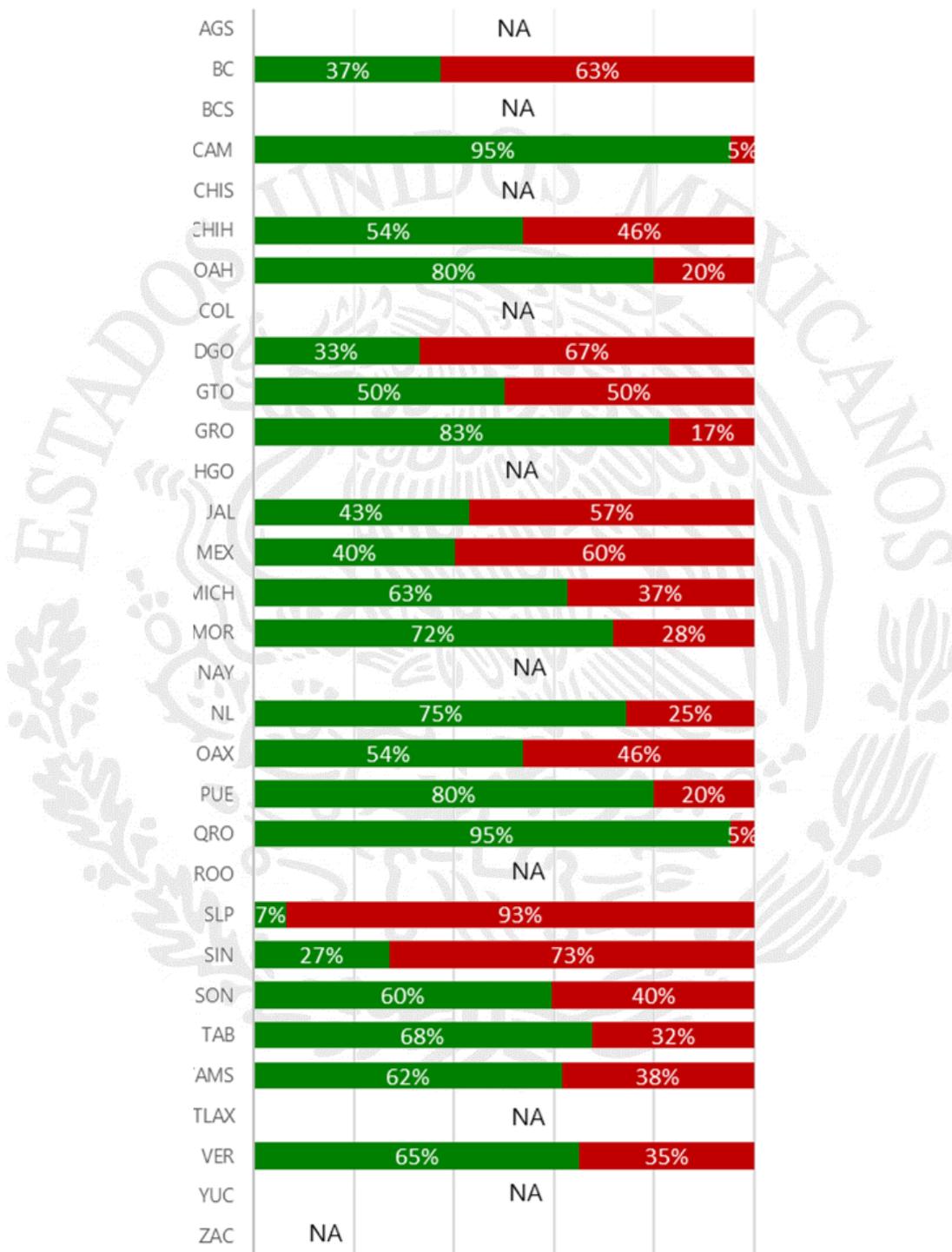
Resultados por Entidad Federativa. Red de cuota FONADIN 2016 sentido 1



Estado estructural de la red de cuota FONADIN por entidad federativa. Sentido 1
 Fuente: DGST, elaborado con información generada en la campaña de auscultación 2016

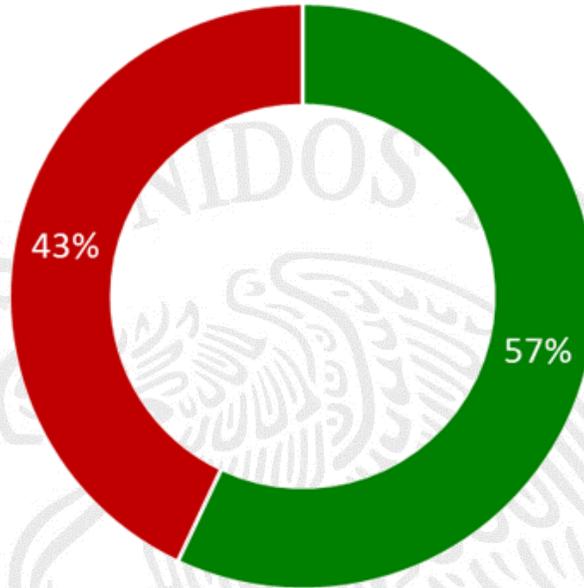
Condición Estructural de los pavimentos (Deflexiones)

Resultados por Entidad Federativa. Red de cuota FONADIN 2016 sentido 2

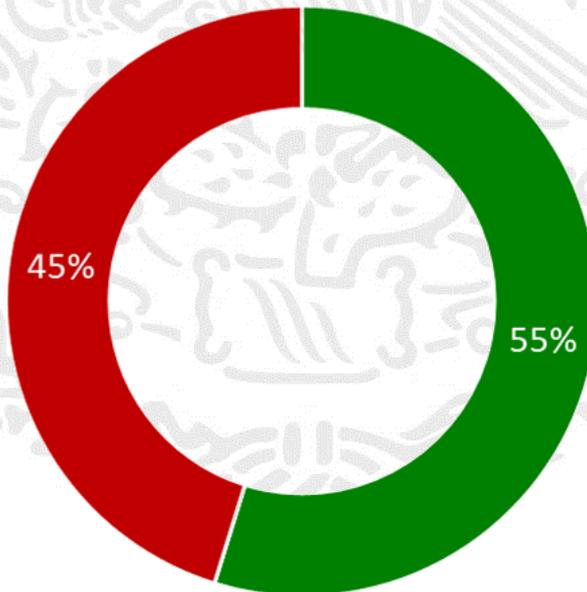


Estado estructural de la red de cuota FONADIN por entidad federativa. Sentido 2
 Fuente: DGST, elaborado con información generada en la campaña de auscultación 2016

Condición Estructural. Pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (Deflexiones)



Condición estructural de la red de cuota 2016. Concesionarios Privados y CAPUFE. Sentido 1

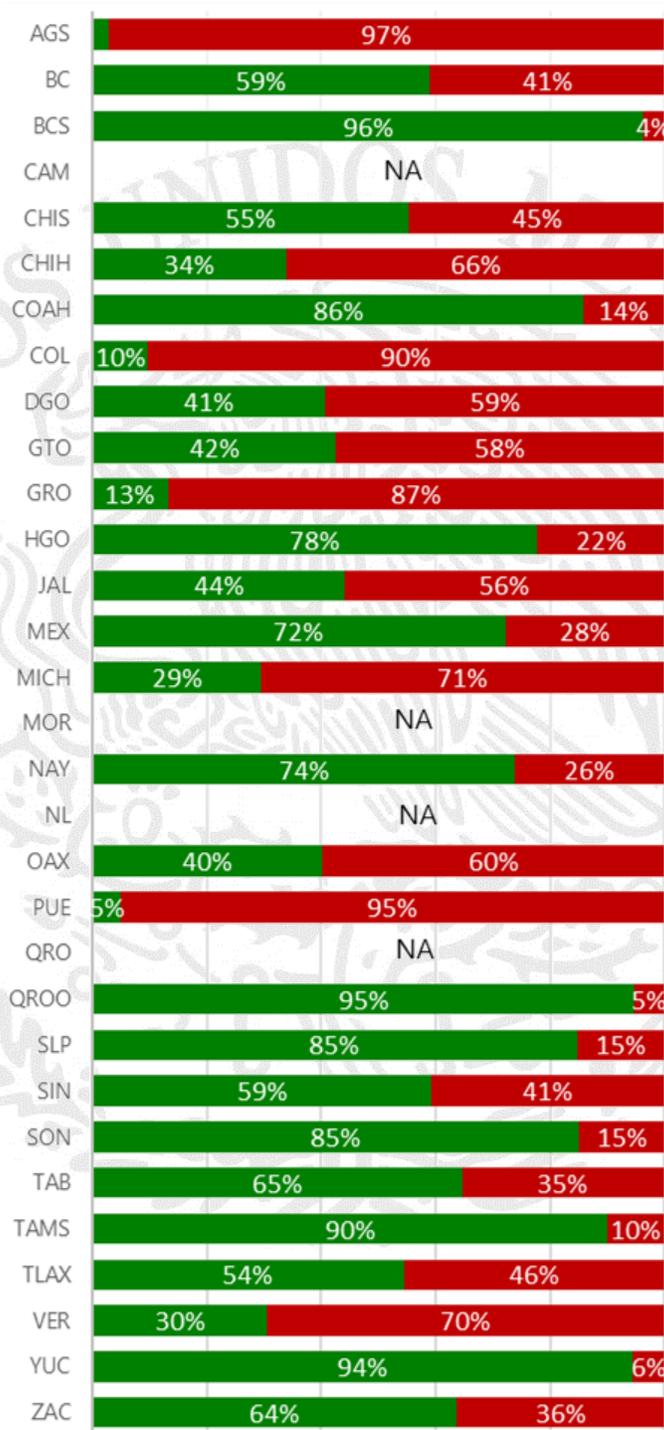


Condición estructural de red de cuota 2016. Concesionarios Privados y CAPUFE. Sentido 1

Nivel nacional red de cuota 2016 Concesionarios Privados y CAPUFE
Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos

Condición Estructural de los pavimentos (Deflexiones)

Resultados por Entidad Federativa. Red de cuota 2016. Concesionarios Privados y CAPUFE. Sentido 1

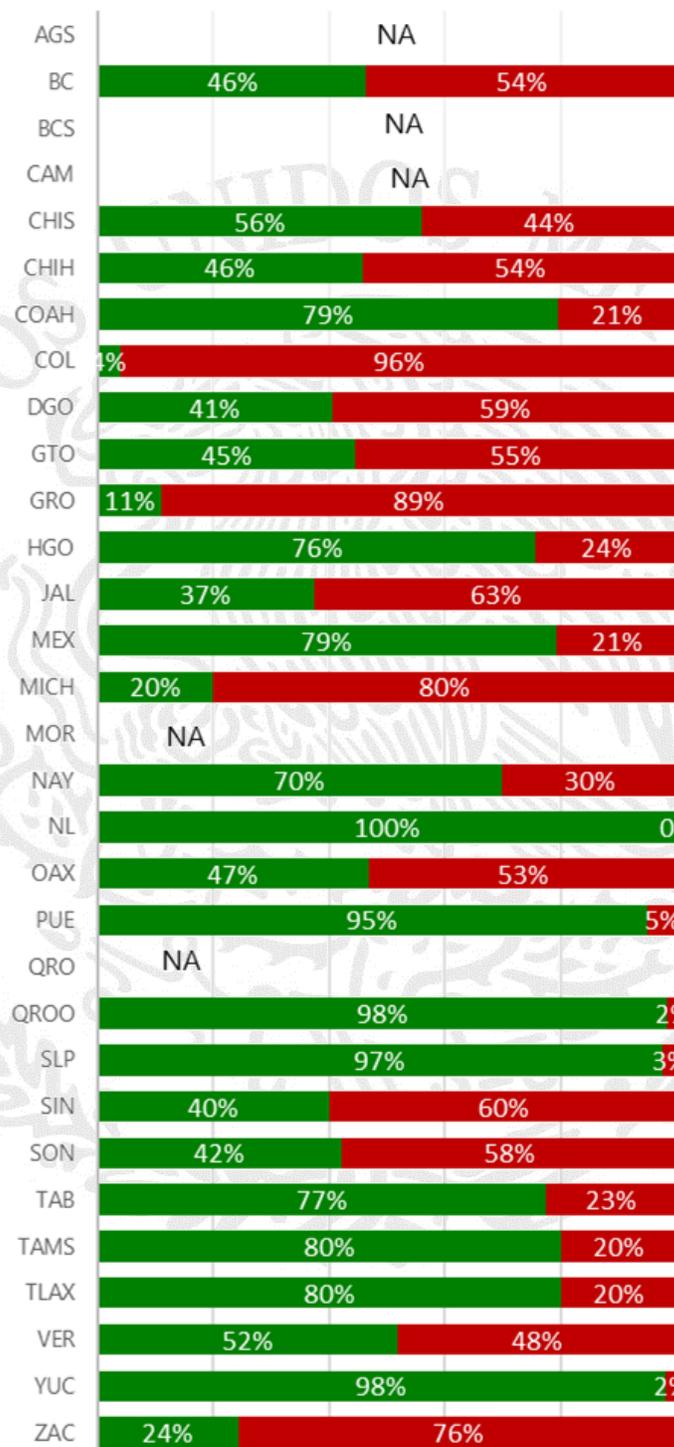


Estado estructural de la red de cuota 2016. Concesionarios Privados y CAPUFE por entidad federativa. Sentido 1

Fuente: DGST, elaborado con información generada en la campaña de auscultación 2016

Condición Estructural de los pavimentos (Deflexiones)

Resultados por Entidad Federativa. Red de cuota 2016. Concesionarios Privados y CAPUFE. Sentido 2

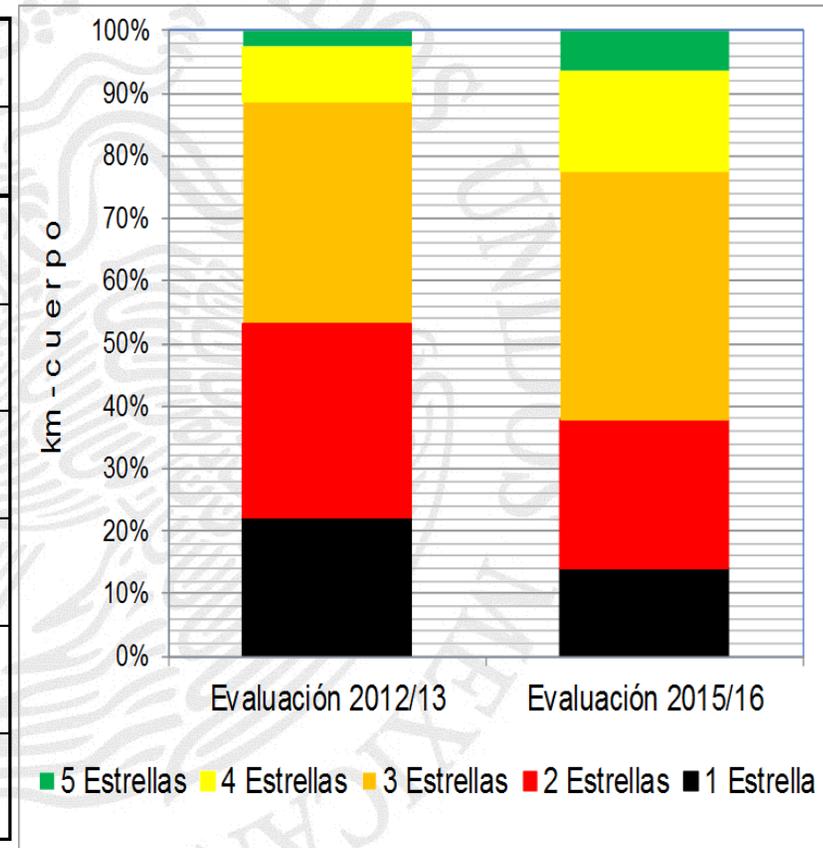


Estado estructural de la red de cuota 2016. Concesionarios Privados y CAPUFE por entidad federativa. Sentido 2

Fuente: DGST, elaborado con información generada en la campaña de auscultación 2016

Clasificación de la RCF de acuerdo con sus niveles de seguridad vial

Clasificación	Evaluación 2012/13		Evaluación 2015/16	
	Longitud (km - cuerpo)	%	Longitud (km - cuerpo)	%
5 Estrellas	729.6	2.5%	1,892.5	6.4%
4 Estrellas	2,560.5	8.8%	4,674.0	15.9%
3 Estrellas	10,352.7	35.5%	11,751.5	40.0%
2 Estrellas	9,052.5	31.0%	6,932.2	23.6%
1 Estrella	6,471.3	22.2%	4,139.1	14.1%
Total	29,166.6	100.0%	29,389.3	100.0%

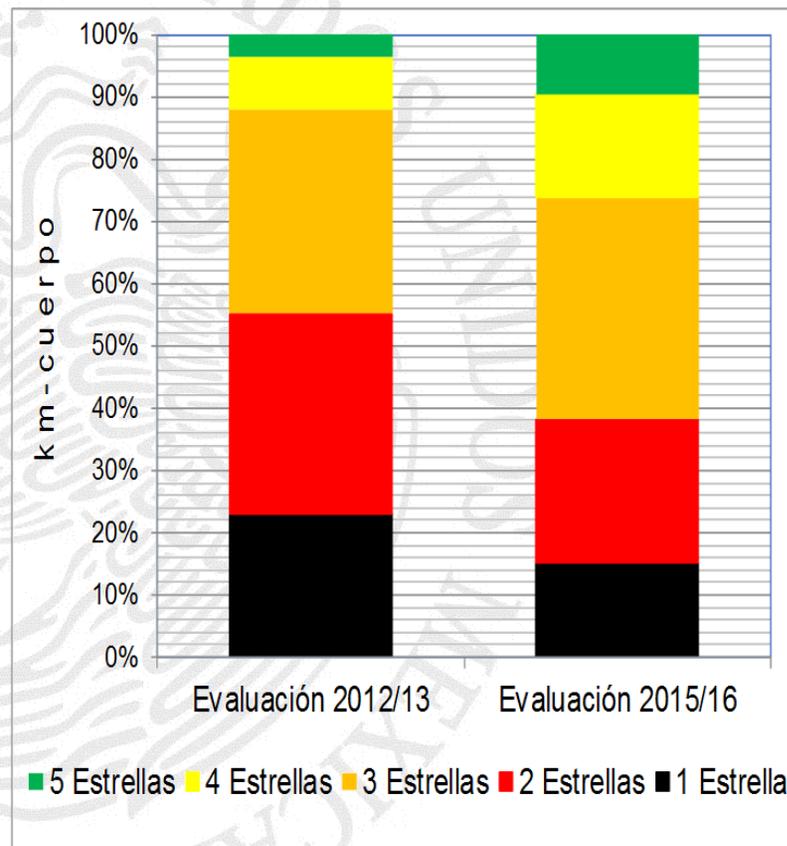


Comparativa 2012-2015 de la evaluación de la seguridad vial en la red básica libre y corredores. Gráfica de ocupantes de vehículos

Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos. Elaborado con datos del portal Vida iRAP-México

Clasificación de la RCF de acuerdo con sus niveles de seguridad vial

Clasificación	Evaluación 2012/13		Evaluación 2015/16	
	Longitud (km - cuerpo)	%	Longitud (km - cuerpo)	%
5 Estrellas	455.0	3.6%	1,285.3	9.6%
4 Estrellas	1,045.4	8.3%	2,208.8	16.5%
3 Estrellas	4,119.5	32.8%	4,771.6	35.6%
2 Estrellas	4,035.0	32.3%	3,095.1	23.1%
1 Estrella	2,889.1	23.0%	2,037.0	15.2%
Total	12,544.0	100.0%	13,397.8	100.0%

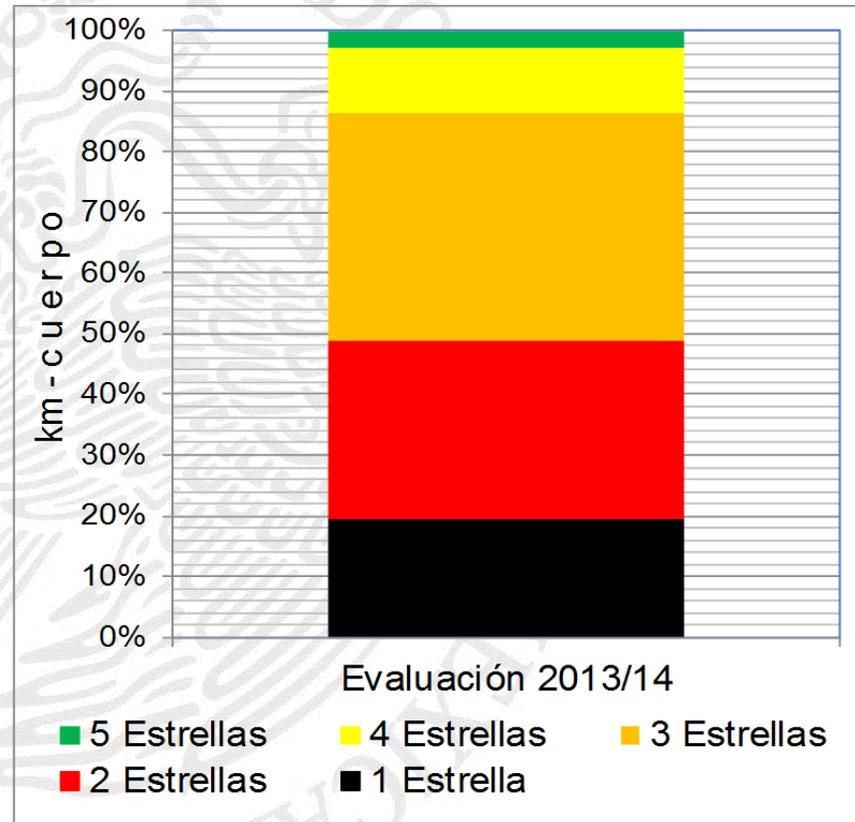


Comparativa 2012-2015 de la evaluación de la seguridad vial en la red de cuota. Gráfica de ocupantes de vehículos

