



SCT
SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES



Plataforma de integración geosistémica para la gestión de la información del estado de la Red Federal de Carreteras

Elsa María Morales Bautista
Miguel Ángel Backhoff Pohls
Jonatan Omar González Moreno
Juan Carlos Vázquez Paulino
José Ricardo Solorio Murillo

**Publicación Técnica No. 589
Sanfandila, Qro, 2020**

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

**Plataforma de integración geosistémica para la
gestión de la información del estado de la Red
Federal de Carreteras**

Publicación Técnica No. 589
Sanfandila, Qro, 2020

Esta investigación fue realizada en la Unidad de Sistemas de Información Geoespacial adscrita a la Coordinación de Estudios Económicos y Sociales del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte, por la M. en SI Elsa María Morales Bautista, el Lic. Juan Carlos Vázquez Paulino y el M. en C. Jonatan Omar González Moreno. Se contó con la colaboración del M. en Geog. Miguel Ángel Backhoff Pohls, el Dr. José Ricardo Solorio Murillo.

Esta investigación es el producto final del proyecto de investigación interna MI-03/19 Plataforma de integración geosistémica para la gestión de la información del estado de la Red Federal de Carreteras.

Se agradecen los comentarios del Dr. Guillermo Torres Vargas, Coordinador de Estudios Económicos y Sociales del Transporte.

Contenido

	Página
Índice de figuras.....	v
Índice de tablas.....	vii
Sinopsis.....	ix
Abstract.....	xi
Resumen Ejecutivo	xiii
Introducción.....	1
1. Antecedentes	3
2. Integración geosistémica de datos a la Red Nacional de Caminos.....	13
3. Resultados obtenidos.....	19
Conclusiones.....	25
Bibliografía	27

Índice de figuras

Figura 1.1	Red Nacional de Caminos 2019. Carreteras de administración federal	4
Figura 1.2	Umbrales de aceptación/rechazo establecidos por la DGST	6
Figura 2.1	Formato en el que se almacenan los datos de jurisdicción	14
Figura 2.2	Estructura de los datos en el archivo con datos georreferenciados	15
Figura 2.3	Estructura del archivo que contiene la lista de tramos auscultados	16
Figura 2.4	Estructura de los archivos fuente de datos viales	17
Figura 2.5	Origen de los datos sobre capacidad y niveles de servicio	18
Figura 3.1	Red vial por jurisdicción de acuerdo a la DGCC	19
Figura 3.2	Despliegue gráfico de datos viales	20
Figura 3.3	Despliegue gráfico de datos viales asociados a la Red Vial	21
Figura 3.4	Despliegue gráfico de datos de capacidad y niveles de servicio	22
Figura 3.5	Representación de los indicadores mediante una aplicación Web.	23
Figura 3.6	Visualización de la representación de los datos para los indicadores IRI, PR y MAC.	24

Índice de tablas

Tabla 1.1	Frecuencia de medición por parámetro de evaluación y tipo de red	7
Tabla 1.2	Clasificación vehicular	8

Sinopsis

En el presente estudio se establecieron los principales procedimientos y métodos que permiten vincular e integrar a la Red Nacional de Caminos, así como los datos e información en formato alfanumérico en los que actualmente son almacenados diversos parámetros e indicadores estratégicos para la gestión, modernización y conservación de la infraestructura carretera de México.

La información que fue procesada e integrada a formato de base de datos geoespacial, corresponde a datos viales del año 2018, capacidad y niveles de servicio registrados para el año 2017 y parámetros obtenidos como resultado de la aplicación del programa de auscultación de la Red Carretera Federal para el año 2018. La información obtenida permite una mejor comprensión e interpretación de los datos, así también, se incrementan las posibilidades para ser incorporados en diversos análisis multitemáticos y en diversas plataformas de software para Sistemas de Información Geográfica tanto de escritorio como Web.

Abstract

This document describes the main procedures and methods that allow linking and integrating of National Road Network, as well as of data and information that it contain in alphanumeric format, within which are currently stored various strategic parameters and indicators for the management, modernization and conservation of Mexican highway infrastructure.

The information that was processed and integrated into a geospatial database format corresponds to road data for 2018, capacity and service levels registered for 2017 and parameters obtained as a result of the application of the auscultation program of the Federal Highway Network for the year 2018. The information obtained allows a better understanding and interpretation of the data, as well as increasing the possibilities to be incorporated in various multi-thematic analyzes and various software platforms for Geographic Information Systems, both for desktop and Web.

Resumen ejecutivo

El presente trabajo de desarrollo forma parte de la línea de investigación de Sistemas de Información Geoestadística para el Transporte. Está orientado principalmente a generar utilidad a los responsables de la toma de decisiones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), de manera que se les provea de información, procesos y métodos que les permitan administrar y operar eficientemente la infraestructura carretera. Lo anterior mediante el logro del objetivo principal consistente en el diseño y programación de funciones y procedimientos para la integración a la Red Nacional de caminos 2019 de las bases de datos alfanuméricas que se producen en la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST).