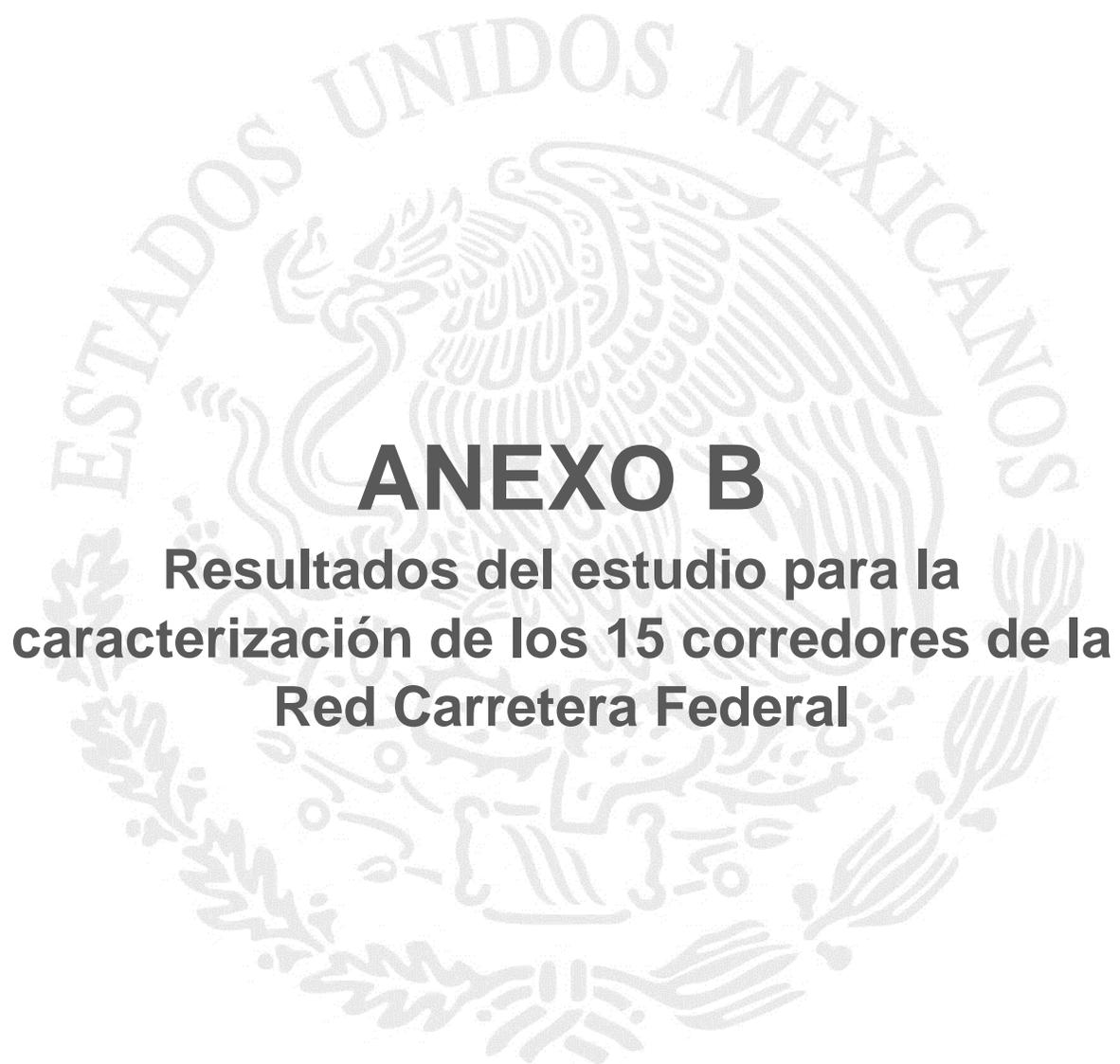
Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos. Elaborado con datos del portal *Vida iRAP-México*

Clasificación de la RCF de acuerdo con sus niveles de seguridad vial

Clasificación	Evaluación 2013/14	
	Longitud (km - cuerpo)	%
5 Estrellas	570.3	2.9%
4 Estrellas	2,086.5	10.7%
3 Estrellas	7,306.4	37.5%
2 Estrellas	5,739.1	29.5%
1 Estrella	3,785.2	19.4%
Total	19,487.5	100.0%



Evaluación de la seguridad vial en la red secundaria. Gráfica de ocupantes de vehículos
 Fuente: Dirección General de Servicios Técnicos. Elaborado con datos del portal *Vida iRAP-México*



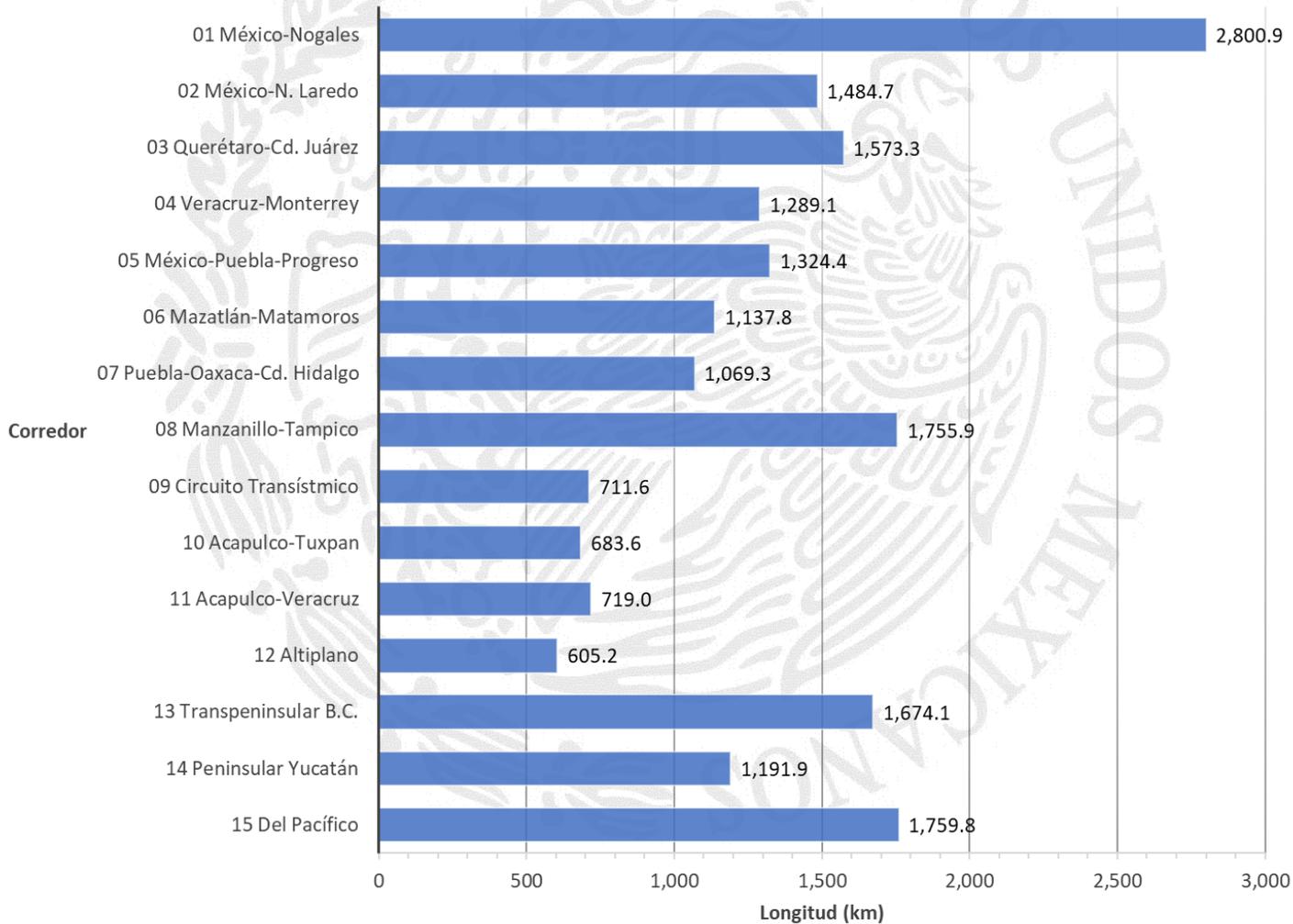
ANEXO B

**Resultados del estudio para la
caracterización de los 15 corredores de la
Red Carretera Federal**

Comparativa de los 15 Corredores Carreteros

Longitud total

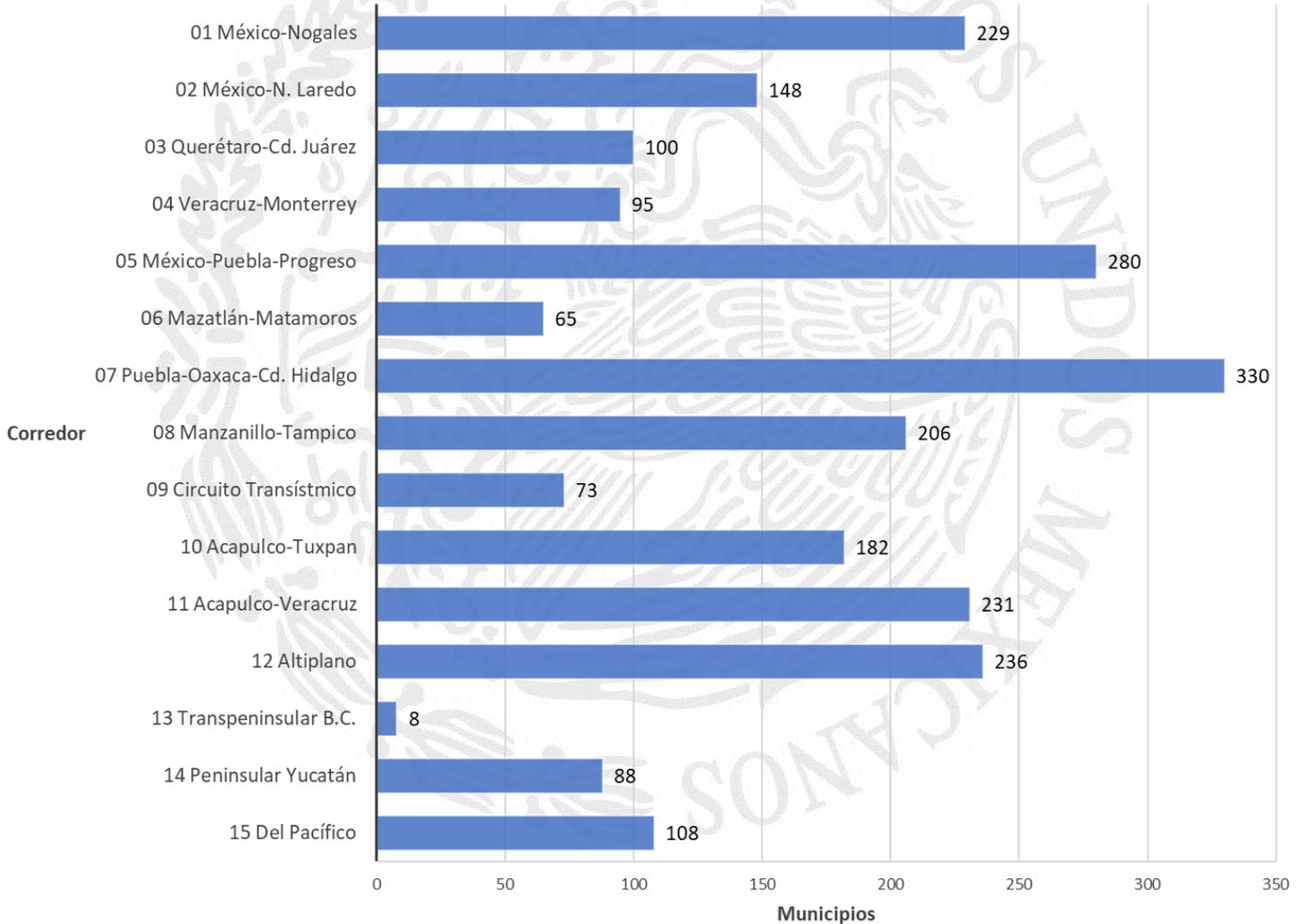
La longitud promedio de los 15 corredores es de 1,318.7 km. El más extenso es México-Nogales con Ramal a Tijuana. De los restantes 14 corredores, 4 tienen longitudes entre 1,500 y 1,800 km, 6 entre 1,000 y 1,500 km y 4 tienen longitud entre 600 y 750 km.



Comparativa de los 15 Corredores Carreteros

Número de municipios en el área de influencia

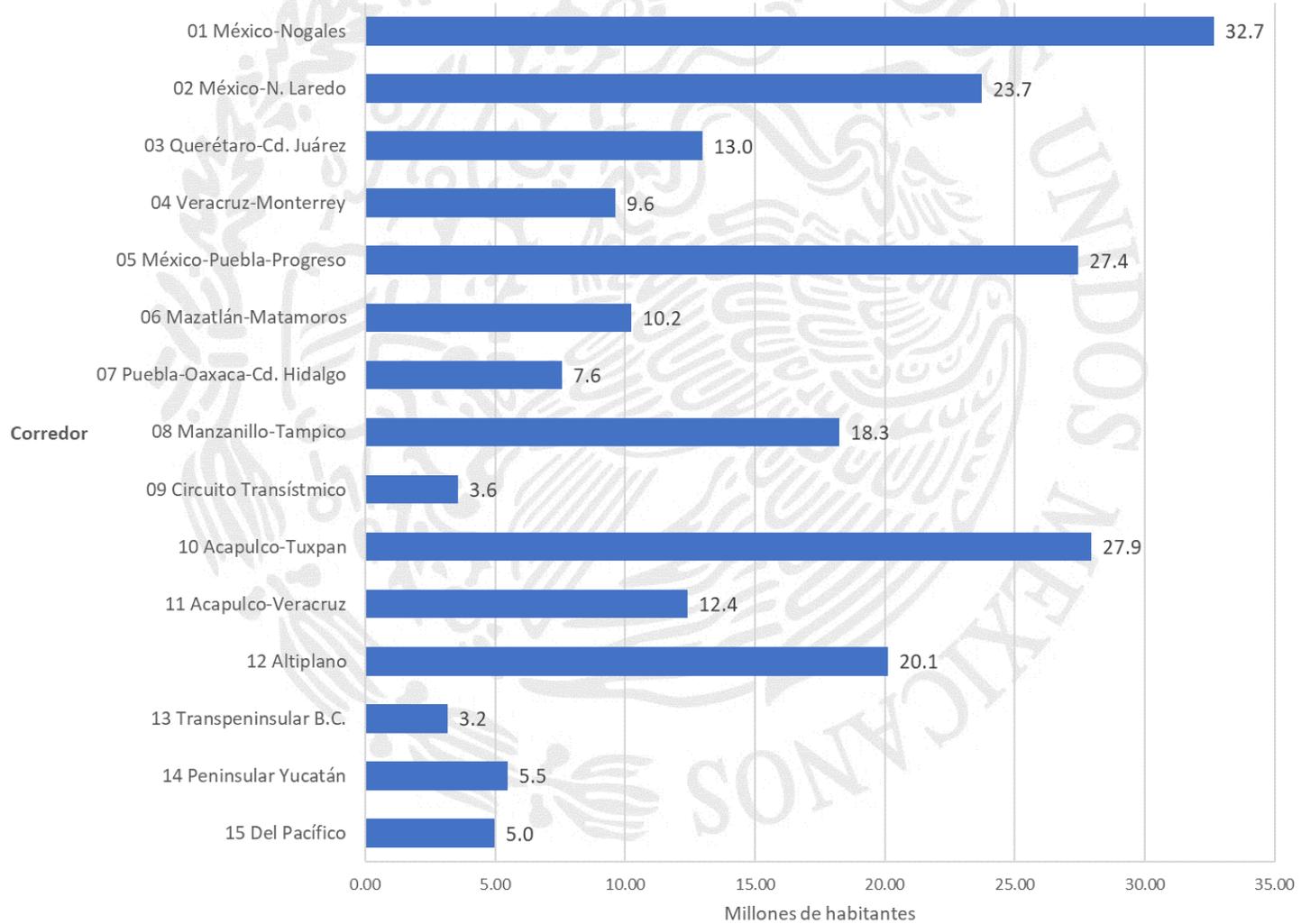
Los corredores con mayor cantidad de municipios en su zona de influencia tienden a atravesar las regiones centro y sureste. Seis corredores atienden más de 200 municipios cada uno, otros 6 sirven a entre 65 y 108 municipios, y uno cuenta con sólo 8 municipios en su zona de influencia.



Comparativa de los 15 Corredores Carreteros

Población total en el área de influencia

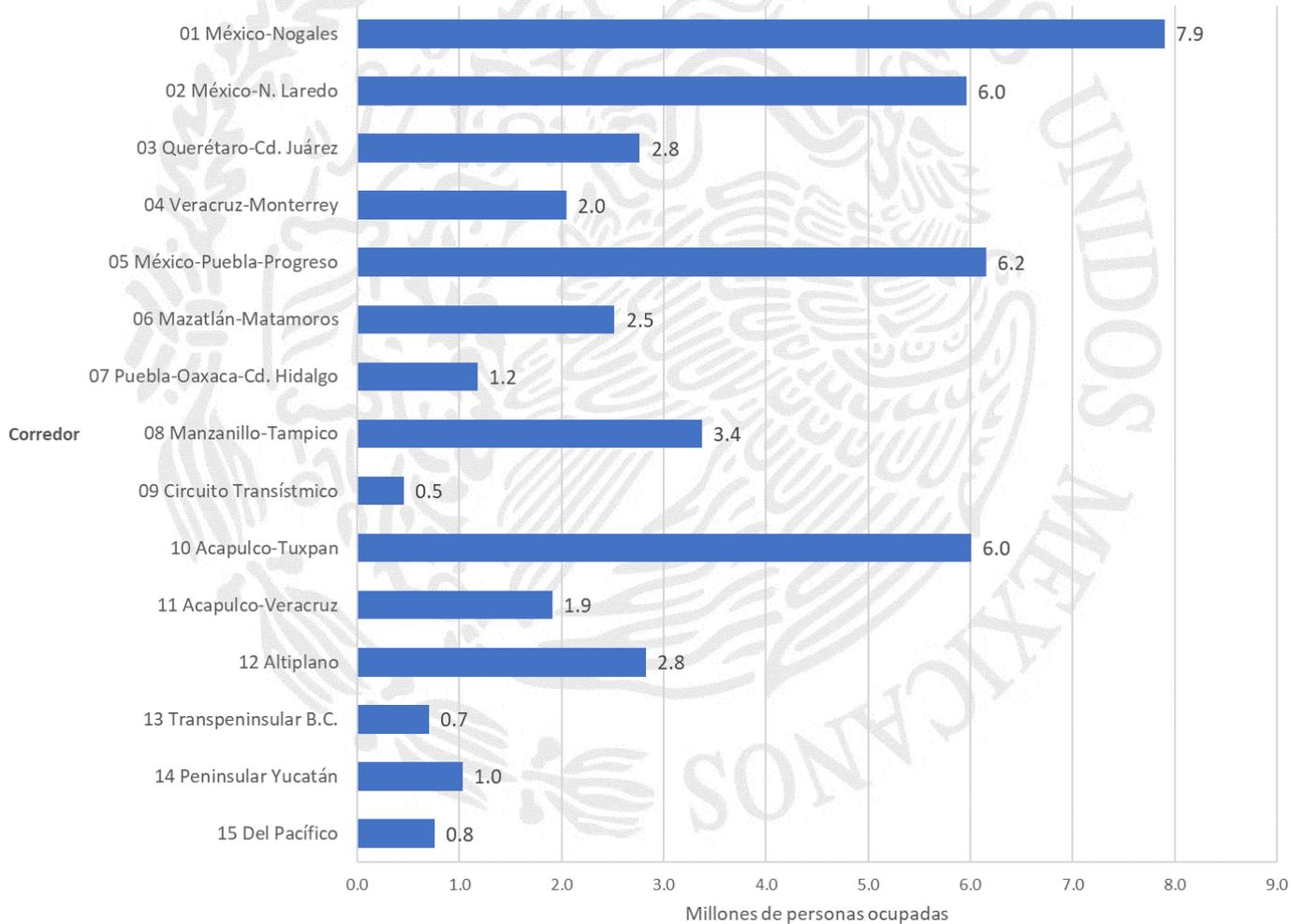
Los corredores con mayor población en su zona de influencia pasan por la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. En el otro extremo, la población de la zona de influencia de 5 corredores es inferior a 8 millones de personas.