En el capítulo uno se describe a manera de antecedentes, los datos geoespaciales y alfanuméricos que se utilizaron durante el desarrollo del proyecto. Se describe la Red Nacional de Caminos (RNC) como la plataforma de datos geoespaciales con el más alto nivel de precisión y completitud, atributos que la hacen posicionarse como el producto geo cartográfico ideal para ser la base de datos por medio de la cual se logre vincular y centralizar toda la información que está relacionada con la operación y gestión de la infraestructura carretera el país. Se describen también, la forma como se estructura y publica la información de estadística vial, capacidad y niveles de servicio, así como los principales indicadores por medio de los cuales se mide el estado físico de las carreteras.

En el capítulo dos, se describe la forma como se procesaron los datos que son de interés para ser vinculados a la Red Nacional de caminos; tablas de datos alfanuméricos que almacenan los datos resultado del programa de Auscultación de la Red Carretera Federal, archivos en formato de valores separados por comas (CSV) donde se almacenan datos viales y la información de capacidades y niveles de servicio registradas para la red de carreteras federales.

En el capítulo de resultados obtenidos, se muestran los principales productos de datos que se obtuvieron, así como la descripción de la aplicación que se desarrolló para la visualización Web de tres de los indicadores de desempeño más importantes, que son resultado del programa de auscultación y que, debido a la complejidad y a la gran cantidad de información, resultan difíciles de procesar y de explotar su utilidad al máximo.

Se concluye que, dentro de los logros obtenidos, se ha dado inicio formal al proceso de integración de datos alfanuméricos en forma institucional a la Red Nacional de Caminos en su versión 2019 y que con los resultados obtenidos se tendrán las bases para la incorporación en versiones futuras tanto de la RNC, como de

proyectos que tengan como objetivo implementar mejoras los procesos de administración y gestión de la infraestructura para el transporte en el país.

Introducción

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes a través de la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) de la Subsecretaría de Infraestructura, ha realizado de manera continua la medición de distintos parámetros de la infraestructura carretera con la finalidad de conocer y evaluar aspectos como el nivel de servicio, estado físico y seguridad que se ofrece a los usuarios que transitan diariamente por las carreteras federales del país.

Derivado del programa “*Auscultación de la Red Carretera Federal*”, la DGST ha recopilado datos de indicadores tales como: Índice de Regularidad (o rugosidad) Internacional (IRI), Profundidad de roderas (PR), Porcentaje de agrietamiento, Deflexiones del pavimento, Coeficiente de fricción (CF) y Profundidad de la macrotextura (MAC). Para el almacenamiento digital tanto de los datos correspondientes a los indicadores mencionados, como de la información de nomenclatura de la red y otros datos de estadística vial, se han utilizado bases de datos alfanuméricas en formatos de archivos que de cierta forma limitan su aprovechamiento.

Con la finalidad de potenciar el uso de estos y otros datos que se generan en las distintas direcciones generales de la Subsecretaría de Infraestructura, la Unidad de Sistemas de Información Geoespacial propuso la realización del presente proyecto. El principal objetivo planteado es diseñar y programar un conjunto de funciones y procedimientos que permitan la integración a la Red Nacional de Caminos en su versión 2018 de las bases de datos alfanuméricas para la gestión de la infraestructura de las carreteras federales.

La Red Nacional de Caminos (RNC), es la representación cartográfica digital y georreferenciada de la infraestructura vial del país y ha sido modelada y estructurada con el fin de facilitar el cálculo de rutas. En la RNC se incluye el total de la Red Federal de Carreteras, misma que constituye la columna vertebral del sistema de transporte nacional. Mediante la vinculación e integración de las bases de datos alfanuméricas de la infraestructura carretera con la RNC, se obtendrá una base de datos geoespacial de la Red Federal de Carreteras que contendrá la referenciación lineal y puntual de datos estratégicos para la gestión, conservación y modernización de dicha infraestructura, es decir, se contará con la representación cartográfica de gran precisión y funcionalidad, como plataforma para la administración integral de las carreteras del país. Así mismo, con el presente proyecto se iniciará el proceso para sistematizar la integración de datos alfanuméricos generados por la SCT a la información de la RNC, lo cual posibilitará consultas tanto al personal técnico como al usuario en general que permitan obtener

respuestas tabulares y cartográficas, ya sea desde un sistema de información geográfica, SIG, de escritorio o mediante dispositivos móviles vía web.

1 Antecedentes

Actualmente se generan datos geográficos y estos se transforman en información geoespacial de una manera muy rápida y eficaz, del mismo modo es necesario que el acceso, la consulta, distribución y análisis también cumpla con los estándares de velocidad, facilidad y eficacia. En el sector transporte, y específicamente en la SCT, se generan datos e información para conocer el estado físico, la calidad de los servicios y los niveles de operación que ofrece la infraestructura carretera a los usuarios.

En la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 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. Para lograr lo anterior, la DGST diseña, implanta y ejecuta 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 (DET).

La pregunta que enfrenta cada institución hoy en día, es cómo usar, aplicar y publicar la información de manera efectiva. Para lograr esto se han utilizado diversas soluciones, desde los sistemas diseñados a la medida y soportados por código cerrado, hasta las aplicaciones que generan mapas dinámicos y que se ejecutan a través de la World Wide Web y que están soportadas en plataformas de código abierto.