Comparativa de los 15 Corredores Carreteros

Personal ocupado en el área de influencia

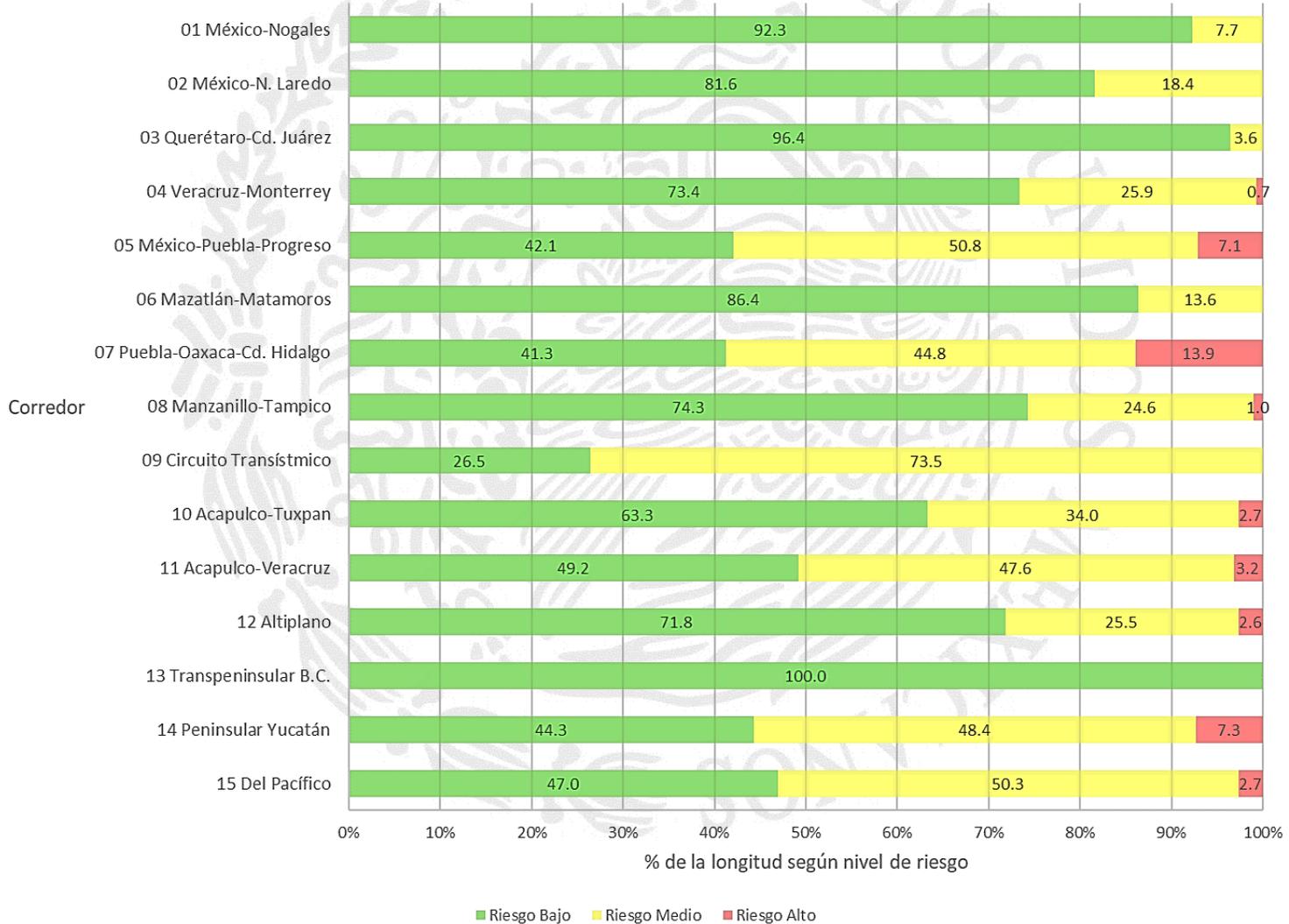
El personal ocupado y la población de la zona de influencia de un corredor están muy correlacionados. De los 5 corredores con mayor población, sólo uno no está entre los cinco con más personal ocupado en su zona de influencia. Asimismo, los cinco corredores con menor población en su zona de influencia son también los que registran menos personal ocupado.



Comparativa de los 15 Corredores Carreteros

Vulnerabilidad ante el cambio climático

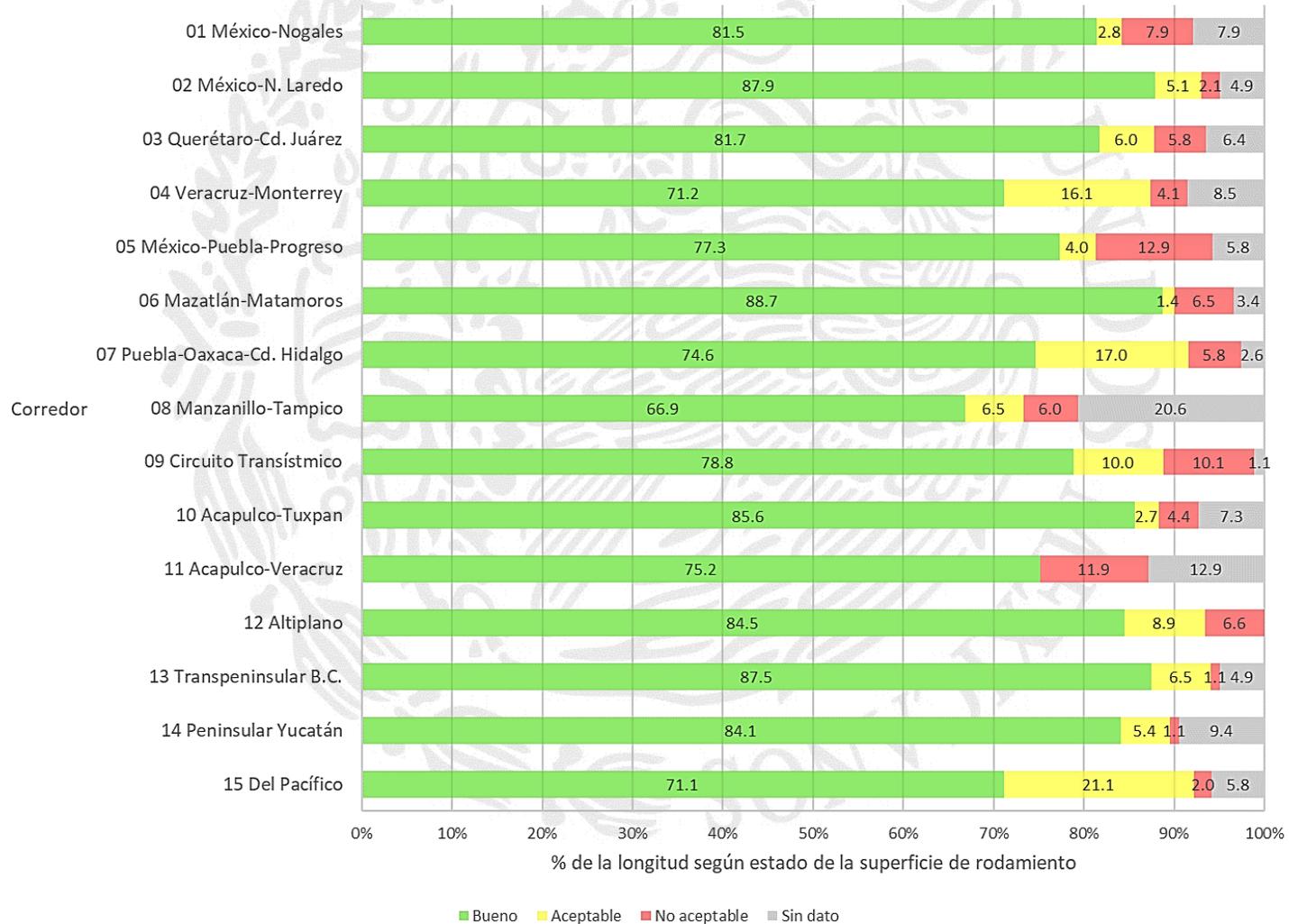
Los corredores más vulnerables ante el cambio climático tienen a ubicarse en las zonas costeras, mientras que los menos vulnerables son corredores transversales o ubicados en el norte de México.



Comparativa de los 15 Corredores Carreteros

Índice de Regularidad Internacional (IRI)

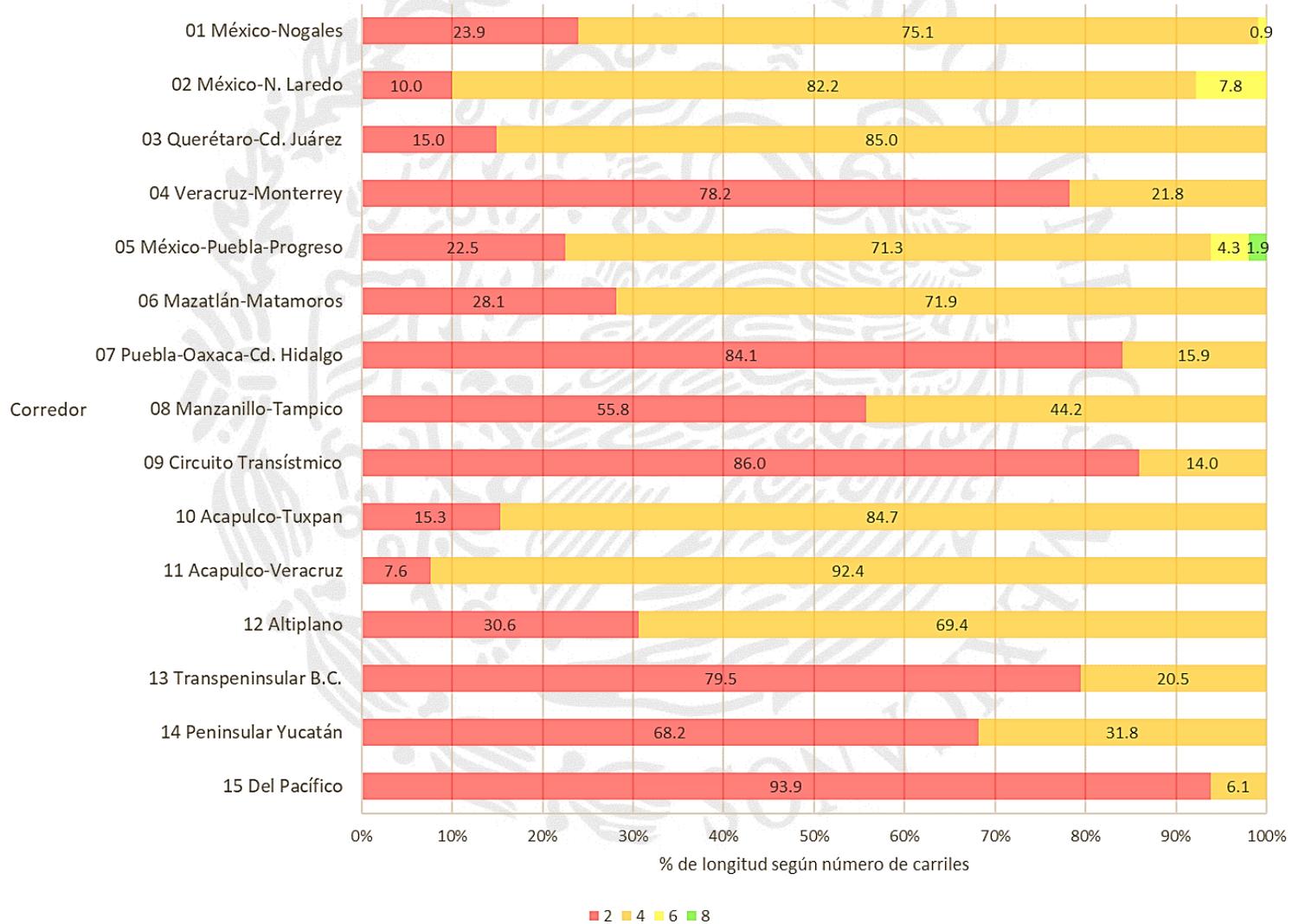
Con dos excepciones, al menos el 80% de la longitud de todos los corredores está en condiciones buenas o aceptables. Salvo un corredor con datos de IRI para toda su longitud, todavía hay porcentajes significativos de la longitud de los corredores para los que se carece de datos.



Comparativa de los 15 Corredores Carreteros

Número de carriles

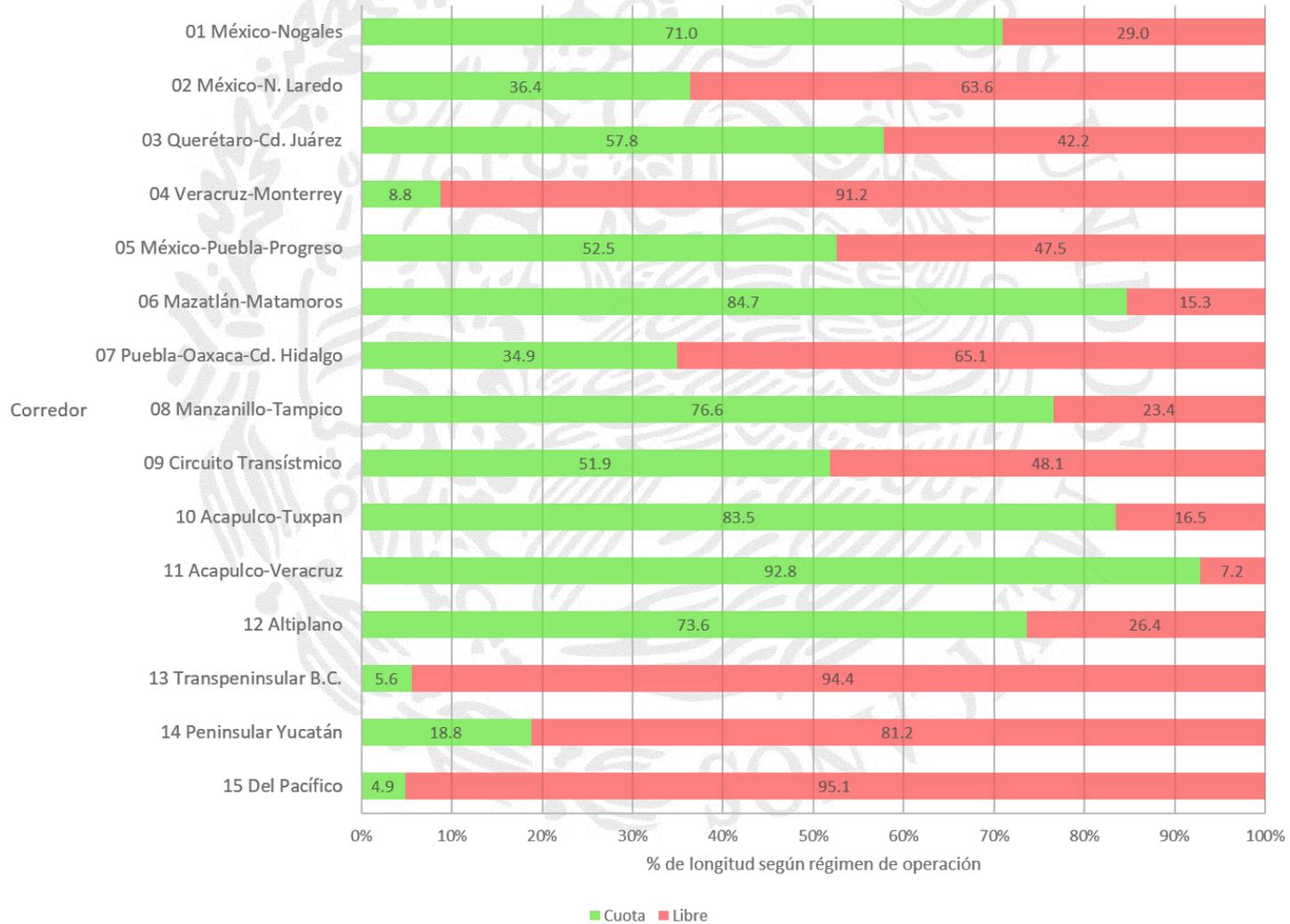
En los ocho corredores más importantes de la red, al menos el 69.4% de su longitud tiene cuatro o más carriles de circulación. Por otra parte, en 6 corredores el 68.2% de la longitud sigue siendo de dos carriles.



Comparativa de los 15 Corredores Carreteros

Régimen de operación

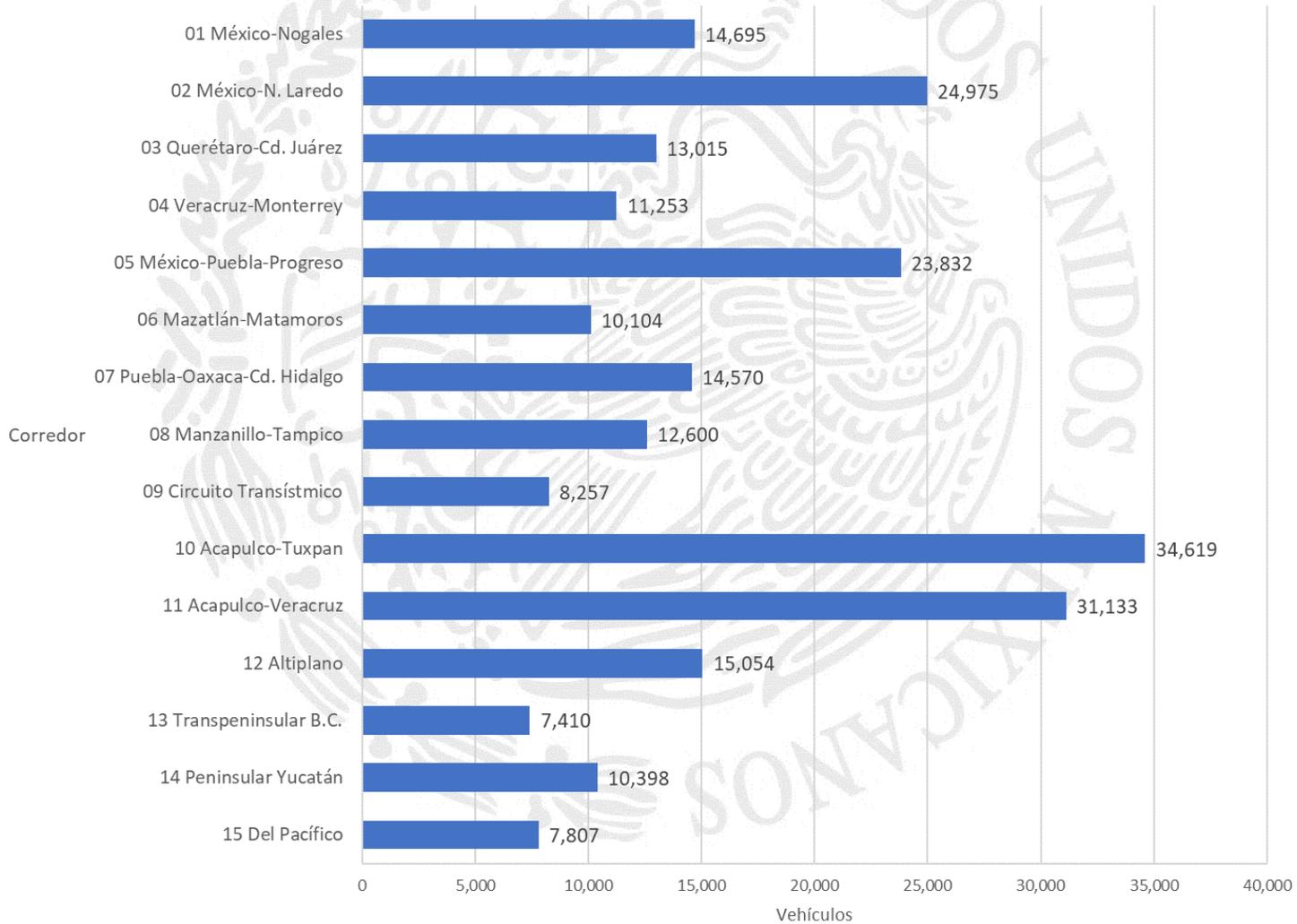
El régimen de operación de los tramos que componen los corredores es muy variable. Mientras 9 corredores cuentan con más del 50% de su longitud operando como carreteras de peaje, 4 corredores tienen menos del 20% de su longitud como vías de cuota.



Comparativa de los 15 Corredores Carreteros

Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) Total 2016

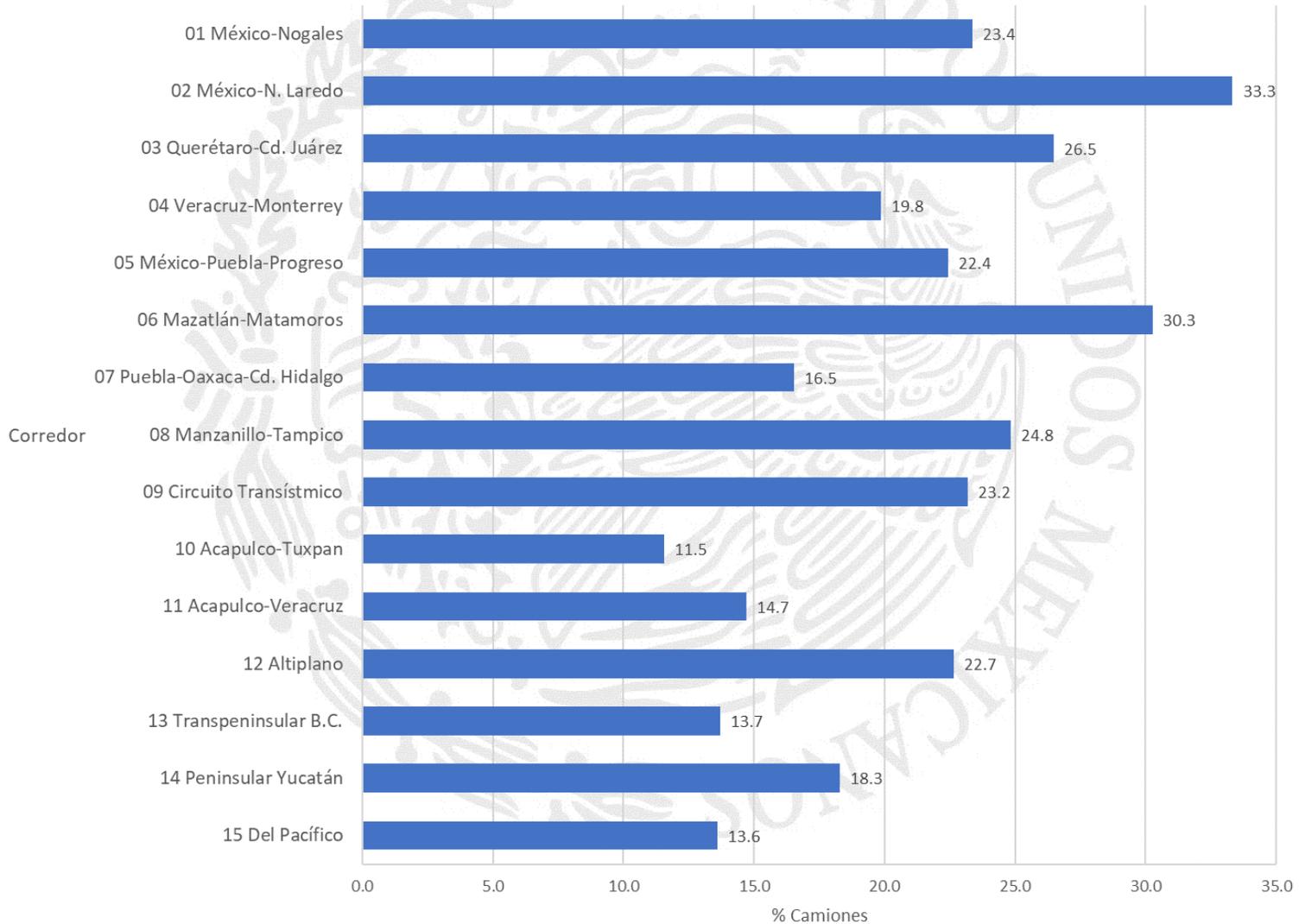
Los seis corredores con mayores tránsitos promedios, todos con tránsitos medios arriba de 14,600 vehículos por día, pasan por la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Por otra parte, los cinco corredores con menos tránsitos promedios están por debajo de 10,400 vehículos por día.