1.1 La Red Nacional de Caminos (RNC)

La Red Nacional de Caminos, es la representación cartográfica digital y georreferenciada de la infraestructura vial del país con alta precisión y escala de gran detalle; modelada y estructurada con el fin de facilitar el cálculo de rutas, está conformada bajo estándares internacionales y el riguroso marco normativo aplicable del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG) mismo que le permite trascender a niveles superiores de interoperabilidad con alcances multitemático y plurisectorial. La RNC integra el total de la red pavimentada y la mayor parte de los caminos no pavimentados de México, las vialidades de las localidades urbanas y rurales con las que se conectan, vías fluviales y marítimas

donde se transbordan vehículos y, adicionalmente, servicios de interconexión de transporte como aeropuertos, puertos, estaciones de ferrocarril, aduanas, puentes y túneles, sitios de esparcimiento y recreativos, sitios de interés para el turismo, entre otros.

La RNC ha sido modelada a gran detalle de acuerdo a su funcionalidad en el mundo real, con las especificaciones técnicas para Sistemas Inteligentes de Transporte, soportada con el estándar internacional ISO 14825:2011 Intelligent transport systems - Geographic Data Files (GDF) - GDF5.0, considerando elementos restrictivos para la circulación vehicular, con la característica de responder a métodos de ruteo, e información diversa como destinos, infraestructura y servicios asociados al tema de transportes, todo esto a efecto de atender los requerimientos de los diversos usuarios que demandan de esta información, así como apoyo a operativos de diversa índole que requieren establecer o planificar rutas óptimas para viajes o para fines de distribución.

En cifras, la RNC en su edición 2019 se compone por 172,809km de carreteras pavimentadas, de las cuales 50,519km corresponden a carreteras federales, 101,924km a carreteras estatales y 20,366km de otra jurisdicción (municipales o particulares). Se clasifican como carreteras de cuota, 10,698km y se integran un total de 75,305km de vialidades urbanas e infraestructura de enlace. También se incluyen en la RNC, caminos no pavimentados y veredas, contabilizándose 502,577km y 21,736km respectivamente. La longitud total consta de 750,691km.

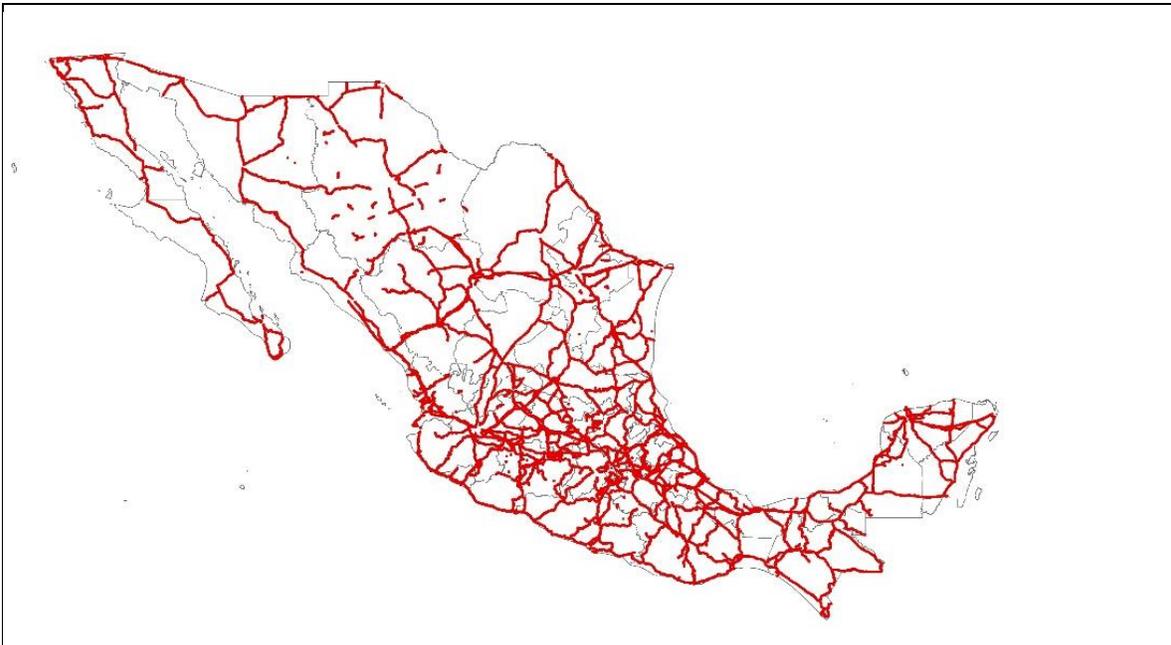


Figura 1.1 Red Nacional de Caminos 2019. Carreteras de administración federal

Es la fuente oficial, única y de uso obligatorio (D.O.F. 6/X/2014), que contiene los elementos físicos restrictivos y funcionales para la circulación vehicular (número de carriles, pasos a desnivel, distribuidores, camellones, sentidos de vialidad, maniobras prohibidas, etc.) amén de garantizar la conectividad con las 4,553 localidades urbanas y 279,346 localidades rurales y 22,072 sitios de interés, con lo cual la RNC es ya el insumo cartográfico fundamental para aplicaciones para ruteo y visualizadores de mapas vía internet.

1.2 Datos e información institucional generada en la SCT

1.2.1 Programa de auscultación de la Red Federal de Carreteras

El Programa de Auscultación de la Red Federal se estableció en 2012 con el objetivo de ser implementado de forma anual en los 31 estados del país 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.

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*.

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.