Comparativa de los 15 Corredores Carreteros

Participación de camiones en el TDPA Total 2016

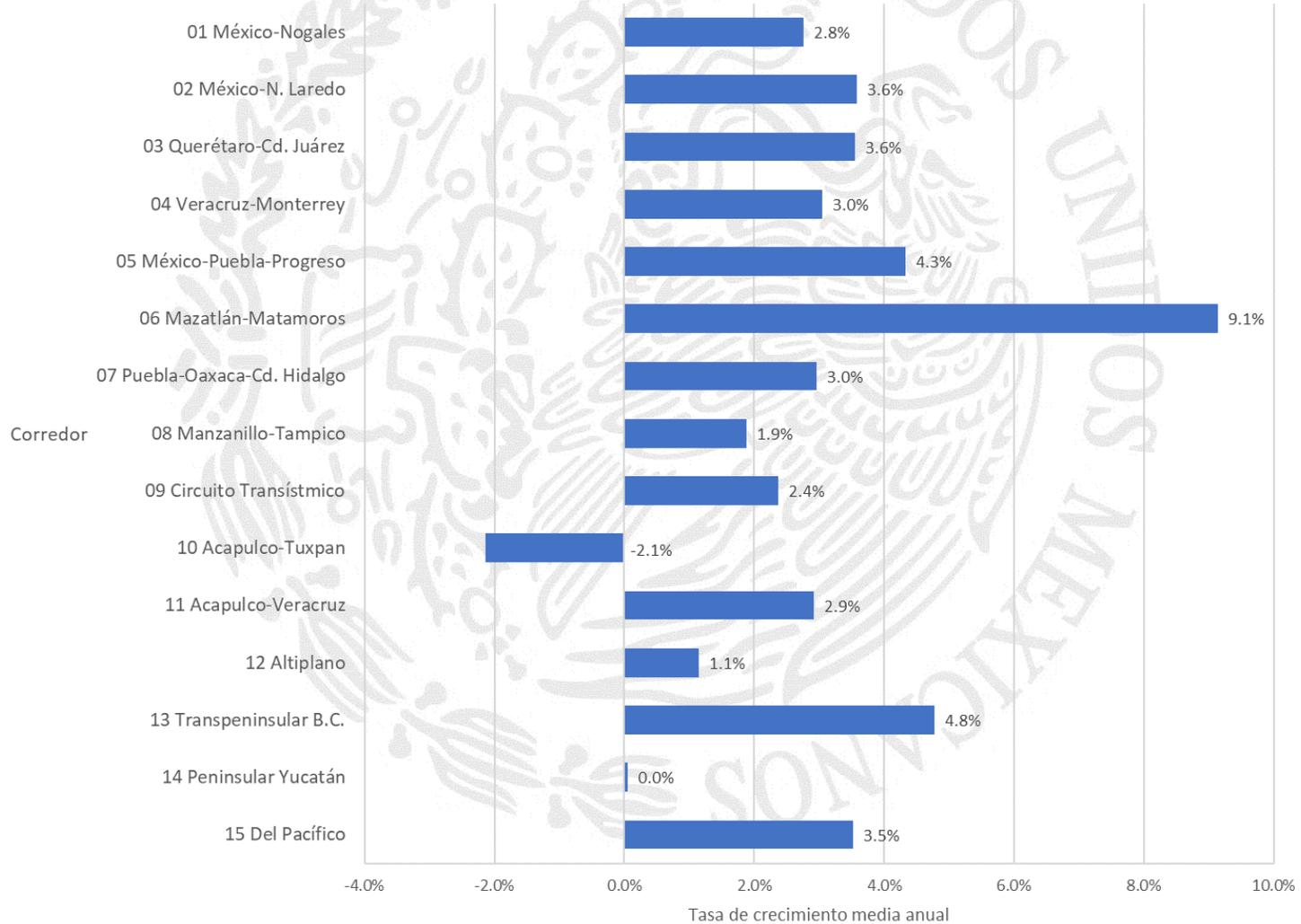
En promedio, la participación de los camiones en el flujo vehicular es del 21%. Hay 8 corredores por encima de ese promedio y en 4, los camiones participan con menos del 15% del flujo vehicular total.



Comparativa de los 15 Corredores Carreteros

Tasa de Crecimiento Medio Anual del TDPA 2013-2016

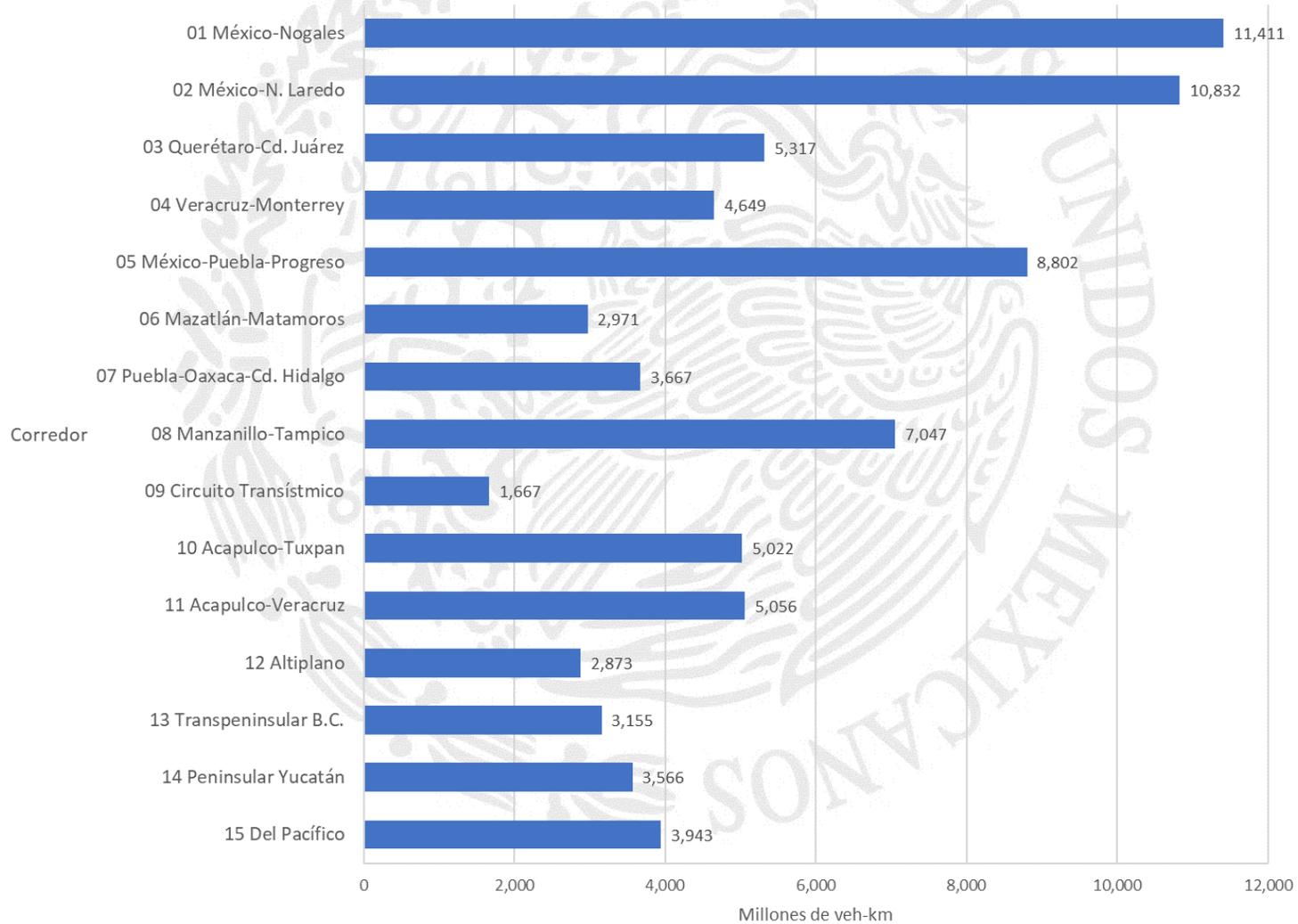
La tasa media de crecimiento anual del tránsito durante 2013-2016 estuvo entre 2 y 3% en ocho corredores y se observaron mayores crecimientos sólo en tres corredores. Cuatro corredores crecieron a menos del 2% anual y en uno decreció el tránsito.



Comparativa de los 15 Corredores Carreteros

Intensidad de uso 2016

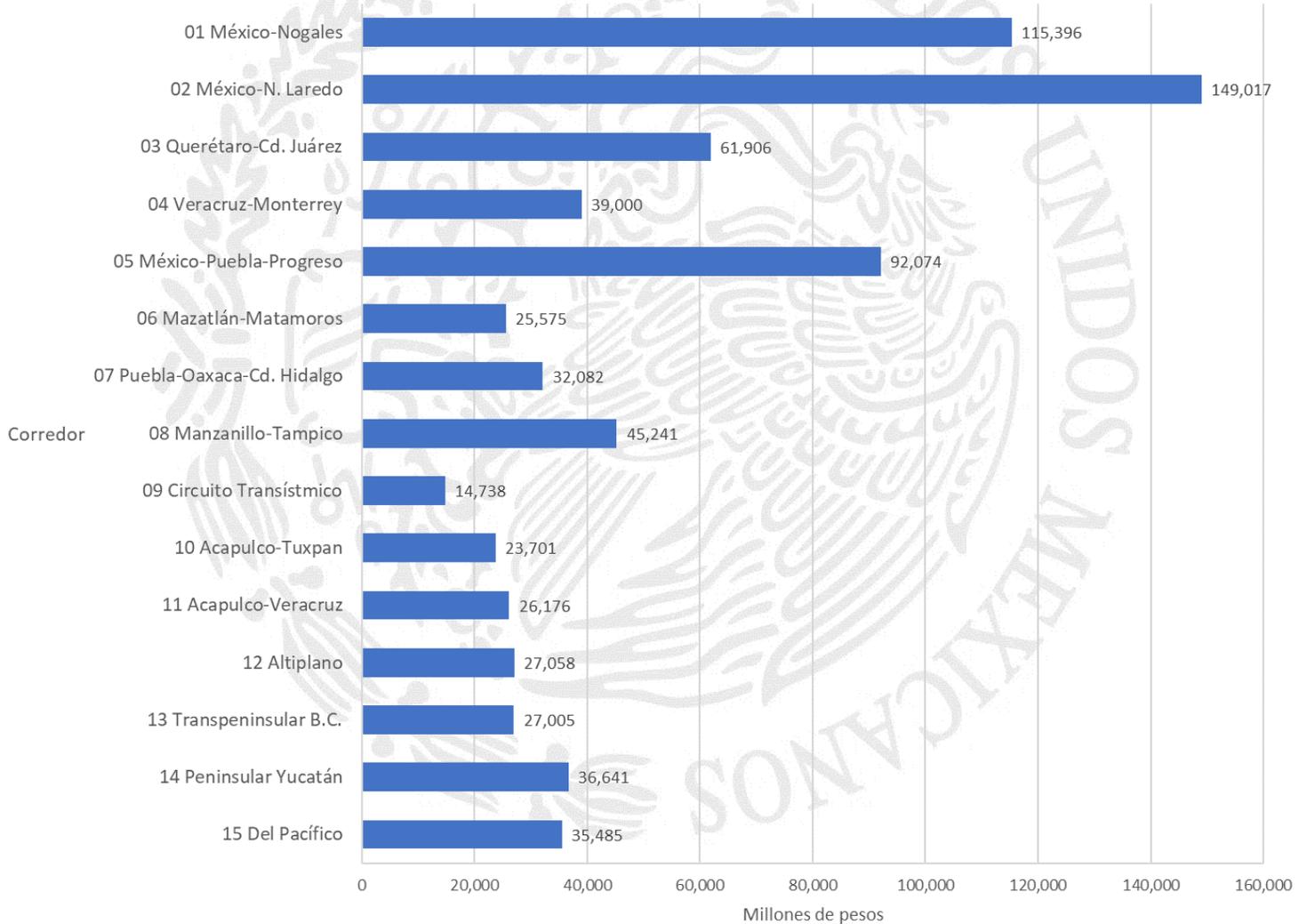
Este indicador está muy correlacionado con el tránsito promedio y con la longitud de cada corredor. Por ello, hay cuatro corredores con más de 7 mil millones de veh-km generados al día y otros siete con menos de 4 mil millones de veh-km generados por día.



Comparativa de los 15 Corredores Carreteros

Costos de Operación Vehicular (COV's) 2016

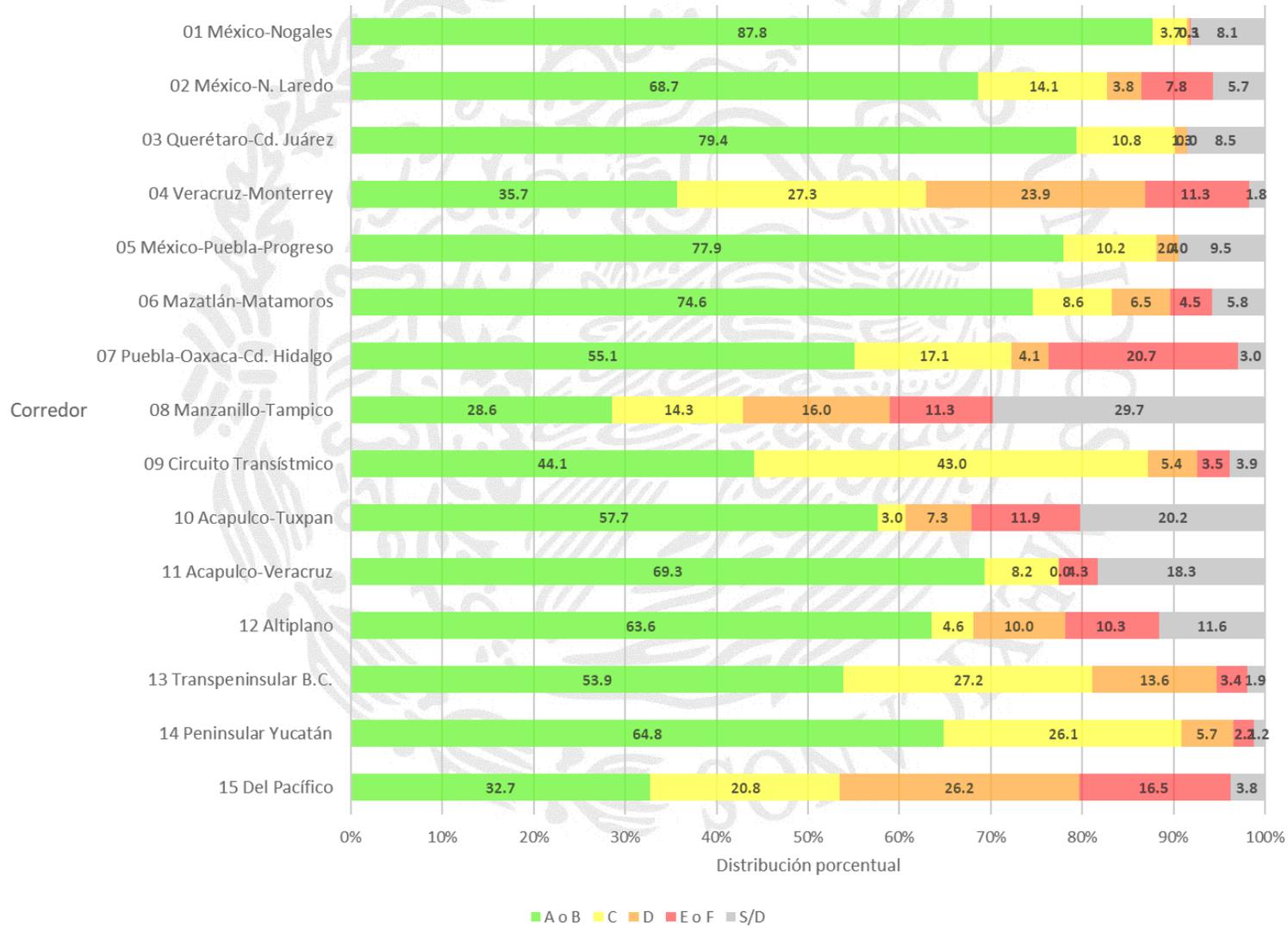
Este indicador depende del tránsito promedio, la topografía y la presencia de vehículos pesados en cada corredor. Cinco corredores generaron COV's superiores a 45,000 millones de pesos, mientras que los costos de operación vehicular de otros diez corredores fueron inferiores a 37,000 millones de pesos.



Comparativa de los 15 Corredores Carreteros

Nivel de servicio 2016

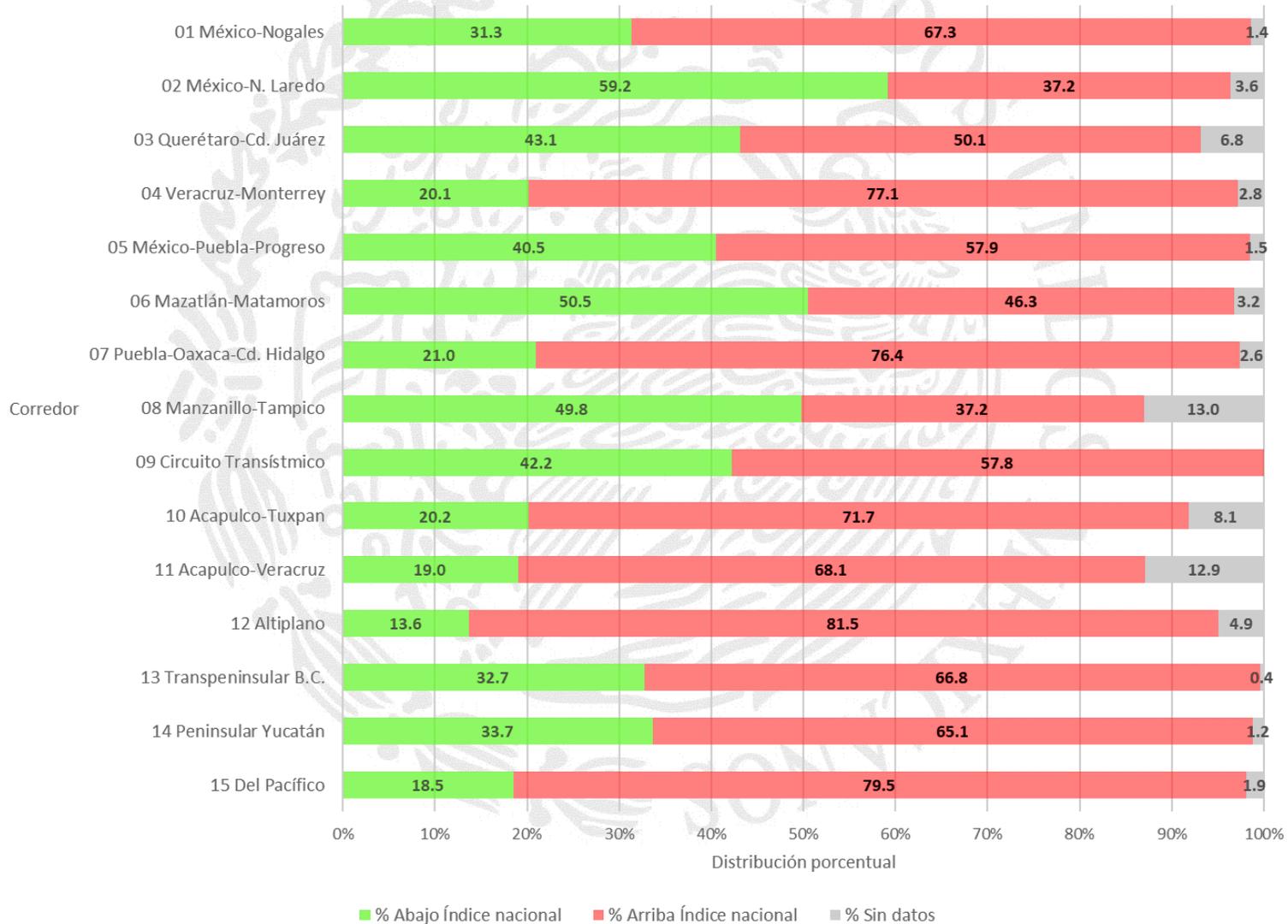
Con excepción de dos corredores, en todos los demás se obtuvo un nivel de servicio bueno o aceptable. Sin embargo, todavía existe una proporción significativa para tramos para los que se carece de datos.



Comparativa de los 15 Corredores Carreteros

Índice de Accidentes 2016

Con excepción de tres corredores, todos los demás tuvieron índices de accidentes por arriba de la media nacional. También se observa que faltan datos para profundizar en el análisis.





ANEXO C

Bases de datos e información del Programa de Auscultación.

BASES DE DATOS E INFORMACIÓN DEL PROGRAMA DE AUSCULTACIÓN DE LA RED CARRETERA FEDERAL

Nombre del contrato	Contenido	Tipo de archivo	Área Responsable
2018			
Determinación del Coeficiente de Fricción (CF) de la superficie de rodamiento de los pavimentos de la Red Carretera Federal 2018 (Autopistas y Corredores Carreteros).	Base de datos de la medición del Coeficiente de Fricción, promedio a cada mil metros, coordenadas geográficas, imágenes digitales y análisis estadístico. Cálculo del IFI. Mapas nacional y por entidad federativa del CF e IFI. Informe ejecutivo final.	Excel, Word y PDF	Dirección General Adjunta de Seguimiento y Evaluación de Programas.
Evaluación superficial de los pavimentos (IRI, PR, MAC y DET), mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2018 (Autopistas, Corredores Carreteros, Red Básica Libre y Red Secundaria).	Base de datos de los indicadores superficiales (IRI, PR, MAC y DET) a cada 20, 100 y 1,000, coordenadas geográficas, resúmenes estadísticos, análisis comparativo de las 3 últimas campañas, mapas nacional y por estado de resultados de IRI, PR, MAC y DET, archivos *.dbf, fotografías a cada 20 m y visor.	Excel, *.jpg, *.exe y PDF	Subdirección Coordinación y Evaluación
Integración de los parámetros funcionales y estructurales y de los resultados y documentación obtenida en el Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal 2018.	Base de datos de los indicadores funcionales (IRI, PR, MAC, DET, CF e IFI) y estructurales (DEF) a cada 20, 100, 500 y 1,000 m, mapas por entidad federativa y nacionales, análisis estadísticos, comparativas, segmentos homogéneos, módulos elásticos, vida remanente, fotografías, visor y archivo *.dbf de la RCF, por cada uno de los contratos del programa.	Excel, *.jpg, *.exe y PDF	
Obtención de elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (Deflexiones) en diversos tramos de la RCF 2018 (Autopistas, Corredores Carreteros y Red Básica Libre).	Base de datos de las deflexiones de campo y normalizadas, módulos de elasticidad, segmentos homogéneos, vida remanente, análisis estadístico e imágenes digitales, mapas nacional y por entidad federativa e informe ejecutivo final.	Excel, Word y PDF	
2017			
Evaluación superficial de los pavimentos (IRI, PR, MAC y DET), mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2017 (Autopistas, Corredores Carreteros, Red Básica Libre y Red Secundaria).	Base de datos de los indicadores superficiales (IRI, PR, MAC y DET) a cada 20, 100 y 1,000 m, coordenadas geográficas, resúmenes estadísticos, análisis comparativo con las 3 últimas campañas, mapas de los resultados de IRI, PR, MAC y DET nacional y por entidad federativa, archivo *.dbf, fotografías a cada 20 m y visor.	Excel, *.jpg, *.exe y PDF	Dirección General Adjunta de Seguimiento y Evaluación de Programas. Subdirección Coordinación y Evaluación
Determinación del Coeficiente de Fricción (CF) y cálculo del Índice de Fricción Internacional (IFI) de la superficie de rodamiento de los pavimentos de la Red Carretera Federal 2017 (Autopistas, Corredores	Base de datos de la medición del coeficiente de fricción, promedio a cada mil metros, coordenadas geográficas y análisis estadístico. Cálculo del IFI. Comparativa de resultados con años anteriores, mapas nacional y por entidad federativa del CF e IFI e informe ejecutivo final.	Excel, Word y PDF	Subdirección Coordinación y Evaluación

Carreteros y Red Básica Libre de Peaje).			
Obtención de los elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (Deflexiones) en diversos tramos de la Red Carretera federal 2017 (Red Secundaria).	Base de datos de las deflexiones de campo y normalizadas, elementos operacionales, módulos de elasticidad, segmentos homogéneos, vida remanente, análisis estadístico e imágenes digitales, análisis comparativo de las 3 últimas campañas, mapas nacional y por entidad federativa e informe ejecutivo final.	Excel, Word y PDF	
Determinación de los parámetros superficiales (IRI, PR, MAC y DET) del Coeficiente de Fricción (CF) y del Índice de Fricción Internacional (IFI) de la superficie de rodamiento de los pavimentos, mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red carretera federal 2017 (Red Fonadin/Banobras).	Base de datos de los indicadores superficiales (IRI, PR, MAC y DET) a cada 20, 100 y 1,000 m y del coeficiente de fricción a cada 100 y 1,000 m, coordenadas geográficas, resúmenes estadísticos, análisis comparativo con las 3 últimas campañas, mapas de los resultados de IRI, PR, MAC, DET, CF e IFI nacional y por entidad federativa, inventario de barreras, dispositivos y señales verticales, fotografías a cada 20 m y visor.	Excel, *.jpg, *.exe y PDF	
2016			
Determinación del Coeficiente de Fricción (CF) y cálculo del Índice Internacional de Fricción (IFI) de la superficie de rodamiento de los pavimentos de la Red Carretera Federal 2016 (Autopistas de Cuota).	Base de datos de la medición del coeficiente de fricción, promedio a cada 1,000 m, coordenadas geográficas, imágenes digitales y análisis estadístico. Cálculo del IFI. Mapas nacional y por entidad federativa del CF e IFI. Informe ejecutivo final.	Excel, Word y PDF	Dirección General Adjunta de Seguimiento y Evaluación de Programas. Subdirección Coordinación y Evaluación
Determinación del Coeficiente de Fricción (CF) y cálculo del Índice Internacional de Fricción (IFI) de la superficie de rodamiento de los pavimentos de la Red Carretera Federal 2016 (Corredores Carreteros, Red Básica Libre Peaje y Red Secundaria).	Base de datos de la medición del coeficiente de fricción, promedio a cada 1,000 m, coordenadas geográficas, imágenes digitales y análisis estadístico. Cálculo del IFI. Mapas nacional y por entidad federativa del CF e IFI. Informe ejecutivo final.	Excel, Word y PDF	
Evaluación superficial de los pavimentos (IRI, PR, MAC y DET), mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2016 (Autopistas de Cuota).	Base de datos de los indicadores superficiales (IRI, PR, MAC y DET) a cada 20, 100 y 1,000 m, coordenadas geográficas, resúmenes estadísticos a cada 20, 100 y 1,000 m, mapas de los resultados de IRI, PR, MAC y DET nacional y por entidad federativa, archivo *.dbf, fotografías a cada 20 m y visor.	Excel y PDF	
Evaluación superficial de los pavimentos (IRI, PR, MAC y DET), mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2016 (Corredores Carreteros, Red Básica Libre de Peaje y Red Secundaria).	Base de datos de los indicadores superficiales (IRI, PR, MAC y DET) a cada 20, 100 y 1,000 m, coordenadas geográficas, resúmenes estadísticos a cada 20, 100 y 1,000 m, mapas de los resultados de IRI, PR, MAC y DET nacional y por entidad federativa, archivo *.dbf, fotografías a cada 20 m y visor.	Excel y PDF	
Obtención de elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos	Base de datos de las deflexiones de campo y normalizadas a 700 KPa, módulos de elasticidad, vida remanente, segmentos homogéneos, análisis	Excel, Word y PDF	

(Deflexiones) en diversos tramo de la Red Carretera Federal 2016 (Autopistas de Cuota).	estadístico, archivos *.dbf, informe fotográfico, informe mensual e informe final, mapas nacional y por entidad federativa.		
Obtención de elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (Deflexiones) en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2016 (Corredores Carreteros, Red Básica Libre de Peaje).	Base de datos de las deflexiones de campo y normalizadas a 700 KPa, elementos operacionales, módulos de elasticidad, vida remanente, segmentos homogéneos, análisis estadístico, archivos *.dbf, informe fotográfico, mapas nacional y por entidad federativa e informe ejecutivo final.	Excel, Word y PDF	
2015			
Determinación del Coeficiente de Fricción (CF) de la superficie de rodamiento de los pavimentos de la Red Carretera Federal (autopistas, corredores carreteros, red básica libre de peaje y red secundaria).	Base de datos de la medición del coeficiente de fricción, promedio a cada 1,000 metros, coordenadas geográficas, imágenes digitales y análisis estadístico, mapas nacional y por entidad federativa del CF.	Excel, Word y PDF	Dirección General Adjunta de Seguimiento y Evaluación de Programas.
Obtención de los elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (Deflexiones) en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2015 (secundaria).	Base de datos de las deflexiones de campo y normalizadas a 700 KPa, módulos de elasticidad, vida remanente, segmentos homogéneos, análisis estadístico e informe fotográfico, mapas nacional y por entidad federativa e informe ejecutivo final.	Excel, Word y PDF	Subdirección Coordinación y Evaluación
Evaluación de los aspectos que inciden en la seguridad vial (IRI, PR, MAC, DET e iRAP), mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2015 (autopistas, corredores carreteros y red básica libre).	Base de datos de los indicadores superficiales (IRI, PR, MAC y DET) a cada 20, 100 y 1,000 m, coordenadas geográficas, resúmenes estadísticos a cada 20, 100 y 1,000 m, mapas de los resultados de IRI, PR, MAC y DET nacional y por entidad federativa, fotografías a cada 20 m y visor, archivos *.dbf, Core Data y Countermeasures cargadas en el portal https://vida.irap.org/ ,	Excel, *.jpg, *.exe y PDF	
Evaluación superficial de los pavimentos (IRI, PR, MAC y DET) mediante el uso de equipos de red de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2015 (Secundaria).	Base de datos de los indicadores superficiales (IRI, PR, MAC y DET) a cada 20, 100 y 1,000 m, coordenadas geográficas, resúmenes estadísticos a cada 20, 100 y 1,000 m, mapas de los resultados de IRI, PR, MAC y DET nacional y por entidad federativa, fotografías a cada 20 m y visor y archivos *.dbf.	Excel, *.jpg, *.exe y PDF	
2014			
Obtención de los elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (Deflexiones) en diversos tramos de la Red Carretera Federal (Autopistas de cuota) 2014.	Base de datos de las deflexiones de campo y normalizadas, módulos de elasticidad, vida remanente, segmentos homogéneos, análisis estadístico, archivos *.dbf, imágenes digitales y visor multiparámetro, mapas nacional y por tramo.	Excel, *.jtb, *.exe, *.jpg, *.mdb, Word y PDF	Dirección General Adjunta de Seguimiento y Evaluación de Programas.
Obtención de los elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (Deflexiones) en diversos tramos de	Base de datos de las deflexiones de campo y normalizadas, módulos de elasticidad, vida remanente, segmentos homogéneos, análisis estadístico e imágenes digitales. Mapas nacional y por entidad federativa. Informe ejecutivo final.	Excel, Word y PDF	Subdirección Coordinación y Evaluación

la Red Carretera Federal (Corredores y red básica libre) 2014.			
Determinación del Coeficiente de Fricción (CF) de la superficie de rodamiento de los pavimentos de la Red Carretera Federal (Corredores y red básica libre) 2014.	Base de datos de la medición del coeficiente de fricción a cada 100 y 1,000 m, coordenadas geográficas, informe fotográfico y análisis estadístico.	Excel, Word y PDF	
Evaluación superficial de los pavimentos (IRI, PR, MAC y DET) mediante el uso de equipo de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal (Autopistas de cuota, corredores y red básica libre) 2014.	Base de datos de los indicadores superficiales (IRI, PR, MAC y DET) a cada 20, 100 y 1,000 m, coordenadas geográficas, resúmenes estadísticos a cada 20, 100 y 1,000 m, mapas de los resultados de IRI, PR, MAC y DET nacional y por entidad federativa, archivos *.dbf, fotografías a cada 20 m y visor.	Excel, *.jpg, *.exe y PDF	
2013			
Obtención de los elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos en diversos tramos en la Red Carretera Federal 2013 (Secundaria y principales carreteras estatales que interconectan a los ejes troncales).	Base de datos de las deflexiones de campo y normalizadas a 700 KPa, coordenadas geográficas, módulos de elasticidad, segmentos homogéneos, vida remanente, análisis estadístico, reporte fotográfico, mapas nacional y por entidad federativa, informes mensuales e informe ejecutivo final.	Excel, Word y PDF	Dirección General Adjunta de Seguimiento y Evaluación de Programas. Subdirección
Evaluación superficial de los pavimentos mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2013 (Autopistas).	Base de datos de los indicadores superficiales (IRI, PR, MAC y DET) a cada 20, 100 y 1,000 m, coordenadas geográficas, resúmenes estadísticos a cada 20, 100 y 1,000 m y plano del perfil.	Excel	Coordinación y Evaluación
Determinación del Coeficiente de Fricción de la superficie de rodamiento de los pavimentos de la Red Carretera Federal 2013 (Secundaria y principales carreteras estatales que interconectan a los ejes troncales).	Base de datos de la medición del coeficiente de fricción a cada 100 y 1,000 m, coordenadas geográficas, análisis estadístico, mapas de los resultados obtenidos del CF nacional y por entidad federativa e informe fotográfico.	Excel, Word y PDF	
Obtención de los espesores y tipo de materiales de las distintas capas que conforman la estructura del pavimento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2013 (Secundaria y principales carreteras estatales que interconectan a los ejes troncales).	Base de datos de las capas del pavimento a cada 20 m, coordenadas geográficas, perfil de las distintas capas que conforman el pavimento, sondeos exploratorios a cada 10 km, radargramas, reporte fotográfico de los sondeos realizados en campo, informe mensual de actividades e informe final.	Excel, *.jpg, *.dzt, *.gpx y PDF	
Evaluación de los aspectos que inciden en la seguridad vial en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2013 (Secundaria y principales carreteras estatales que interconectan a los ejes troncales).	Base de datos de los indicadores superficiales (IRI, PR, MAC y DET) a cada 20, 100 y 1,000 m, coordenadas geográficas, resúmenes estadísticos a cada 20, 100 y 1,000 m, plano del perfil, mapas de los resultados de IRI y PR por entidad federativa, archivos *.dbf de IRI y PR, <i>Core Data</i> y <i>Countermeasures</i> cargadas en el portal https://vida.irap.org/	Excel, Word, AutoCAD y PDF	

2012			
Evaluación superficial de los pavimentos de la RCF (IRI, DET, MAC y PR). Red Cuota, Corredores Carreteros, Básica Libre. Incluye iRAP.	Bases de datos (IRI y PR) a cada 20 m, parámetros geométricos, inventario de elementos, COV's a cada 1,000 m, iRAP. Bases de datos (MAC y DET) a cada 20 m y 100 m respectivamente. TDPA a cada 100 m. Inventario de elementos, valores de: IRI, PR, MAC y DET por carril (según sea el caso), CF, DEF, GPR, Resumen general de cada uno de los indicadores del estado superficial y estructural del pavimento, gráfica del comportamiento de IRI, PR, MAC a cada 20 m, DET y CF a cada 100 m y DEF a cada 200 y 500 m según sea el caso, estadística descriptiva de los valores de : IRI, PR, MAC, DET, DEF y CF con los umbrales establecidos por la DGST. Plano del perfil del tramo, plano de la planta del tramo con el inventario de eventos. Imágenes a cada 20 m. Mapa de la República Mexicana (sin semaforización).	Excel AutoCAD *.jpg PDF	Dirección General Adjunta de Seguimiento y Evaluación de Programas. Subdirección Coordinación y Evaluación
Deflexiones	Informe por estimación. Deflexiones de campo y normalizadas a 700 KPa. Estimaciones de la tasa de crecimiento del TDPA y cálculo de los ejes equivalentes ESAL's.	Word Excel	
Coefficiente de Fricción	Mapa por estado (sin semaforización) y Anexo fotográfico. Valores del coeficiente de fricción y Gráfica de comportamiento cada 100 m	Power Point Excel	
Espesores de los pavimentos (GPR)	Radagramas del pavimento mediante equipo GPR. Sondeos/calas de los pavimentos y tipo de material a cada 10 km, coordenadas geográficas de los sondeos, módulos elásticos y vida remanente de los pavimentos a cada 200 y 500 m.	Power Point Excel	



ANEXO D

Sistemas Institucionales. Concentrado de reportes 2013-2018

1. Portal Aplicativo de la SHCP (PASH).

Matriz de Indicadores de Resultados (MIR) del Pp K 028 *Estudios de Preinversión.*

Detalle de la Matriz								
Ramo:		9 - Comunicaciones y Transportes						
Unidad Responsable:		212 - Dirección General de Servicios Técnicos						
Clave y Modalidad del Pp:		K - Proyectos de Inversión						
Denominación del Pp:		K-028 - Estudios de preinversión						
Clasificación Funcional:								
Finalidad:		3 - Desarrollo Económico						
Función:		5 - Transporte						
Subfunción:		1 - Transporte por Carretera						
Actividad Institucional:		3 - Carreteras eficientes, seguras y suficientes						
Objetivo			Fin			Supuestos		
Contribuir a desarrollar una infraestructura de transporte y logística multimodal que genere costos competitivos, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social mediante, la realización de estudios y proyectos para la planeación, construcción, modernización, conservación y operación de la Red Carretera Federal, su auscultación y la verificación de calidad de las obras carreteras en ejecución.			1			La ocurrencia de desastres naturales que dañen constantemente la infraestructura carretera es mínima		
Indicador	Definición	Método de Cálculo	Tipo de Valor de la Meta	Unidad de Medida	Tipo de Indicador	Dimensión del Indicador	Frecuencia de Medición	Medios de Verificación
Red Carretera Federal evaluada atendiendo a sus niveles de seguridad (autopistas, corredores carreteros y red básica libre)	Proporción de la Red Carretera Federal (autopistas, corredores carreteros y red básica libre) clasificada con cinco, cuatro y tres estrellas, atendiendo a su nivel de seguridad. Nota: La escala con que se califica la red es de una a cinco estrellas, donde cinco es el nivel más elevado, aplicando la metodología IRAP.	(Longitud auscultada y clasificada de la Red con cinco, cuatro y tres estrellas / Longitud total de la Red Carretera Federal evaluada atendiendo a su nivel de seguridad vial) *100 (Nota: La medición y procesamiento de datos se realiza en 2012, 2015 y 2018, de acuerdo a la estrategia y procedimiento establecidos. En el primer trimestre del siguiente ejercicio fiscal, la DGST concluye el diagnóstico y publica la clasificación de las carreteras.	Relativo	Porcentaje	Estratégico	Eficacia	Trianual	Informe de resultados del Programa de Evaluación y Clasificación de la Red Carretera Federal, atendiendo a sus niveles de seguridad. Subdirección de Coordinación de la Dirección de Coordinación y Evaluación, DGST. Base de datos de la clasificación de la Red Carretera Federal por estrellas, atendiendo a sus niveles de seguridad vial; por entidad federativa y carretera. Subdirección de Coordinación de la Dirección de Coordinación y Evaluación, DGST.