Mediante el establecimiento de umbrales de aceptación/rechazo por tipo de red para los parámetros superficiales y estructurales de las carreteras en operación es posible determinar de manera global el estado actual de las carreteras y sus necesidades de conservación. Así mismo, dichos umbrales de aceptación/rechazo están relacionados con el nivel de servicio y seguridad que la carretera brinda a los usuarios de la infraestructura.

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

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 a 8,0	No aceptable (pulido)	0 a 0,40
Regular	0,75 a 0,90	0,65 a 0,80	Aceptable	0,41 a 0,60
Malo	< 0,75	>0,65	Bueno	0,61 a 0,90
			No aceptable (áspero)	> 0,90

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

Fuente: DGST, Dirección de Estudios

Figura 1.2 Umbrales de aceptación/rechazo establecidos por la DGST

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 (tabla 1.1).

Tabla 1.1 Frecuencia de medición por parámetro de evaluación y tipo de red

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.

Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación.

1.2.2 Datos viales

Las actividades que realiza la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para profundizar en el conocimiento del transporte carretero nacional, incluyen la operación de un sistema de conteo vehicular, que permite conocer anualmente los volúmenes y la clasificación del tránsito que circula por la red Carretera.

El conocimiento oportuno y permanente de la situación que guarda la Red Nacional de Carreteras, es fundamental para el análisis y toma de decisiones tendientes al desarrollo del sistema de transporte por carretera y para examinar su interrelación con los demás modos de transporte.

Dado que el valor de esta información trasciende el ámbito de trabajo de la propia Secretaría, los datos recopilados se ponen a disposición de los interesados, a través del Libro Datos Viales que edita la Dirección General de Servicios Técnicos. En dicho libro, los datos se agrupan por entidad federativa. Cada estado cuenta con un mapa índice, que indica el número que se le asignó a cada carretera para su localización en los listados de información. El contenido de cada uno de los listados, por columna, es el siguiente:

1. LUGAR. Contiene los nombres de los puntos generadores, como son, ciudades, poblaciones y entronques.
2. KM. Kilómetro del punto generador antes referido.
3. TE (Tipo de Estación). Considerando el sentido en que crece el kilometraje de la carretera, el número "1" indica que el aforo fue efectuado antes del punto generador, el "2" que fue realizado en el punto generador y el "3" que el aforo se llevó a cabo después del punto generador.

4. SC. (Sentido de circulación). El número “1” indica que los datos corresponden al sentido de circulación en que crece el cadenamiento del camino, el “2” al sentido en que decrece el kilometraje y el “0” a ambos sentidos.
5. TDPA. Es el tránsito diario promedio anual registrado en el punto generador.
6. CLASIFICACIÓN VEHICULAR. Se refiere a los tipos de vehículos que integran al tránsito, ésta se proporciona en por ciento del TDPA, de acuerdo a la clasificación mostrada en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Clasificación vehicular

TIPO DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN
M	Motos
A	Automóviles
B	Autobuses
C2	Camiones Unitarios de 2 ejes.
C3	Camiones Unitarios de 3 ejes.
T3S2	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 2 ejes.
T3S3	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 3 ejes.
T3S2R4	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes.
Otros	Considera otro tipo de combinaciones de camiones de carga.

Fuente: DGST, Dirección de Coordinación y Evaluación.

7. K'. Este factor es útil para determinar el volumen horario de proyecto, el dato que se proporciona es aproximado y se obtuvo a partir de relacionar los volúmenes horarios más altos registrados en la muestra de aforo semanal y el tránsito diario promedio.
8. D (Factor Direccional). Este factor se obtuvo de dividir el volumen de tránsito horario en el sentido de circulación más cargado entre el volumen en ambos sentidos a la misma hora.
9. COORDENADAS. Se presentan las coordenadas geográficas del sitio de ubicación del equipo de aforo automático.

1.2.3 Datos de capacidad y niveles de servicio

El grado de calidad de servicio que prevalece en cada tramo de la red carretera, se mide cuantitativa y cualitativamente mediante el cálculo de los niveles de servicio, los cuales orientan el establecimiento de políticas acordes con las necesidades socioeconómicas para la planeación, modernización y conservación de la infraestructura carretera. Por tal motivo, la Dirección General de Servicios Técnicos realiza la preparación y publicación del documento en el que se proporciona información útil para las diversas tareas de la administración y gestión de la red carretera nacional. Dicho documento contiene las siguientes secciones:

a) Mapa de carreteras de la República Mexicana, marcando con escala cromática en cada tramo el nivel de servicio en el que opera actualmente.

b) Mapa de carreteras de cada estado, marcando con escala cromática en cada tramo el nivel de servicio en el que opera actualmente.

c) Cuadro resumen de las carreteras del estado con su longitud en kilómetros y los niveles de servicio que operan en cada una.

d) Cuadro resumen de longitud por nivel de servicio correspondiente a los tramos carreteros del estado en cuestión, presentándose tanto en kilometraje como en porcentaje referido al total del estado.

e) Cuadros resumen de cada carretera correspondiente a cada estado, conteniendo los siguientes datos:

e.1) Límites de cada tramo.

e.2) Cadenamiento final de cada tramo.

e.3) Volumen vehicular de demanda del tramo (expresado en términos de Volumen Horario Máximo).

e.4) Porcentaje de vehículos pesados en la corriente de tránsito (autobuses y camiones).

e.5) Tipo de Terreno: Plano, Lomerío y Montañoso.

e.6) Número de carriles en el tramo.

e.7) Volúmenes de servicio (límites superiores de cada uno de los rangos determinados para cada nivel de servicio).

e.8) Nivel de servicio.