Objetivo			Propósito			Supuestos		
Los usuarios de la Red Carretera Federal cuentan con caminos cuya capacidad de carga es adecuada al tránsito vehicular que circula por ellos			Orden 1			Los vehículos del autotransporte federal circulan con las cargas autorizadas en la Norma de Pesos y Dimensiones.		
Indicador	Definición	Método de Calculo	Tipo de Valor de la Meta	Unidad de Medida	Tipo de Indicador	Dimensión del Indicador	Frecuencia de Medición	Medios de Verificación
Red Carretera Federal cuya estructura de pavimento es adecuada para soportar las cargas del tránsito vehicular que circula por ella	Se refiere a la longitud de la Red Carretera Federal auscultada en el año que tiene pavimentos con capacidad de carga adecuada al tránsito, respecto de la longitud total programada para la medición de sus deflexiones. Nota: Deflexión es la deformación que sufren las capas del pavimento ante el paso de vehículos. En año no se mide la red secundaria y en año par las autopistas, los corredores y la red básica libre, por lo que la longitud objetivo varía en cada año. El 2016 se medirá esta última. La DGST realiza la auscultación y la evaluación de la Red. Los resultados dependen de los trabajos de modernización y conservación que ésta red recibe en el año inmediato anterior.	(Núm. de km de la Red Carretera Federal con deflexiones dentro del rango técnico establecido como aceptable / Núm. total de km de la Red Carretera Federal auscultada a la que se le midieron sus deflexiones en el año)*100	Relativo	Porcentaje	Estratégico	Eficacia	Anual	Programa Anual de Auscultación de la DGST; Informe de resultados de la medición de las deflexiones de la Red Carretera Federal; Base de datos de Auscultación de la RCF. Subdirección de Coordinación, Dirección de Coordinación y Evaluación, DGST.
Objetivo			Componente			Supuestos		
C1.- Red Carretera Federal calificada			Orden 1			Las condiciones meteorológicas son adecuadas y permiten calificar adecuadamente el estado de la Red Carretera Federal		
Indicador	Definición	Método de Calculo	Tipo de Valor de la Meta	Unidad de Medida	Tipo de Indicador	Dimensión del Indicador	Frecuencia de Medición	Medios de Verificación
Proporción de la Red Carretera Federal con condiciones físicas buenas y aceptables	Se refiere a la proporción de carreteras federales que cumplen con los estándares de estado bueno y aceptable. Nota: De acuerdo a sus condiciones operacionales, la Red se agrupa en carreteras ET, A, B, C y D, mismas que a su vez son calificadas por la DGST de acuerdo a su estado físico en bueno, aceptable y deficiente, siendo los elementos calificados la corona, el señalamiento, el drenaje y el derecho de vía	(Núm. de km de carreteras (ET, A, B, C y D) calificadas en condiciones buenas y aceptables / Núm. total de km de la Red Carretera Federal evaluados en el año)*100	Relativo	Porcentaje	Estratégico	Eficacia	Anual	Informe semestral de la calificación del estado físico de las autopistas de cuota que se presenta a la DGDC, en los meses de agosto y noviembre de cada ejercicio fiscal, por autopista Informe anual de la calificación de, estado físico de la red carretera federal libre de peaje por carretera y entidad federativa, al 30 de diciembre de cada ejercicio fiscal y que se entrega a la DGCC. (Área Responsable: Subdirección de Ingeniería de Tránsito, Dirección de Vialidad y Proyectos, DGST)

Objetivo			Actividad Orden			Supuestos		
A1C1.- Medición y procesamiento del Coeficiente de Fricción			1			Las condiciones de seguridad y tránsito en la Red Carretera Federal permiten los recorridos y mediciones continuas		
Indicador	Definición	Método de Cálculo	Tipo de Valor de la Meta	Unidad de Medida	Tipo de Indicador	Dimensión del Indicador	Frecuencia de Medición	Medios de Verificación
Porcentaje de la Red Carretera Federal que cuenta con Coeficiente de Fricción medido y procesado	Se refiere a la longitud de la Red Carretera Federal a la cual se le mide el Coeficiente de Fricción (CF) para evaluar la adherencia neumático-pavimento Red Carretera Federal: Red Básica Libre + Autopistas + Corredores Carreteros	(Núm. de km medidos y procesados de la red carretera federal respecto a su Coeficiente de Fricción, en el periodo / Núm. de km programados para estudio en el año)*100	Relativo	Porcentaje	Gestión	Eficacia	Trimestral	Programa de trabajo y catálogo de conceptos contractuales de la medición del Coeficiente de Fricción de la RCF; Informe trimestral de avance del programa de auscultación de la RCF. Subdirección de Coordinación y Evaluación, DGST
Objetivo			Orden			Supuestos		
A2C1.- Evaluación de la superficie de rodamiento de las autopistas, los corredores carreteros y red básica libre			2			Las condiciones de operación de las carreteras permiten el trabajo de los equipos de alto rendimiento durante los periodos establecidos		
Indicador	Definición	Método de Cálculo	Tipo de Valor de la Meta	Unidad de Medida	Tipo de Indicador	Dimensión del Indicador	Frecuencia de Medición	Medios de Verificación
Proporción de la Red Carretera Federal calificada de acuerdo con sus elementos superficiales	Porcentaje de la red carretera federal auscultada de acuerdo con sus condiciones superficiales (IRI, PR, MAC Y DET), respecto a la longitud total programada. Red Carretera Federal: Red Básica Libre + Autopistas + Corredores Carreteros IRI: Índice de Regularidad Internacional PR: Profundidad de Roderas MAC: Macrotextura superficial del pavimento DET: Deterioros superficiales del pavimento	(Núm. de km medidos, procesados y analizados de cuatro elementos superficiales (IRI, PR, MAC, DET) de las autopistas, corredores carreteros y básica libre, en el periodo / longitud total de la red programada para estudio)*100	Relativo	Porcentaje	Gestión	Eficacia	Trimestral	Programa de trabajo y catálogo de conceptos contractuales de las mediciones superficiales en autopistas, corredores carreteros y red básica libre; Informe trimestral de avance del programa de auscultación de la RCF. Subdirección de Coordinación y Evaluación, DGST
Objetivo			Orden			Supuestos		
A3C1.- Medición y procesamiento de las deflexiones			3			Existe transitabilidad continua en la red carretera federal y condiciones adecuadas de seguridad en los tramos programados para medición		
Indicador	Definición	Método de Cálculo	Tipo de Valor de la Meta	Unidad de Medida	Tipo de Indicador	Dimensión del Indicador	Frecuencia de Medición	Medios de Verificación
Proporción de la Red Carretera Federal que cuenta con deflexiones medidas y procesadas	Se refiere al porcentaje de la longitud medida y procesada de la red a la que se miden sus deflexiones, respecto a la longitud total programada Nota: Red Carretera Federal medida: Red Básica Libre + Autopistas + Corredores Carreteros	(Núm. de km de la red carretera federal a los que fueron medidas y procesadas sus deflexiones, en el periodo/ Núm. de km de la red programados en el año para la obtención de deflexiones)*100	Relativo	Porcentaje	Gestión	Eficacia	Trimestral	Programa de trabajo y catálogo de conceptos contractuales de la medición de deflexiones en la red; Informe trimestral de avance del programa de auscultación de la DGST. Subdirección de Coordinación y Evaluación, DGST

Objetivo			Orden			Supuestos		
A4C1.- Evaluación de la superficie de rodamiento la Red Carretera Federal Secundaria			4			Los participantes en el proceso de licitación y adjudicación de los servicios cumplen con todos los requisitos normativos establecidos, por lo que la formalización de los contratos y el inicio de los trabajos ocurre en la temporada de secas		
Indicador	Definición	Método de Calculo	Tipo de Valor de la Meta	Unidad de Medida	Tipo de Indicador	Dimensión del Indicador	Frecuencia de Medición	Medios de Verificación
Proporción de la Red Carretera Federal Secundaria calificada de acuerdo con sus elementos superficiales	Porcentaje de la red carretera federal secundaria auscultada de acuerdo con sus condiciones superficiales (IRI, PR, MAC y DET), respecto a la longitud total programada para estudio	(Núm. de km medidos, procesados y analizados de cuatro elementos superficiales (IRI, PR, MAC y DET) de la red carretera federal secundaria, en el periodo / Longitud total de la red programada para estudio)*100	Relativo	Porcentaje	Gestión	Eficacia	Trimestral	Programa de trabajo y catálogo de conceptos de la medición de condiciones superficiales de la red carretera federal secundaria (IRI, PR, MAC y DET); Informe trimestral de avance del programa de auscultación de la DGST; Subdirección de Coordinación, Dirección de Coordinación y Evaluación, DGST

2. Indicadores Institucionales de la SCT.

Indicador 1. *Evaluación superficial de los pavimentos en la Red Carretera Federal Libre (Básica y Secundaria), Autopistas y Corredores Carreteros.*

No.	Área que reporta	Objetivo Sectorial	Nombre del Indicador	Unidad de Medida	Línea Base 2013	Meta 2018	Comentarios	Descripción de la Evidencia Documental
Infraestructura carretera								
4	Subsecretaría de Infraestructura	Desarrollar una Infraestructura de transporte y logística multimodal que genere costos competitivos, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social.	Evaluación superficial de los pavimentos de la red carretera federal red libre (básica y secundaria), autopistas y corredores carreteros.	Kilómetro-carril	N/A Las mediciones anuales dependen de cuáles redes se midan	61,995		

3. Sistema de Administración de Riesgos de la SCT.

Programa de Trabajo de Administración de Riesgos de la Subsecretaría de Infraestructura.

No.	Riesgo	Factor de Riesgo	Estrategia	Acción de Control	Unidad Administrativa	Responsable	Unidad de Medida	Meta Programada 2018	Evidencia Documental
1	Red Carretera Federal no modernizada, construida y conservada; provocando costos operativos no competitivos para el transporte de personas y mercancías, así como disminuyéndose la seguridad e impulso al desarrollo social y económico	Falta de realización del Programa de Auscultación	Compartir el Riesgo	Seguimiento del Programa de Auscultación	Dirección General de Servicios Técnicos	Directora General Adjunta de Seguimiento y Evaluación de Programas	Km-carril. Condiciones superficiales (IRI,PR,DET y MAC)	61,995.0	Términos de Referencia y Programas de Trabajo contractuales de la auscultación de las condiciones superficiales (Red libre de peaje, corredores carreteros, concesionarios privados y red propia de Capufe); de la obtención del coeficiente de fricción (corredores carreteros y autopistas de concesionarios privados y red propia Capufe); así como de la medición de deflexiones (básica libre, corredores carreteros, concesionarios privados y red propia Capufe). Asimismo, Bitácoras Electrónicas de los servicios contratados. Dirección de Coordinación y Evaluación, DGST.
							km-estudio CF	20,885.0	
							km-estudio Condiciones estructurales Deflexiones. Secundaria	36,398.0	



ANEXO E

Relación de expedientes y contratos celebrados por la DGST para la ejecución del Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal



RELACIÓN DE EXPEDIENTES Y CONTRATOS CELEBRADOS POR LA DGST PARA LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE AUSCULTACIÓN DE LA RED CARRETERA FEDERAL

A continuación se presenta el listado de los 69 contratos celebrados para la ejecución del Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal y cuyos expedientes se encuentran en las oficinas centrales de la Dirección General de Servicios Técnicos.

No	Nombre del contrato	Núm. de contrato
2013		
1	Obtención de los elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos en diversos tramos en la Red Carretera Federal 2013 (secundaria y principales carreteras estatales que interconectan a los ejes troncales).	13-7-CI-A-027-Y-0-13
2	Evaluación superficial de los pavimentos mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2013 (autopistas).	13-7-CI-A-028-Y-0-13
3	Determinación del Coeficiente de Fricción de la superficie de rodamiento de los pavimentos de la Red Carretera Federal 2013 (secundaria y principales carreteras estatales que interconectan a los ejes troncales).	13-7-CI-A-029-Y-0-13
4	Obtención de los espesores y tipo de materiales de las distintas capas que conforman la estructura del pavimentos en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2013 (secundaria y principales carreteras estatales que interconectan a los ejes troncales).	13-7-CI-A-030-Y-0-13
5	Evaluación de los aspectos que inciden en la seguridad vial en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2013 (secundaria y principales carreteras estatales que interconectan a los ejes troncales).	13-7-CI-A-031-Y-0-13
6	Inspección e inventario de taludes en secciones en corte de la Red Carretera Federal libre y de cuota en la zona norte del país y desarrollo de herramienta para su revisión.	13-7-CI-A-060-Y-0-13
7	Inspección e inventario de taludes en secciones en corte de la Red Carretera Federal libre y de cuota en la zona centro-sur del país.	13-7-CI-A-061-Y-0-13
8	Instructivo para actividades para el residente de obra de construcción, modernización y conservación de carreteras federales y carreteras alimentadoras.	13-I-CI-A-097-Y-0-13
2014		
9	Obtención de los elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (deflexiones DEF) en diversos tramos de la Red Carretera Federal (autopistas de cuota) 2014.	14-7-CI-A-016-Y-0-14
10	Obtención de los elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (deflexiones DEF) en diversos tramos de la Red Carretera Federal (corredores y red básica libre) 2014.	14-7-CI-A-017-Y-0-14
11	Determinación del Coeficiente de Fricción (CF) de la superficie de rodamiento de los pavimentos de la red corredores y red básica libre) 2014.	14-7-CI-A-018-Y-0-14

12	Evaluación superficial de los pavimentos (IRI, PR, MAC y DET), mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal (autopistas de cuota, corredores y red básica libre) 2014.	14-7-CI-A-019-Y-0-14
13	Inspección e inventario de construcciones que se ubican en los terrenos adyacentes a las carreteras, incluyendo parte de sus zonas aledañas, correspondientes a la red de cuota y red de carreteras federales libres de peaje (corredores y básica) además de la elaboración de un mapa de riesgos.	14-7-CI-A-086-Y-0-14
14	Carga y análisis de la información obtenida en el Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal, para su explotación.	14-I-CI-A-087-Y-0-14
2015		
15	Determinación del Coeficiente de Fricción (CF) de la superficie de rodamiento de los pavimentos de la Red Carretera Federal (autopistas, corredores carreteros, red básica libre de peaje y red secundaria).	15-7-CI-A-001-Y-0-15
16	Obtención de los elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (deflexiones) en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2015 (secundaria).	15-7-CI-A-002-Y-0-15
17	Evaluación de los aspectos que inciden en la seguridad vial (IRI, PR, MAC, DET e iRAP), mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2015 (autopistas, corredores carreteros y red básica libre).	15-7-CI-A-003-Y-0-15
18	Evaluación superficial de los pavimentos (IRI, PR, MAC y DET) mediante el uso de equipos de red de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2015 (secundaria).	15-7-CI-A-004-Y-0-15
19	Actualización del inventario de taludes en secciones en corte de la Red Carretera Federal de cuota y libre de peaje (corredores y red básica) 2015.	15-7-CI-A-022-Y-0-15
20	Elaboración del proyecto de norma para evaluar el Índice de Regularidad Internacional (IRI) y elaboración de los proyectos de los manuales para determinar el Índice de Regularidad Internacional (IRI).	15-I-CI-A-073-Y-0-15
21	Proyecto de norma para la determinación de la Profundidad de las Roderas y elaboración de los proyectos de los manuales para la determinación de la Profundidad de las Roderas.	15-I-CI-A-078-Y-0-15
22	Elaboración del proyecto de norma para evaluar el Coeficiente de Fricción en los pavimentos y elaboración de los proyectos de los manuales para la determinación del Coeficiente de Fricción.	15-I-CI-A-087-Y-0-15
23	Elaboración del proyecto de norma para la determinación de la Macrotextura, y elaboración de los proyectos de los manuales para la determinación de la Macrotextura.	15-I-CI-A-088-Y-0-15
24	Análisis del comportamiento estructural de los puentes de tridilosa de la Red Carretera Federal región norte (Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sonora y Zacatecas).	15-7-CI-A-089-Y-0-15
25	Análisis del comportamiento estructural de los accesos a puentes a base de muros de tierra mecánicamente estabilizados en la Red Carretera Federal región norte (Baja California Norte, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León).	15-7-CI-A-090-Y-0-15
26	Elaboración del proyecto de norma para la determinación de los deterioros superficiales del pavimento (DET) y elaboración de los proyectos de los manuales para la determinación de los deterioros superficiales del pavimento (DET).	15-I-CI-A-092-Y-0-15

27	Elaboración del proyecto de norma para la determinación de las deflexiones (DEF) y elaboración de los proyectos de los manuales para la determinación de las deflexiones (DEF).	15-I-CI-A-093-Y-0-15
28	Estudios y evaluación de los aspectos administrativos de los programas de auscultación de pavimentos y de verificación de calidad de la Red Carretera Federal 2012-2015.	15-I-CI-A-095-Y-0-15
29	Pronóstico funcional estructural y de operación de la Red Carretera Federal de cuota.	15-I-CI-A-097-Y-0-15
30	Estudio del estado actual y formulación de instructivo para la elaboración de dictámenes técnicos para conservación de obras de infraestructura carretera.	15-I-CI-A-098-Y-0-15
31	Estudio para la adaptación del Marco de Referencia Internacional para el Análisis de los Efectos del Cambio Climático sobre la Red Carretera Federal y aplicación a la red federal en los estados de Colima y Nayarit.	15-I-CI-A-109-Y-0-15
32	Análisis de la estructura funcional y organizacional de la Dirección General de Servicios Técnicos para la optimización de los servicios que presenta el Sector Coordinado.	15-I-CI-A-111-Y-0-15
33	Integración y análisis de información relacionada con los indicadores de las autopistas concesionadas en operación.	15-I-CI-A-112-Y-0-15
34	Estudios topohidráulicos e hidrológicos para revisar la capacidad hidráulica de 15 puentes ubicados en los tramos carreteros de mayor vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos en los estados de Colima, Chiapas, Guerrero y Michoacán y evaluar la posibilidad de falla por insuficiencia hidráulica de dichas estructuras.	15-7-CI-A-113-Y-0-15
35	Estudios topohidráulicos e hidrológicos para revisar la capacidad hidráulica de 17 puentes ubicados en los tramos carreteros de mayor vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos en los estados de Baja California, Baja California Sur y Sinaloa y evaluar la posibilidad de falla por insuficiencia hidráulica de dichas estructuras.	15-7-CI-A-114-Y-0-15
36	Estudios topohidráulicos e hidrológicos para revisar la capacidad hidráulica de 6 puentes ubicados en los tramos carreteros de mayor vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos en los estados de Oaxaca y evaluar la posibilidad de falla por insuficiencia hidráulica de dichas estructuras.	15-T-CI-A-116-Y-0-15
37	Estudios y proyectos para mejorar las condiciones de seguridad de diversos puntos de las carreteras Querétaro-San Luis Potosí, Pachuca-Cd, Valles, Tamazunchale-San Felipe Orizatlán y San Luis Potosí-Charcas-Matehuala, en el estado de San Luis Potosí.	15-X-CI-A-118-Y-0-15
2016		
38	Determinación del Coeficiente de Fricción (CF) y cálculo del Índice Internacional de Fricción (IFI) de la superficie de rodamiento de los pavimentos de la Red Carretera Federal 2016 (Autopistas de Cuota).	16-7-CI-A-001-Y-0-16
39	Determinación del Coeficiente de Fricción (CF) y cálculo del Índice Internacional de Fricción (IFI) de la superficie de rodamiento de los pavimentos de la Red Carretera Federal 2016 (Corredores Carreteros, Red Básica Libre Peaje y Red Secundaria).	16-7-CI-A-002-Y-0-16
40	Evaluación superficial de los pavimentos (IRI, PR, MAC, DET), mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2016 (Autopistas de Cuota).	16-7-CI-A-003-Y-0-16

41	Evaluación superficial de los pavimentos (IRI, PR, MAC, DET), mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2016 (Corredores Carreteros, Red Básica Libre de Peaje y Red Secundaria).	16-7-CI-A-004-Y-0-16
42	Obtención de elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (deflexiones) en diversos tramo de la Red Carretera Federal 2016 (Autopistas de Cuota).	16-7-CI-A-005-Y-0-16
43	Obtención de elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (deflexiones) en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2016 (Corredores Carreteros, Red Básica Libre de Peaje).	16-7-CI-A-006-Y-0-16
44	Elaboración del Proyecto de manual para la Determinación del Índice de Fricción Internacional.	16-I-CI-A-063-Y-0-16
45	Elaboración del Proyecto de manual para la Obtención de la Vida Remanente de los Pavimentos.	16-I-CI-A-064-Y-0-16
46	Actualización de las Políticas, Bases y Lineamientos en Materia de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.	16-7-CI-A-078-Y-0-16
47	Actualización del Manual de Procedimientos de la Dirección General de Servicios Técnicos.	16-7-CI-A-081-Y-0-16
48	Estudio para la aplicación del procedimiento para identificar la exposición al riesgo de la Red Carretera Federal en los estados de Hidalgo y Tabasco ante los efectos de fenómenos meteorológicos derivados del cambio climático.	16-7-CI-A-083-Y-0-16
49	Estudio para la aplicación del procedimiento para identificar la exposición al riesgo de la Red Carretera Federal en el estado de Baja California Sur ante los efectos de fenómenos meteorológicos derivados del cambio climático.	16-7-CI-A-084-Y-0-16
2017		
50	Evaluación superficial de los pavimentos (IRI, PR, MAC, DET), mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2017 (Autopistas, Corredores Carreteros, Red Básica Libre y Red Secundaria).	17-7-CI-A-005-Y-0-17
51	Determinación del Coeficiente de Fricción (CF) y cálculo del Índice de Fricción Internacional (IFI) de la superficie de rodamiento de los pavimentos de la Red Carretera Federal 2017 (Autopistas, Corredores Carreteros y Red Básica Libre de Peaje).	17-7-CI-A-006-Y-0-17
52	Obtención de los elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (Deflexiones) en diversos tramos de la Red Carretera federal 2017 (Red Secundaria).	17-7-CI-A-007-Y-0-17
53	Determinación de los parámetros superficiales (IRI, PR, MAC y DET), del Coeficiente de Fricción (CF) y del Índice de Fricción Internacional (IFI) de la superficie de rodamiento de los pavimentos, mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red carretera federal 2017 (Red FONADIN/BANOBRAS).	17-7-CI-B-002-Y-0-17
54	Elaboración del proyecto de manual para la interpretación, clasificación e inventario de los deterioros superficiales de los pavimentos flexibles y rígidos de la red carretera.	17-I-CI-A-045-Y-0-17
55	Elaboración del proyecto de manual para la determinación de los espesores de las capas que conforman la estructura de los pavimentos con equipo de alto rendimiento.	17-I-CI-A-046-Y-0-17

56	Inspección de seguridad vial de la Carretera Federal Libre México-Toluca.	17-7-CI-A-053-Y-0-17
57	Estudios para la caracterización de los 15 Corredores de la Red Carretera Federal en términos de indicadores relevantes para compararlos y detectar oportunidades de mejora.	17-I-CI-A-055-Y-0-17
58	Elaboración del proyecto de manual para llevar a cabo una auditoría/inspección en seguridad vial de carreteras (AISVC).	17-I-CI-A-056-Y-0-17
59	Organización y asistencia técnica para el seguimiento y control de los programas para la infraestructura del transporte en materia de obras públicas, a cargo de la Dirección General de Servicios Técnicos y sus Unidades Normadas.	17-I-CI-A-058-Y-0-17
60	Cálculo de los Costos de Operación Vehicular (COV) de la Red FONADIN.	17-I-CI-B-003-Y-0-17
61	Estudio para identificar la exposición al riesgo de diversas autopistas concesionadas al Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN), ante los efectos de fenómenos meteorológicos derivados del cambio climático, mediante la aplicación del procedimiento desarrollado por la Dirección General de Servicios Técnicos.	17-I-CI-B-004-Y-0-17
2018		
62	Determinación del Coeficiente de Fricción (CF) de la superficie de rodamiento de los pavimentos de la Red Carretera Federal 2018 (Autopistas y Corredores Carreteros).	18-7-CI-A-001-Y-0-18
63	Evaluación superficial de los pavimentos (IRI, PR, MAC, DET), mediante el uso de equipos de alto rendimiento en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2018 (Autopistas, Corredores Carreteros, Red Básica Libre y Red Secundaria).	18-7-CI-A-002-Y-0-18
64	Integración de los parámetros funcionales y estructurales y de los resultados y documentación obtenida en el Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal 2018.	18-7-CI-A-003-Y-0-18
65	Obtención de elementos para el pronóstico del comportamiento estructural de los pavimentos (Deflexiones) en diversos tramos de la Red Carretera Federal 2018 (Autopistas, Corredores Carreteros y Red Básica Libre).	18-7-CI-A-004-Y-0-18
66	Evaluación 2018 de los aspectos que inciden en la seguridad vial de diversos tramos de la Red Carretera Federal Concesionada al Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) aplicando la metodología iRAP.	18-7-CI-B-042-Y-0-18
67	Proyecto de Manual para la determinación de las deflexiones con equipo de impacto para pavimentos de concreto hidráulico.	18-I-CI-A-053-Y-0-18
68	Análisis de la información obtenida en el Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal y su carga y actualización en la herramienta desarrollada por la DGST para su explotación.	18-I-CI-A-054-Y-0-18
69	Seguimiento, verificación y asistencia técnica de la actualización y análisis de información obtenida en el Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal y su carga y actualización en la herramienta desarrollada por la DGST para su explotación.	18-I-CI-A-055-Y-0-18



ANEXO F

Currículum de empresas participantes en el Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal

CURRÍCULUM DE EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL PROGRAMA DE AUSCULTACIÓN DE LA RED CARRETERA FEDERAL

I.- URBA Ingeniería, S.A. de C.V.

Empresa Mexicana dedicada, desde 1981, a la supervisión, ingeniería independiente, dirección de obras, estudios y proyectos de infraestructura nacionales e internacionales.

Áreas de especialización

- Autopistas y carreteras
- Aeropuertos
- Obra civil, vialidades y edificación
- Obras hidráulicas
- Estudios y proyectos
- Especialización en energía

Autopistas, carreteras y puentes

Urba ha tenido un papel muy activo en la supervisión de cientos de kilómetros de la red de autopistas de México, actuando también en la revisión de proyectos.

Clientes:

- Dirección General de Carreteras SCT
- Centros SCT
- Dirección de Servicios Técnicos SCT
- Dirección General de Desarrollo Carretero SCT
- Dirección General de Conservación SCT
- BANOBRAS
- Fideicomiso Autopistas y Puentes del Golfo - Centro FAPGC
- CAPUFE.
- Concesionaria Autopistas Monterrey - Saltillo CAMS
- Concesionaria Autovía Querétaro CAQ
- IDEAL

Aeropuertos

URBA ha realizado la supervisión y control de calidad en la construcción y/o ampliación de pistas, rodajes, plataformas y obras en edificios terminales, en más del **80% de los 70 principales aeropuertos** operados por los 6 grupos concesionarios que existen en México.

Clientes:

- Aeropuertos y Servicios Auxiliares ASA
- Grupo Aeroportuario del Pacífico GAP
- Aeropuertos del Sureste ASUR
- Servicios Estatales Aeroportuarios de Coahuila SEA
- Grupo Aeroportuario Centro Norte GACN
- Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México AICM
- Secretaría de la Defensa Nacional SEDENA

Otros

Se han realizado con todo éxito proyectos de obras de infraestructura vial y urbana tales como proyectos de carreteras para su ampliación, modernización y/o rehabilitación, vialidades urbanas, proyectos de autopistas, de puentes y proyectos de rehabilitación de pistas de uso aeronáutico.

Clientes:

- CONAGUA
- PEMEX Refinación
- Gobierno del Estado de Jalisco
- Gobierno del Estado de Querétaro
- Gobierno del Estado de Coahuila
- Gobierno del Estado de Quintana Roo
- Ayuntamiento de Tijuana
- TRADECO

URBA cuenta con equipo de la más alta calidad y confiabilidad

Equipos de topografía y GPS:

- Convencionales y estación Total
- GPS tiempo real y postproceso

Equipos de topografía y GPS:

- Perfilógrafo computarizado tipo "Hveem", sistema de California
- Equipo MU Meter tipo MK marca Douglas para mediciones de coeficiente de fricción

Equipos de control de calidad:

- Equipo de laboratorio para suelos, concretos y asfaltos

Afiliaciones y Certificación

- Revisión por partes "Peer Review" en el programa conjunto de *American Consulting Engineers Chamber* (ACEC) y CNEC.
- Cámara Nacional de Empresas de Consultoría (CNEC).
- Asociación Mexicana de Ingeniería en Vías Terrestres (AMIVTAC).

- Asociación Mexicana del Asfalto (AMAAC).
- Alianza FiiDEM

Antecedentes

Clientes	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	Mediciones (km)						
Secretaría de Comunicaciones y Transportes	32,541	14,641	42,600	101,347	58,018	36,875	20,885
Servicios Aeroportuarios del Centro-Norte, S.A. de C.V. (OMA)	185						
Aeropuertos del Sureste (ASUR)			9				
COITSA			48				
RAMCA					92		
Aeropuerto de Pachuca	7.6						
Total	32,735	14,641	42,600	101,347	58,110	36,875	20,885

II.- Servicios Mexicanos de Ingeniería Civil, S.A. de C.V. (SEMIC)

Historia

Servicios Mexicanos de Ingeniería Civil es una empresa fundada en 1968, enfocada a Estudios y Proyectos de Obras de infraestructura Carretera, con presencia nacional e internacional en países como: México, Estados Unidos, Brasil, Uruguay, Colombia, Guatemala, Panamá, República Dominicana, Islas Caimán, Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Nicaragua.

Nuestra filosofía empresarial se orienta hacia la responsabilidad social, siendo el principal activo de la empresa sus recursos humanos, los cuales se integran de ingenieros, arquitectos, urbanistas, economistas, administradores y técnicos, quienes disponen de las herramientas tecnológicas más modernas logrando así una alta productividad; lo anterior, siempre en apego a las normas y procedimientos técnicos de vanguardia internacional.

Dentro de nuestras acciones estratégicas, se destacan convenios con universidades e instituciones de educación tecnológica de vanguardia en el país y la formalización de alianzas con organizaciones internacionales.

Servicios	
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación superficial y estructural de pavimentos • Mapeo aéreo con drones y vuelo LiDAR • Volúmenes de tránsito • Pesaje dinámico • Estudios de origen-destino • Asignación y pronóstico de tránsito e ingreso 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis costo-beneficio • Estudios de impacto vial • Auditorías de seguridad vial • Proyecto ejecutivo • Estudios geotécnicos y de obras de drenaje

Experiencia	
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación superficial de pavimentos: 395,422 km- carril • Evaluación estructural de pavimentos: 150,000 km- carril • Estudios de volúmenes de tránsito: 63,821 sitios • Estudios de origen-destino y pesaje Dinámico: 196 sitios • Estudios de demanda y evaluación económica y costo-beneficio: 54 estudios • Evaluaciones de seguridad vial iRAP en otros países (Belice, Brasil, Islas Caimán, Costa Rica, República Dominicana, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Uruguay): 19,830 km 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluaciones de seguridad vial iRAP en México : 142,601km • Levantamientos topográficos: 4,000 km • Proyecto definitivo de entronques: 160 proyectos • Estudios topohidráulicos: 100 estudios • Estudios de diseño de pavimentos, Geotécnicos y Drenaje: 220,128 km

Clientes y socios tecnológicos	
Principales Clientes	Socios Tecnológicos
Banco Mundial (World Bank) Banco Interamericano de Desarrollo (BID) Secretaría de comunicaciones y Transportes (SCT) Camino y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE) Instituto Mexicano del Transporte (IMT) Gobiernos Estatales Concesionarios de autopistas	<i>International Road Dynamics</i> <i>Sensors & Software</i> <i>Diamond Traffic</i> <i>Pavementrics</i> <i>Immersive Media</i> <i>Ames Engineering</i> INO



III.- GEOSOL, S.A. de C.V.

Geosol es una empresa de consultoría, especializada en proyectos ejecutivos de carreteras y aeropuertos, estudios, supervisión, control de calidad y asesoría en el campo de la Ingeniería Civil. Está constituida por profesionales de diversas especialidades dentro de la Geotecnia, Mecánica de Suelos, Pavimentos, Materiales, Estructuras y Control de Calidad.

Su constitución legal data de junio de 1967, habiéndose acumulado a la fecha recursos técnicos y experiencia que le han permitido alcanzar un alto nivel nacional como internacional, principalmente en los aspectos de Geotecnia y Pavimentos.

Desde su fundación Geosol se ha destacado por su participación en proyectos de geotecnia y mecánica de suelos de gran envergadura como, el Tren Interurbano México-Toluca, Túnel Río de la Compañía – Dren General del Valle y recientemente en la exploración geotécnica del Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México mostrando un claro liderazgo y calidad.

Tiene amplia experiencia en la evaluación de pavimentos, acumulando más de 160 mil kilómetros en la red viaria nacional, gran número de aeropuertos y la red vial urbana de diversas ciudades usando equipos de alto rendimiento, como el deflectómetro de impacto, Perfilógrafo California, Mu-meter, Perfilógrafo Laser, obteniendo diversos indicadores que, analizados por especialistas, permiten la gestión óptima de los activos evaluados a través del tiempo empleando conocimiento, experiencia y herramientas digitales como HDM4 entre otros. Geosol ha mostrado innovación y consolidada experiencia en diversos proyectos modernización, rehabilitación y conservación de pavimentos como, la modernización de la autopista México-Puebla y últimamente en contratos basados en desempeño en esquema APP.

Durante la última década ha incursionado en la supervisión técnica y control de calidad, participando en proyectos como la modernización de la carretera Guadalajara-Colima, rehabilitación de plataformas comerciales de diversos aeropuertos del país, recientemente en la supervisión técnica del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México acumulando reconocimiento y prestigio en este rubro. Todos los proyectos cuentan con el respaldo personal técnico certificado, laboratorio acreditado por la EMA y certificación de protocolo AMAAC nivel II.

M. en I. Manuel Zárate Aquino
Director General

IV.- Soluciones e Ingeniería en Vías Terrestres S.A. DE C.V. (SOINVITSA)

SOINVITSA es una empresa mexicana, dedicada entre otras actividades, a la prestación de servicios de análisis, diseño, supervisión, estudios, evaluación en proyectos y gestión de vías terrestres, principalmente.

Soporte técnico

Aunado al conocimiento y experiencia de sus socios fundadores, se suma el de los asociados especialistas independientes:

- En desarrollo de proyectos carreteros y aeroportuarios
- En asfaltos y sus diversas aplicaciones, como pavimentos
- En sistemas de gestión y evaluación de pavimentos carreteros y aeroportuarios
- En diversos sistemas de estabilizaciones de taludes, suelos y pavimentos
- En ingeniería vial y de transporte

Participación en la difusión de conocimiento

Interesados en la divulgación del conocimiento técnico relacionado con las vías terrestres en nuestros campos de acción, es que los socios hemos participado activamente en innumerables foros, seminarios, congresos, etc., tanto estatales, regionales, como nacionales, mediante la exposición de temas diversos tanto de forma directa, como por conducto de asociaciones de las cuales formamos parte:

- Asociación Mexicana del Asfalto A.C. (AMAAC)
- Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres A.C. (AMIVTAC)

Experiencia

Con los conocimientos y la experiencia acumulada de nuestro personal, por más de una década, así como el de las empresas, instituciones y asociaciones con actividades relacionadas con las vías terrestres con las cuales trabajamos en coparticipación, es que podemos ofrecer y desarrollar trabajos, tales como:

- Proyecto geométrico y estructural para carreteras y aeropuertos
- Evaluación estructural y de confort de pavimentos
- Control de calidad y supervisión de obras de pavimentos
- Ingeniería de tránsito
- Estudios avanzados de laboratorio de materiales incluyendo los asfálticos
- Administración (gestión) de pavimentos

Software y equipo

El software y equipo especializado con el que se cuenta para la realización de los trabajos es:

Para mediciones en campo:

- Mu meter
- Perfilógrafo California
- Deflectómetro de impacto
 - Deflexiones y módulo elástico
 - Determinación del refuerzo estructural
- Perfilómetro láser
- Radar de penetración (GPR)
- Analizador automático de pavimentos
 - IRI
 - Levantamiento de deterioros mediante imágenes
 - Medición de profundidad de roderas
 - Medición del perfil medio de la macro textura
 - Verificación de la geometría del camino
 - Levantamiento del señalamiento vertical
 - Revisión del derecho de vía

Para ensayos en laboratorio:

- Compactador giratorio
- Prensa Marshall
- Reómetro de corte dinámico
- Reómetro de Viga
- Prensa dinámica
- Viscosímetro *Brookfield*
- Horno de envejecimiento a corto plazo (RTFO)
- Horno de envejecimiento a largo plazo (PAV)
- Equipo menor para ensayos diversos de áridos y asfaltos

Para diseño y administración, Software:

- *Micropaver®* (gestión de pavimentos)
- HDM-4 (gestión de pavimentos)
- DISPAV-5 (diseño estructural de pavimentos)
- AASHTO 93 (diseño estructural de pavimentos)
- COMFAA (Análisis ACN/PCN de pavimentos aeroportuarios)
- PAV-ADMIN (administración de pavimentos – desarrollo propio)

Proyectos

- Implementación y calibración de ecuaciones para el sistema de administración de pavimentos para grupo IDEAL, proyecto desarrollado de octubre a diciembre 2013 (Administración de pavimentos).

- Medición de índice de perfil e índice de fricción en la carretera Jala a Vallarta en el estado de Nayarit, proyecto culminado en abril de 2013 (Medición de confort y seguridad en carreteras).
- Medición del coeficiente de fricción en Autopista Guadalajara-Colima con equipo Mu-Meter, proyecto culminado en mayo de 2013 (Medición de confort de carreteras).
- Inspección de aeropuertos del Grupo OMA para la obtención del PCI, octubre a noviembre de 2013 (Administración de pavimentos).
- Evaluación del coeficiente de fricción en la red Estatal en los estados del norte-pacífico para la DGST de la SCT, septiembre a noviembre 2013 (Evaluación de pavimentos).
- Supervisión de rehabilitación de pista secundaria en aeropuerto de Torreón, enero 2012 a octubre 2015 (Supervisión de obra).
- Inspección de aeropuertos del Grupo OMA para la obtención del PCI, julio a septiembre de 2014 (Administración de pavimentos).
- Evaluación del coeficiente de fricción en la red Estatal y de cuota en los diferentes estados del norte-pacífico, proyecto culminado en octubre de 2014 (Evaluación de pavimentos).
- Desarrollo de dictamen técnico para determinar origen y solución de fallos en el Libramiento Toluca con II de la UNAM, junio 2014.
- Medición de índice de perfil en la carretera Encarnación de Díaz a San Juan de Los Lagos en el estado de Jalisco, proyecto culminado en julio de 2014 (Medición de confort de carreteras).
- Medición del índice de fricción en el aeropuerto de Torreón en el estado de Coahuila, proyecto culminado en junio de 2014 (Medición de confort de carreteras).
- Elaboración de proyecto para la rehabilitación de las plataformas de aviación comercial en el aeropuerto de Reynosa, proyecto culminado en febrero 2015.
- Supervisión de rehabilitación de pista principal y construcción de una posición de helicópteros en aeropuerto de San Luis Potosí, octubre 2015 a febrero de 2016 (Supervisión de obra).
- Levantamiento de infraestructura en la autopista Guadalajara-Tepic para IDEL, proyecto culminado en mayo 2015 (Infraestructura).
- Evaluación de índices de comportamiento de pavimentos en la autopista Guadalajara-Colima para M&R S.A.P.I., proyecto concluido en julio de 2015 (Medición en carreteras).
- Desarrollo de proyecto de norma para la medición de IRI (Índice de Regularidad Internacional) para la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, marzo a julio 2015 (desarrollo de normativa).
- Desarrollo de proyecto de norma para la medición de profundidad de rodera para la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, abril a agosto 2015 (desarrollo de normativa).

- Cálculo de los costos de operación de la Red Federal de Carreteras para los años 2012, 2013 y 2014 para la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, mayo a noviembre de 2015 (tránsito).
- Levantamiento de deterioros en la red de aeropuertos concesionados de Grupo OMA, mayo a julio de 2015 (gestión de pavimentos).
- Evaluación del coeficiente de fricción en la red Estatal y de cuota en la red carretera federal en diferentes estados del norte-pacífico, proyecto culminado en octubre de 2015 (evaluación de pavimentos).
- Elaboración de mediciones especializadas (IRI, Rodera, Coeficiente de fricción y deflexiones) en la autopista Guadalajara-Colima para M&R, junio a diciembre 2015 (Evaluación de pavimentos).
- Desarrollo de proyecto de manual para la determinación de la vida remanente (VR) de los pavimentos para la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, marzo a agosto 2016 (Desarrollo de normativa).
- Desarrollo de planes de mantenimiento para grupo IDEAL, junio a diciembre de 2016 (Administración de pavimentos).
- Evaluación del coeficiente de fricción en la red Estatal y de cuota en los diferentes estados del norte-pacífico, marzo a noviembre de 2016 (Evaluación de pavimentos).
- Levantamiento de deterioros en la red de aeropuertos concesionados de Grupo OMA, abril a junio de 2016 (gestión de pavimentos).
- Evaluación de IRI, profundidad de rodadura, coeficiente de fricción y deflexiones en la autopista Monterrey-Saltillo y Libramiento de Saltillo para Isolux, junio a julio de 2016.
- Elaboración de estudios para el cálculo de PCN, deterioros e índice de perfil en áreas operativas en los aeropuertos de Manzanillo (ZLO) y Los Mochis (LMM) del grupo aeroportuario del Pacífico (GAP), abril a octubre de 2016 (estudios de pavimentos).
- Supervisión de rehabilitación de plataforma de aviación comercial en aeropuerto de Torreón (TRC), septiembre a diciembre de 2016 (Supervisión de obra).
- Supervisión de rehabilitación de rodajes, plataforma de aviación general y ampliación de vialidad de acceso en aeropuerto de Durango (DGO), julio a diciembre de 2016 (Supervisión de obra).
- Desarrollo de plan de mantenimiento a mediano y largo plazo para la autopista Toluca-Atlacomulco para IDEAL, diciembre de 2016 a mayo de 2017 (gestión de pavimentos).
- Proyecto de rehabilitación menor de calles de rodaje en el Aeropuerto de San Luis Potosí, elaboración de proyecto Ejecutivo. Marzo a junio de 2017 (proyecto de pavimentos).
- Proyecto de rehabilitación menor en plataforma comercial en el Aeropuerto de Culiacán, elaboración de proyecto Ejecutivo, abril a julio de 2017 (proyecto de pavimentos).

- Supervisión de proyecto para Diseño y Construcción de nueva zona de arrendadoras de autos y estacionamiento de largo plazo 4 en el aeropuerto de Monterrey, febrero a diciembre de 2017 (supervisión de obra).
- Elaboración de estudios para la obtención de PCN para los aeropuertos de Puerto Vallarta, San José del Cabo y Tijuana, febrero a julio de 2017 (estudios de pavimentos).
- Desarrollo de proyecto de manual para levantamiento de deterioros de los pavimentos para la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, febrero a octubre 2017 (Desarrollo de normativa).
- Evaluación del coeficiente de fricción en la red Estatal y de cuota en los diferentes estados del norte-pacífico, marzo a noviembre de 2017 (Evaluación de pavimentos).
- Evaluación de IRI, profundidad de rodera, coeficiente de fricción y deflexiones en la autopista Arco Norte, Guadalajara-Tepic, Tepic-Villa Unión, Mazatlán-Culiacán y Macrolibramiento de Guadalajara para IDEAL, marzo a septiembre de 2017 (evaluación de pavimentos).
- Verificación de calidad de las obras que lleva a cabo la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en el estado de Hidalgo en el programa de conservación 2017, marzo a diciembre de 2017 (verificación de calidad de obra).
- Levantamiento de deterioros en el aeropuerto de Guadalajara perteneciente a GAP, noviembre de 2017 a enero de 2018 (gestión de pavimentos).
- Supervisión y control total de obra relativa a la construcción de la vialidad para la nueva zona de hangares y rehabilitación mayor de plataforma de aviación general del Aeropuerto de San Luis Potosí, julio de 2017 a marzo de 2018 (supervisión de obra).
- Evaluación de Índice de perfil, coeficiente de fricción y espesores con Georadar de penetración en los aeropuertos concesionados a OMA, junio de 2017 a enero de 2018 (evaluación de pavimentos).
- Evaluación de IRI, profundidad de rodera, coeficiente de fricción y deflexiones en la autopista carretera Tampico-Cd. Victoria para Mota-Engil, diciembre de 2017 a febrero de 2018 (evaluación de pavimentos).
- Evaluación de IRI, profundidad de rodera, coeficiente de fricción y deflexiones en la autopista carretera San Luis Potosí-Matehuala y sus gasa para Mota-Engil, febrero a abril de 2018 (evaluación de pavimentos).
- Desarrollo de proyecto de manual para la determinación de deflexiones en pavimentos de concreto hidráulico para la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, actualmente (Desarrollo de normativa).
- Verificación de calidad de las obras que lleva a cabo la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en el estado de Hidalgo en el programa de conservación 2018, actualmente (verificación de calidad de obra).

- Evaluación de diferentes tramos en el estado de Veracruz de espesores de pavimentos con Georadar de penetración, GPR, actualmente (evaluación de pavimentos).
- Evaluación de Índice de perfil y coeficiente de fricción en los aeropuertos concesionados a OMA, actualmente (evaluación de pavimentos).