Se definen también los parámetros que son considerados para conocer la capacidad y los niveles de servicio que prevalecen en cada tramo de la red, siendo estos:

1. Las condiciones establecidas por las características físicas del camino.
2. Las condiciones que dependen de la naturaleza del tránsito vehicular en cuanto a su magnitud y tipo de vehículos.

Por capacidad se entiende como el número máximo de vehículos que pueden circular por un camino durante un lapso de una hora; de esta forma, los niveles de servicio son una medida cualitativa del efecto de una serie de factores, entre los cuales se pueden citar: la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones al movimiento continuo del tránsito, la libertad de manejo, la comodidad y los costos

de operación. En la práctica se manejan seis niveles de servicio para identificar las condiciones de operación de un camino, siendo estos los siguientes:

NIVEL DE SERVICIO “A”

Corresponde a una condición de flujo libre, con volúmenes de tránsito bajos; la velocidad depende del deseo de los conductores dentro de los límites impuestos y bajo las condiciones físicas de la carretera.

NIVEL DE SERVICIO “B”

Se considera como flujo estable, los conductores tienen una libertad razonable para elegir sus velocidades y el carril de operación.

NIVEL DE SERVICIO “C”

El flujo es estable, los conductores perciben restricciones tanto para elegir su velocidad, como para efectuar maniobras de cambio de carril de rebase; se obtiene una velocidad de operación satisfactoria. Es deseable que este nivel de servicio sea el más desfavorable al que operen las vialidades.

NIVEL DE SERVICIO “D”

Esta condición se aproxima al flujo inestable; la velocidad de operación aún es satisfactoria, pero resulta afectada por los cambios en las condiciones de operación. Los conductores tienen poca libertad de maniobra con la consecuente pérdida de comodidad.

NIVEL DE SERVICIO “E”

En este nivel, los volúmenes de tránsito corresponden a la capacidad. El flujo es inestable y pueden ocurrir paradas de corta duración.

NIVEL DE SERVICIO “F”

Corresponde a los flujos forzados, en donde los volúmenes son inferiores a los de la capacidad y las velocidades se reducen pudiendo producir paradas debido al congestionamiento.

De lo anterior, se observa que el NIVEL DE SERVICIO “A” es el mejor y el NIVEL DE SERVICIO “F” es el más inconveniente, siendo el NIVEL DE SERVICIO “E” el que marca la capacidad de la vía.

2 Integración geosistémica de datos a la Red Nacional de Caminos

Para el desarrollo del presente proyecto se empleó la versión 2019 de la Red Nacional de Caminos, misma que se utilizó como plataforma geoespacial para realizar la vinculación de las bases de datos alfanuméricas en las que se almacena la información correspondiente a datos de estadística vial, capacidades y niveles de servicio. Previo a realizar el proceso de asociación geoespacial de las bases de datos alfanuméricas, se procedió a realizar varias tareas de normalización de los datos tabulares de manera que se facilitara la implementación de geo procesos para vincular las bases de datos. En este capítulo se describe de forma general el proceso de normalización de la información fuente que se genera en la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT.

2.1 Proceso de normalización de información tabular

Los datos fuente, en formato alfanumérico, se obtuvieron de la Dirección General de Servicios Técnicos y de la Dirección General de Conservación de Carreteras. Gran parte de la información, se encuentra almacenada en archivos con formato de Excel y en CSV (Comma Separated Values). El proceso de normalización se requirió principalmente, para realizar una limpieza en las hojas de datos de manera que se facilitaran procesos posteriores de exportación de la información a un formato de datos manejable en el SIG.

2.1.1 Información sobre jurisdicción

El primer archivo al que se le dio tratamiento, fue al que en su contenido lista la jurisdicción de cada uno de los tramos que componen la Red Carretera Federal. En la figura 2.1 se observa la estructura original de las hojas que contienen los datos de jurisdicción.

Agregar encabezado

DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS		JURISDICCIÓN DE LAS RESERVIAS DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS FEDERALES		ENTIDAD		HOJA 1 DE 2			
				QUERÉTARO	21	FECHA DICIEMBRE DE 2018			
CARRETERA TRAMO	CARRERA	ORIGEN	DESTINO	UBICACIÓN		LONGITUD (km)		OBSERVACIONES	
				De km	A km	líneas	c.cables		c.cables
PACHUCA - QUERÉTARO									
UN EDOO RDO RDO - ENTR PACHUCA	D	45	1	0	11400	14200	2300	2300	2300
	D	45	2	4	74200	81000	7600	7600	7600
	D	45	1	2	81000	92500	11500	5800	11500
Total							11200		18800
QUERÉTARO - LEÓN									
QUERÉTARO - UN EDOO RDO RDO	E	45	2	4	1100	10300	2300	2300	5800
	D	45	1	4	10000	10500	500		500
	D	45	1	2	10500	12500	2000		2000
Total							2300		5800
TOLUCA - QUERÉTARO									
UN EDOO RDO RDO - ENTR TOLUCA	B	35	3	4	10500	11500	1000	1000	6000
Total							3400		6800
MÉXICO - QUERÉTARO									
UN EDOO RDO RDO - ENTR MEXICO	C	31	3	5	8888	21855	5100	5100	10300
Total							5100		10300

Fuente: Elaboración propia

Figura 2.1 Formato en el que se almacenan los datos de jurisdicción

Además de las columnas ya contenidas en dicho archivo de Excel, fue necesario agregar nuevas columnas para clasificar la información y generar claves y códigos únicos que servirían posteriormente para realizar “joins” entre tablas de datos. Es importante mencionar que, este archivo no cuenta con datos que permitan georreferenciar la información, sino que, sólo se puede tener como referencia los datos contenidos, tales como nombre de las carreteras o los kilómetros de inicio y fin de cada tramo.

2.1.2 Información con georreferencia

Se obtuvo también, como parte de los datos fuente de información que se utiliza en la SCT, un archivo que, en su estructura tabular, cuenta con datos “georreferenciados”, es decir, contiene dos columnas que almacenan coordenadas geográficas que permiten, después de realizar ciertos procesos de formateo, visualizar la información en un software SIG. En la figura 2.2 se observa la estructura que tiene este archivo fuente de información. La red carretera contenida en este archivo, se encuentra segmentada en tramos de un kilómetro.

Edo	Nombre de la Carretera	Nombre del Tramo	No. de Carretera	Tipo de Red	Km Inicial	Km Final	Longitud	De Longitud	De Latitud	De Altura	A Longitud	A Latitud	A Altura
2	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	0.000	1.000	1.000	-102.31833°	22.22211°	1923	-102.30689°	22.22759°	1928
3	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	1.000	2.000	1.000	-102.29988°	22.22211°	1928	-102.29988°	22.22211°	1928
4	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	2.000	3.000	1.000	-102.28689°	22.22415°	1921	-102.29016°	22.22469°	1918
5	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande (Cpo. A)	22	S	3.000	4.000	1.000	-102.29016°	22.22469°	1918	-102.28048°	22.22520°	1913
6	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande (Cpo. A)	22	S	4.000	4.050	0.050	-102.28048°	22.22520°	1918	-102.27811°	22.22536°	1912
7	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande (Cpo. B)	22	S	3.000	4.050	1.050	-102.29017°	22.22477°	1915	-102.28957°	22.22537°	1909
8	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	4.050	5.000	0.950	-102.27811°	22.22536°	1912	-102.28959°	22.22600°	1907
9	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	5.000	6.000	1.000	-102.26959°	22.22600°	1907	-102.25990°	22.22701°	1904
10	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	6.000	7.000	1.000	-102.25990°	22.22701°	1904	-102.25004°	22.22719°	1902
11	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	7.000	8.000	1.000	-102.25004°	22.22719°	1902	-102.24042°	22.22717°	1908
12	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	8.000	9.000	1.000	-102.24042°	22.22717°	1908	-102.23077°	22.22658°	1921
13	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	9.000	10.000	1.000	-102.23077°	22.22658°	1921	-102.22092°	22.22600°	1940
14	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	10.000	11.000	1.000	-102.22092°	22.22600°	1940	-102.21120°	22.22542°	1958
15	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	11.000	12.000	1.000	-102.21120°	22.22542°	1958	-102.20149°	22.22484°	1978
16	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	12.000	13.000	1.000	-102.20149°	22.22484°	1978	-102.19178°	22.22424°	1999
17	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	13.000	14.000	1.000	-102.19178°	22.22424°	1999	-102.18332°	22.22363°	2055
18	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	14.000	14.300	0.300	-102.18332°	22.22363°	2055	-102.18087°	22.22351°	2055
19	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande (Cpo. A)	22	S	14.300	15.000	0.700	-102.18329°	22.22362°	2055	-102.17647°	22.22329°	2052
20	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande (Cpo. A)	22	S	15.000	15.950	0.950	-102.17647°	22.22329°	2052	-102.16739°	22.22360°	2105
21	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande (Cpo. B)	22	S	14.300	15.000	0.700	-102.18331°	22.22369°	2053	-102.17852°	22.22389°	2050
22	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande (Cpo. B)	22	S	15.000	15.950	0.950	-102.17852°	22.22335°	2050	-102.16729°	22.22072°	2105
23	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	15.950	17.000	1.050	-102.16877°	22.22038°	2107	-102.15804°	22.21867°	2134
24	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	17.000	18.000	1.000	-102.15804°	22.21867°	2134	-102.15190°	22.21830°	2139
25	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	18.000	19.000	1.000	-102.15190°	22.21930°	2139	-102.14688°	22.22352°	2167
26	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	19.000	20.000	1.000	-102.14688°	22.22352°	2167	-102.13788°	22.22418°	2241
27	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	20.000	21.000	1.000	-102.13789°	22.22419°	2241	-102.13039°	22.22929°	2278
28	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	21.000	22.000	1.000	-102.13039°	22.22929°	2278	-102.12473°	22.22539°	2287
29	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	22.000	23.000	1.000	-102.12473°	22.22539°	2287	-102.12040°	22.22639°	2275
30	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	23.000	24.000	1.000	-102.12040°	22.22639°	2275	-102.11608°	22.23028°	2269
31	AGS RINCÓN DE ROMOS - CIÉNEGA GRANDE	Rincón de Romos - Ciénega Grande	22	S	24.000	25.000	1.000	-102.11608°	22.23028°	2269	-102.11042°	22.23197°	2233

Fuente: Elaboración propia

Figura 2.2 Estructura de los datos en el archivo con datos georreferenciados

El contenido de este archivo se relacionó con el contenido del archivo que contiene la jurisdicción, lo que permitió obtener un primer acercamiento a información georreferenciada, aspecto que facilitaría la asociación de datos alfanuméricos con información geoespacial de mayor calidad y precisión como lo es la RNC.