Dr. Mauricio Centeno Ortiz
Administrador Único



V.- ORVA Ingeniería, S.A. de C.V.

A partir de 2010, ORVA ha realizado diversos trabajos de auscultación, levantamiento y evaluación de carreteras en México, tanto para el sector público como el privado. Los trabajos más importantes son:

1. Medición de deflexiones para la SCT en la red de autopistas de cuota, 14,000 km en 2012 y 12,000 km en 2014. Estas mediciones se hicieron con el equipo Curviámetro, con el cual se puede contar con información prácticamente continua a lo largo del pavimento. Se obtiene un valor de deflexión máxima cada 5 m, en un cuenco de 4 m de longitud. El equipo mide a una velocidad constante de 18 km/h, por lo que no requiere del cierre de carriles. Es importante mencionar que el equipo está validado por el Instituto Mexicano del Transporte y sus mediciones son totalmente equivalentes a las obtenidas con deflectómetros de impacto como el FWD y HWD.
2. Mediciones de deflexiones, Retroreflexión de Señales Verticales, IRI, Roderas y Coeficiente de Fricción para carreteras libres y autopistas, entre las que destacan:
 - a. Circuito Exterior Mexiquense (156 km en 2010, 225 km en 2012)
 - b. Libramiento de Aguascalientes (2016)
 - c. Autopista México-Tuxpan (280 km en 2016)
 - d. Acceso a la API Tuxpan (10 km en 2015)
 - e. Autopista México-Puebla (32 km en 2010, 152 km en 2012)
 - f. Autopista Las Choapas-Raudales-Ocozocoautla (60 km en 2011)
 - g. Autopista Guadalajara-Colima (32 km en 2011)
 - h. Autopista México-Querétaro (60 km en 2012)
3. Estudio con radar de penetración en la autopista Acatzingo-Cd. Mendoza (79 km en 2011).
4. Desarrollo de herramienta para análisis del riesgo de taludes de corte en diversos tramos de la red carretera de la SCT, incluyendo el levantamiento de las características geométricas de dichos taludes con cámara LiDAR montada en un vehículo que mide a velocidades de 110 km/h. Realizado en dos campañas, 2013 y 2015, cubriendo más de 3,000 km.
5. Levantamiento de imágenes 3D de alta resolución con cámara LiDAR en 30 túneles de la autopista Durango-Mazatlán (2016). Esto se hizo con un equipo de alto rendimiento que minimizó el tiempo en el sitio, afectando lo menos posible a los usuarios. El proceso y análisis de los datos se hace en gabinete, logrando una inspección detallada sin interrumpir la operación de la autopista.

Relación de equipos disponibles en México

- Dos equipos Curviámetro para la medición de deflexiones en pavimentos flexibles y semirrígidos.

- Un equipo *Visualise* para el inventario y medición de la retroreflexión de señales verticales.
- Un equipo LiDAR terrestre.
- Cámaras 3D de alta resolución para inspección de túneles y estructuras.

Herramientas informáticas (software) de visualización y análisis

- ORVA cuenta con la aplicación “Visor Multiparámetro” para la visualización y análisis de datos de auscultación, con la capacidad de gestionar datos de Características Geométricas del camino, IRI, Profundidad de Roderas, Fisuración, Deflexiones, Señalamiento Horizontal y Vertical, Imágenes 3D, entre muchas otras.
- Entre otros clientes importantes, esta herramienta es la única que utiliza desde el año 2009 la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento de España, para gestionar los miles de datos que ausculta anualmente en aproximadamente 25,000 km de su red.
- Esta herramienta puede funcionar como un módulo para el Software de Gestión de Pavimentos e Infraestructura también desarrollado por los socios estratégicos de ORVA. Con este software es posible gestionar grandes redes de carreteras y autopistas de una manera sencilla y oportuna, con lo que se logra contar con información que permite optimizar las inversiones en obras de conservación.
- Una empresa filial de ORVA es representante en México de la tecnología OSMOS para la instrumentación de todo tipo de estructuras y edificios. Esta tecnología permite el monitoreo en tiempo real con gran precisión.

Ing. Juan José Orozco y Orozco
Director General

VI.- Ingeniería Latinoamericana de Pavimentos, S.A. de C.V. (ILAP)

Es una empresa mexicana con experiencia en México y Centro América, constituida con el objetivo fundamental de proporcionar apoyo especializado para la evaluación, el diagnóstico, la administración y la conservación de pavimentos.

Con oficinas permanentes en la Ciudad de México y en el municipio de Purísima del Rincón en Guanajuato, cuenta con especialistas de gran calificación y experiencia internacional y con el equipo de evaluación de pavimentos y de levantamiento del derecho de vía, más completo y moderno de América Latina.

En ILAP somos especialistas en:

- Diversos tipos de evaluación del pavimento: estructural no destructiva, medición continua de espesores, irregularidad superficial, índice de perfil, profundidad de rodera, coeficiente de fricción, deterioro superficial y textura.
- Levantamiento del inventario del derecho de vía y elementos complementarios de la infraestructura carretera con equipo avanzado de vídeo.
- Diagnóstico integral del comportamiento de pavimentos.
- Medición de parámetros básicos geométricos: sobreelevación, bombeo, grado de curvatura y pendiente longitudinal, con referencias geográficas precisas.
- Programas de conservación, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos.
- Proyectos de pavimentos asfálticos y de concreto hidráulico.
- Desarrollo e implantación de sistemas de gestión de infraestructura para redes viales urbanas, carreteras y aeropuertos.
- Supervisión y control de calidad de infraestructura carretera y aeroportuaria.

En ILAP estamos comprometidos con la tecnología de vanguardia y con la aplicación de las mejores prácticas a nivel mundial, garantizando trabajos de calidad y resultados de gran certeza, que sin lugar a dudas generan ahorros a nuestros clientes en la gestión de su infraestructura, al permitirles optimizar sus recursos y esfuerzos. Nuestros clientes actuales y potenciales, siempre tendrán en ILAP a una empresa de gran confiabilidad, seriedad y profesionalismo. Por esa razón, desde el 2005, ha sido la empresa preferida por diversos sectores y entidades relacionadas con la infraestructura carretera y aeroportuaria, tales como los concesionarios de carreteras, las entidades de gobierno (SCT – CAPUFE - ASA), la banca de desarrollo (BANOBRAS) y otros como gobiernos estatales, constructoras, contralorías estatales, consultoras nacionales e internacionales.

VII.- De Buen Infraestructura, S.C. (DBI)

Es una empresa consultora creada en México para proporcionar asesoría integral para proyectos de infraestructura de transporte, tanto rural como urbana, en México y en el extranjero.

DBI apoya a sus clientes en el diseño y la instrumentación de proyectos de infraestructura de transporte. Nuestro modelo de trabajo:

- Privilegia el diálogo permanente con el cliente.
- Se apoya en la formación de equipos multidisciplinarios especializados.
- Integra la capacidad instalada necesaria para resolver problemas específicos.

DBI plantea una visión integral de los proyectos y desarrolla soluciones acordes con ella. Sus credenciales incluyen:

- Alineación de intereses con el cliente en cada proyecto.
- Un grupo de profesionales responsables del exitoso desarrollo de más de 30 proyectos carreteros federales con participación privada.
- Sus socios tienen un extenso conocimiento y experiencia práctica en el desarrollo de proyectos de transporte, tanto bajo modalidades públicas como de asociaciones público-privadas.
- Capacidad única de integrar equipos multidisciplinarios y una probada capacidad de implementación de proyectos con un enfoque integral.
- Una red de alianzas con despachos de abogados, consultores financieros, especialistas técnicos y fondos de inversión con amplia experiencia en proyectos de infraestructura
- Un conjunto de acuerdos de colaboración con prestigias empresas internacionales con capacidades probadas en diferentes especialidades de la ingeniería.

El equipo profesional de De Buen Infraestructura alcanzó los siguientes logros en el sector público:

- Planeación de infraestructura, identificación, auscultación, formulación, evaluación e implementación de proyectos y programas
- Diseño de esquemas de concesiones de autopistas de cuota, de Proyectos para Prestación de Servicios y de aprovechamiento de activos carreteros.
- Gestión, estructuración y licitación de 13 proyectos de concesión y 7 de prestación de servicios.
- Puesta en servicio de mil kilómetros de carreteras nuevas o modernizadas con participación privada y construcción en proceso de otros mil kilómetros de carreteras estratégicas.

- Integración de una cartera de proyectos de concesiones y PPS para su desarrollo a través de asociaciones público-privadas.
- Representaciones institucionales ante organizaciones internacionales, fideicomisos y Consejos de Administración.

Algunos de estos trabajos han servido como base para proyectos de infraestructura en otros sectores y en algunas entidades federativas.

Los campos de especialidad de De Buen Infraestructura, S.C. son carreteras, puertos y transporte urbano.

Nuestros servicios incluyen:

- Estructuración integral de proyectos, incluyendo aspectos técnicos, financieros, legales y ambientales.
- Acompañamiento de procesos de licitación, tanto para clientes públicos como privados.
- Supervisión, seguimiento y gestión de activos de infraestructura, tanto durante las etapas de construcción como de operación.
- Planeación de infraestructura, identificación, formulación y evaluación de proyectos y programas.
- Representación del cliente ante terceras partes.
- Gestión y apoyo para la obtención de recursos.
- Documentación de procesos e integración de expedientes técnicos.
- Análisis y generación de estrategias para solucionar problemas técnico-financieros de activos de infraestructura.

Las modalidades de trabajo de De Buen Infraestructura se rigen por los siguientes aspectos:

- Fortaleza en especialidades técnicas y perspectiva integral única para el éxito de sus proyectos.
- Alineación total con los intereses del cliente y permanente apoyo para optimizar resultados.
- Integridad total, honestidad y profesionalismo, privilegiando el interés del cliente.
- Excelencia en la identificación, desarrollo e instrumentación de soluciones para infraestructura de transporte.
- Capacidad de comunicación probada para formar equipos multidisciplinarios con visión y propósitos comunes.
- Promesa de confidencialidad y trabajo en permanente contacto con el cliente.

Desde su fundación en el año 2013, De Buen Infraestructura ha realizado los siguientes trabajos:

Estudio de demanda y factibilidad económica del proyecto de modernización de la Carretera Silao – San Felipe, Guanajuato” y “Estudio de demanda y factibilidad económica del proyecto de construcción Janos - Límite de Estados Chihuahua/Sonora”.

Cliente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Contrato de prestación de servicios profesionales consistentes en la evaluación del estado físico superficial de los pavimentos de diversos tramos de autopistas concesionadas al Fondo Nacional de Infraestructura en territorio nacional (5 contratos).

Cliente: SESPEC, Agente de Seguros S.A. de C.V.

Análisis de factibilidad técnica, económica y jurídico ambiental de la carretera federal libre de peaje MEX 200, tramo Acapulco-Pinotepa Nacional, del corredor carretero Acapulco-Pinotepa Nacional, en el estado de Guerrero y del corredor carretero Pinotepa Nacional – Salina Cruz en el estado de Oaxaca, México.

Cliente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Gerencia de proyecto para la elaboración del proyecto conceptual de un 2do. piso en el Estado de México y CDMX.

Cliente: Empresa Concesionaria.

Asesoría técnica en la actualización del inventario, elaboración de un programa de conservación preventivo óptimo a 15 años y desarrollo de un sistema de gestión de la conservación con base en indicadores, para la concesionaria de Autopistas de Michoacán.

Cliente: Consorcio de Ingenieros S.A. de C.V.

Estudio para la adaptación del marco de referencia internacional para el análisis de los efectos del cambio climático sobre la red carretera federal y aplicación a la red federal en los estados de Colima, Nayarit, Hidalgo, Tabasco y Baja California Sur.

Cliente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Conceptualización e instrumentación de un sistema para la conservación de la red de autopistas a cargo de la Concesionaria de Autopistas de Michoacán

Cliente: Ingeniería Experimental, S.A. de C.V.

Estudio para la caracterización de los 15 corredores de la Red Carretera Federal en términos de indicadores relevantes para compararlos e identificar oportunidades de mejora.

Cliente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Estudio para identificar la exposición al riesgo de diversas autopistas concesionadas al Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN), ante los efectos de fenómenos meteorológicos derivados del cambio climático, mediante la aplicación del procedimiento desarrollado por la Dirección General de Servicios Técnicos.

Cliente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Ing. Óscar De Buen Richkarday
Director General

Es Ingeniero Civil de la Universidad Nacional Autónoma de México y Maestro en Ciencias con especialidad en Transporte del Instituto Tecnológico de Massachusetts. Desempeñó diversos cargos en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, hasta alcanzar el nivel de Subsecretario de Infraestructura. En la Secretaría dirigió y participó en múltiples estudios para orientar la política de transporte nacional. Contribuyó a la formación del Instituto Mexicano del Transporte y a la creación de la capacidad institucional para dar seguimiento a las autopistas concesionadas federales. Encabezó al equipo de la SCT que diseñó e instrumentó, junto con otras autoridades, el rescate de 23 concesiones de autopistas de cuota y su posterior operación como parte del sector público. Coordinó el diseño de los esquemas de concesiones de autopistas de cuota, de Proyectos para Prestación de Servicios y de aprovechamiento de activos para incorporar la participación privada al desarrollo carretero de México. Bajo su dirección se prepararon y licitaron 13 proyectos de concesión y 7 proyectos de prestación de servicios, todos terminados o en diversas etapas de ejecución, y durante su gestión como Subsecretario de Infraestructura se logró mantener el 80% de la longitud total de la red federal de carreteras en estado bueno o satisfactorio, concluir más de 15,500 kilómetros de carreteras y caminos de todos tipos, generar contraprestaciones por más de 4 mil millones de dólares para el Gobierno Federal por el otorgamiento de concesiones de autopistas, poner en operación mil kilómetros de carreteras nuevas o modernizadas con participación privada, dejar en proceso de construcción otros mil kilómetros de carreteras estratégicas, integrar una cartera de proyectos carreteros a desarrollar mediante asociaciones público-privadas y promover la instrumentación de sistemas multianuales de contratación de la conservación y de sistemas informáticos modernos para la gestión de carreteras. A lo largo de su carrera representó a la SCT en foros internacionales relacionados con carreteras, tales como la OCDE, Asociación Mundial de Carreteras y foros binacionales México-Estados Unidos. Ha sido profesor en diversas Facultades de Ingeniería. Es Académico de número de la Academia Mexicana de Ingeniería. Fue Presidente de la Asociación Mundial de Carreteras en el periodo 2013-2016 y miembro de la Junta de Gobierno de la Universidad Nacional Autónoma de México. Socio fundador de De Buen Infraestructura, S.C.

VIII.- Impulsora de Enlace Empresarial CATENA, S.A. de C.V. (CATENA)

Empresa mexicana cuya misión es otorgar servicios integrales en infraestructura física, administrando proyectos desde su concepción, ejecución y hasta su puesta en operación, mediante la fusión de diversos segmentos de ingeniería para conformar satisfacción y éxito constantes con nuestros clientes.

Experiencia

Diseño y operación de aeropuertos

CATENA ha contratado un grupo importante de profesionistas con amplia experiencia en Diseño, Planeación y Operación de Aeropuertos, ha colaborado en las áreas de planeación, proyectos de edificaciones, de pavimentos e instalaciones, en las áreas de operación y seguridad a nivel corporativo y a nivel aeropuerto; entre sus principales actividades y responsabilidades se pueden mencionar las siguientes:

- Estudio de pre inversión de rehabilitación del Rodaje Alfa en el Aeropuerto de Uruapan, rehabilitación del Camino y Cercado Perimetral en el Aeropuerto de Tamián, rehabilitación de márgenes laterales de la Pista en el Aeropuerto de Ciudad del Carmen, rehabilitación y construcción del Camino Perimetral en el Aeropuerto de Ciudad del Carmen, 2017.
- Proyecto de Vialidades Internas, Accesos y Barda Perimetral, del nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. (Ante-Proyecto y Proyecto Geométrico Ejecutivo Entronque).
- Proyecto de Terracerías de los Caminos Provisionales para la Construcción del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México – (2015 - 2016).
- Proyecto del Edificio de Salvamento y Extinción de Incendios, Camino de Servicio, Plataforma y Obras Complementarias en Nogales, ASA – Año 2015.
- Proyecto de rehabilitación de sistema hidroneumático en el aeropuerto de Atlangatepec, Tlaxcala, Año 2014.
- Proyecto para la conformación de franjas de seguridad de pista y rehabilitación de rodaje Bravo en el aeropuerto de Matamoros, Tamaulipas, Año 2014.
- Proyecto ejecutivo para la rehabilitación de pasajeros de Ixtepec, Oax. Año 2013.

En coparticipación con empresas asociadas ha realizado 16 proyectos de supervisión de obras de construcción y rehabilitación en igual número de terminales aéreas del Sistema Aeroportuario Nacional.

En coparticipación con Ingeniería Latinoamericana de Pavimentos, S. A. de C. V. ha ejecutado 9 estudios y proyectos sobre diagnóstico de pavimentos, diseño e implantación de sistemas de gestión y de información carretera, generación de indicadores para el seguimiento de programas de conservación y medición de coeficiente de fricción, etc.

En participación conjunta con DIPRO – Dirección de Proyectos, SC ha llevado a cabo 4 servicios de supervisión y gerencia de obras en clínicas y hospitales del Sector Salud, así como a las obras de ampliación de y modernización de la autopista Tenango-Ixtapan.

En participación conjunta con C&M – Cal y Mayor y Asociados, SC ha realizado 51 estudios, entre otros, los relativos a sistemas de indicadores para seguimiento de obras nuevas, actualización de planes maestros de transporte, de revitalización de terminales de pasajeros, de demanda de transporte, sobre desarrollo de redes viales, dirección arquitectónica y de supervisión de esquemas PPS para hospitales y centros hospitalario, programas integrales de vialidad y transporte urbano en diversas ciudades, de suministro e implantación de sistemas centralizados de señalización, programación integral de vialidad y transporte.

Proyectos y estudios varios

- Servicios de Tecnología de Información (TI) tanto en su parte pasiva (cableado estructurado y elementos de conectividad) como en su parte activa (*switches* y *farewalls*) para el nuevo edificio del Instituto Nacional del Genoma Humano (INMEGEN) de la Secretaría de Salud de México. Año 2013.
- Servicios de Tecnología de Información (TI) en infraestructura para voz y datos así como otros servicios tales como Circuito Cerrado de Televisión (CCTV), Control de Accesos y Detección de Humos en el Hospital General Dr. Manuel Gea González, de la Secretaría de Salud. Año 2011.
- Servicios de Tecnología de Información (TI) relacionados con salidas eléctricas para luminarias, apagadores, conectores, guías y alimentaciones eléctricas para la red de alumbrado general de la Unidad de Quimioterapia del Instituto Nacional de Cancerología (INCAN) Año 2011.
- Servicios de Tecnología de Información (TI) en diversas instalaciones: Estadio *Omnilife* (del equipo Chivas en Guadalajara) – UNAM – Hospital General Regional de Tecámac, EDOMEX. Año 2010.
- Actualización del Estudio de Demanda del Libramiento de Ciudad Obregón: InveX Infraestructura, Grupo GIA, Constructora VISE, Construcciones RUBAU. Año 2014.
- Estudio de Mercado de un Parador en el Libramiento de Ciudad Obregón: Construcciones RUBAU. Año 2015

Proyectos y estudios recientes

- Elaboración del Proyecto de Terracerías de los caminos provisionales para la construcción del nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Año 2015.
- Estudio de Evaluación en Materia de Obras Públicas que permitan eficientar el Control y Seguimiento de los Programas para la Infraestructura del Transporte, a

cargo de la Dirección General de Servicios Técnicos y sus Unidades Normativas. Contrato No. 16-I-CI-A-093-Y-0-16.

- Determinación del Coeficiente de Fricción (CF) y Cálculo del Índice Internacional de Fricción (IFI) de la Superficie de Rodamiento de los Pavimentos de la Red Carretera Federal 2016 (autopistas de cuota) de la SCT. contrato no. 16-7-CI-A-001-y-0-16.
- Organización y asistencia técnica para el seguimiento y control de los programas para la Infraestructura del Transporte en materia de Obras Pública, a cargo de la Dirección General de Servicios Técnicos y sus Unidades Normadas, Contrato No. 17-I-CI-A-058-Y-0-17.
- Organización y Asistencia Técnica para el Seguimiento y Control de los programas para la infraestructura del transporte en materia de obras públicas. Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) y sus Unidades Normadas. Año 2017.
- Estudio de Pre inversión de Rehabilitación del Rodaje Alfa en el Aeropuerto Uruapan, Rehabilitación del Camino y Cercado Perimetral en el Aeropuerto de Tamián, Rehabilitación de Márgenes Laterales de la Pista en el Aeropuerto de Ciudad del Carmen, Rehabilitación y Construcción del Camino Perimetral en el Aeropuerto de Ciudad del Carmen. Contrato ASA. Año 2017.
- Elaboración y Revisión de Proyectos de Vías Terrestres para el ejercicio 2018. Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR). Año 2018.
- Contrato No. DGCOT-AD-F-5-028-18, Estudio de demanda para la actualización del análisis costo beneficio para la ampliación de la línea 12 de sistema de transporte colectivo metro, CDMX. Año 2018.
- Contrato No. BNO-LA-006G1003-E62-2018, de Prestación de Servicios de Agente Administrador Supervisor, consistentes en la asesoría integral, gestión, monitoreo, supervisión y administración de la operación, mantenimiento y rehabilitación de las autopistas que integran el “Paquete Noreste”, en los estados de Nuevo León y Tamaulipas. (Contrato “AAS”). Año 2018.

Ing. Óscar Salcedo Yusti
Director General