2.1.3 Datos obtenidos del programa de auscultación

Vía la Dirección General de Servicios Técnicos, se obtuvieron las bases de datos que contienen los resultados del programa de auscultación de la red carretera federal. Para los fines de este proyecto, se utilizaron los correspondientes al año 2018. Del gran conjunto de datos obtenidos del mencionado programa, resultaron de gran utilidad los archivos en formato de Excel que contienen las listas de tramos que fueron sometidos al proceso de auscultación tanto para la red carretera de cuota como para la red libre. Dichos archivos, cuentan con las coordenadas de ubicación del inicio y fin de cada tramo, así como con información relevante como códigos de

los tramos y claves, que permiten identificar y acceder de manera rápida a los archivos individuales que contienen los valores de los indicadores resultado de la medición realizada en cada carretera. La estructura de campos que se incluyen es esta tabla de lista de tramos auscultados se visualiza en la figura 2.3.

Clase de Medición	Nombre del Tramo	Nombre de la Carretera	Código del Tramo	ROTA	Carrilero	CARRILES	Tipo de Red	Km Inicial	Km Final	Longitud (km. carril)	De la Latitud	De la Longitud	De la Altura	A la Latitud	A la Longitud	A la Altura	Observaciones
BC-008-01	Ramal Paso por Rincón de Romos (Cpo. A)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045C-BT1-000.0-006.6	045	A	2	B	0+000	6+000	6.60	22.18364	99.999999	1.929	22.23678	99.999999	1.955	
BC-009-01	Ramal Paso por Rincón de Romos	Agascalientes - Zacatecas	AGS045C-BT1-006.4-010.4	045	A	2	B	6+000	10+400	3.80	22.23702	99.999999	1.955	22.26970	99.999999	1.962	
BC-002-01	Rincón de Romos-Lím.Edos.Ags./Zac.	Agascalientes - Zacatecas	AGS045C-BT1-057.4-062.7	045	A	2	B	57+400	62+176	4.78	22.37797	99.999999	2.004	22.41205	99.999999	1.982	
BC-463-01	Agascalientes - Rincón de Romos (Cpo. A)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045C-CT1-010.3-013.3	045	A	3	C	10+500	13+300	2.80	21.96743	99.999999	1.895	21.99209	99.999999	1.888	
BC-463-02	Agascalientes - Rincón de Romos (Cpo. A)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045C-CT1-013.3-014.0	045	A	2	C	13+300	14+000	0.70	21.99322	99.999999	1.888	21.99953	99.999999	1.901	
BC-463-03	Agascalientes - Rincón de Romos (Cpo. A)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045C-CT1-014.0-015.0	045	A	3	C	14+000	14+990	0.99	21.99960	99.999999	1.902	22.00063	99.999999	1.908	
BC-463-04	Agascalientes - Rincón de Romos (Cpo. A)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045C-CT1-015.0-030.7	045	A	2	C	15+000	30+013	15.61	22.00883	99.999999	1.908	22.14497	99.999999	1.936	
BC-463-05	Agascalientes - Rincón de Romos (Cpo. A)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045C-CT1-030.7-031.1	045	A	3	C	30+700	31+100	0.40	22.14457	99.999999	1.936	22.14832	99.999999	1.935	
BC-463-06	Agascalientes - Rincón de Romos (Cpo. A)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045C-CT1-031.1-035.0	045	A	2	C	31+100	35+000	3.90	22.14832	99.999999	1.935	22.18312	99.999999	1.933	
BC-463-07	Agascalientes - Rincón de Romos (Cpo. B)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045D9-CT1-011.3-013.3	045	B	3	C	10+500	13+300	2.80	21.96737	99.999999	1.892	21.99268	99.999999	1.885	
BC-463-08	Agascalientes - Rincón de Romos (Cpo. B)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045D9-CT1-013.3-014.0	045	B	2	C	13+300	14+000	0.70	21.99341	99.999999	1.885	21.99975	99.999999	1.899	
BC-463-09	Agascalientes - Rincón de Romos (Cpo. B)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045D9-CT1-014.0-015.0	045	B	3	C	14+000	14+976	0.96	22.00000	99.999999	1.900	22.00884	99.999999	1.904	
BC-463-10	Agascalientes - Rincón de Romos (Cpo. B)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045D9-CT1-015.0-030.7	045	B	2	C	15+000	30+007	15.61	22.00884	99.999999	1.904	22.14322	99.999999	1.931	
BC-463-11	Agascalientes - Rincón de Romos (Cpo. B)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045D9-CT1-030.7-031.1	045	B	3	C	30+700	31+100	0.40	22.14522	99.999999	1.931	22.14858	99.999999	1.929	
BC-463-12	Agascalientes - Rincón de Romos (Cpo. B)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045D9-CT1-031.1-035.0	045	B	2	C	31+100	34+800	3.70	22.14850	99.999999	1.929	22.18161	99.999999	1.928	
BC-008-02	Ramal Paso por Rincón de Romos (Cpo. B)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045D9-BT1-000.0-006.6	045	B	2	B	0+000	6+600	6.60	22.18336	99.999999	1.929	22.23530	99.999999	1.959	
BC-462-01	Rincón de Romos - Cosío (Cpo. B)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045D9-CT1-045.0-057.4	045	B	2	C	45+000	57+372	12.37	22.27100	99.999999	1.964	22.38005	99.999999	2.011	
BC-463-01	Cosío II - Lím. Edos. Ags./Zac.	Agascalientes - Zacatecas	AGS045D9-CT2-000.0-004.8	045	A	2	C	0+000	4+785	4.79	22.39778	99.999999	2.004	22.41843	99.999999	2.030	
BC-010-01	Ramal Paso por San Francisco	Agascalientes - Zacatecas	AGS045C-BT1-000.0-005.4	045	A	2	B	0+000	5+400	5.40	22.04204	99.999999	1.912	22.08980	99.999999	1.893	
BC-462-02	Rincón de Romos - Cosío (Cpo. A)	Agascalientes - Zacatecas	AGS045C-CT1-045.0-057.4	045	A	2	C	45+000	57+125	12.13	22.27083	99.999999	1.969	22.37797	99.999999	2.004	
BC-006-01	Libramiento de Rincón de Romos	Agascalientes - Zacatecas	AGS045D9-CT1-035.0-045.0	045	A	2	C	35+000	44+825	9.83	22.18766	99.999999	1.932	22.27083	99.999999	1.969	

Fuente: Elaboración propia

Figura 2.3 Estructura del archivo que contiene la lista de tramos auscultados

2.1.4 Datos viales

Los archivos que contienen la información referente a los datos viales se obtuvieron de la página Web de la SCT en la sección de datos abiertos en formato CSV. Se utilizaron también los archivos en formato PDF que se encuentran publicados de igual manera en el sitio Web de la DGST.

En la estructura de la tabla de datos en la que se recopiló la información de volumen de tránsito y composición vehicular, se incluye mediante dos columnas de coordenadas (latitud y longitud), la ubicación geográfica del punto donde fue instalado el equipo de aforo automático. El hecho de que se cuente con este dato, es de vital importancia a la hora de integrar bases de datos geoespaciales, ya que el procesamiento de datos puede realizarse en un menor tiempo. Las bases de datos que no cuentan con datos de georreferencia, requieren un mayor tiempo de

pre-proceso y asociación de datos, así como la generación de rutinas y procedimientos para lograr integrarlas a una base geoespacial.

En la figura 2.4 se muestra el formato y la estructura de la tabla con el que se emiten los datos viales. Dicha tabla fue tomada del archivo PDF. Sin embargo, es importante señalar la importancia que tiene, el que este tipo de información sea publicada, además, en formato CSV, mismo que permite la interoperabilidad y manejo de la información en distintas plataformas de software.



DATOS VIALES 2019

DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS

QUERETARO

1 CARR: Eri. Buenavista - San Miguel de Abasco		CLAVE: 00111	RUTA: MEX007	AÑO: 2018																
L U G A R	ESTACION	CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO												COORDENADAS						
		M	A	B	C	CE	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CE8	CE9	CE10	CE11	CE12	Latitud	Longitud	
T. C. Cuernavaca - San Luis Potosí	0.00	3	0	16311	0.8	85.6	1.0	5.4	0.9	4.5	0.7	0.3	0.8	86.4	1.0	12.6	0.078	0.518	20.821329	-100.454874
Lin. Edos. Tem. Oco. Pija. Oco.	7.91																			
T. Izq. Guadalupe	12.00	1	0	11037	1.0	84.6	1.1	6.8	1.3	3.7	0.8	0.2	0.5	85.6	1.1	13.3	0.090	0.504	20.882323	-100.567974
San Miguel de Abasco	35.11	1	0	11047	1.0	85.1	1.3	5.9	1.8	3.0	0.8	0.8	0.5	86.1	1.3	12.6	0.095	0.503	20.901956	-100.705958

2 CARR: Jajapa de Sierra - Rovierto		CLAVE: 00205	RUTA: MEX009	AÑO: 2018																
L U G A R	ESTACION	CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO												COORDENADAS						
		M	A	B	C	CE	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CE8	CE9	CE10	CE11	CE12	Latitud	Longitud	
Jajapa de Sierra	0.00	3	0	9947	1.3	85.6	0.3	0.5	3.9	0.5	0.1	0.4	86.9	0.3	12.8	0.072	0.501	21.262135	-99.483206	
T. Izq. Conca	35.81	1	0	2460	2.0	85.4	0.5	0.0	0.8	1.9	0.3	0.0	0.1	87.4	0.5	12.1	0.088	0.502	21.444819	-99.528920
Arroyo Seco	48.80	1	0	1777	1.9	86.0	0.6	14.6	1.0	1.6	0.2	0.0	0.1	81.9	0.6	17.5	0.075	0.509	21.538320	-99.484640
Lin. Edos. Tem. Oco. Pija. S. L. P.	52.27																			
San Ciro de Acosta	69.42	1	0	2174	6.8	76.5	0.6	13.2	0.7	1.4	0.5	0.1	0.2	83.3	0.6	16.1	0.078	0.502	21.648004	-99.808680
San Ciro de Acosta	69.42	3	0	3039	4.4	80.8	0.4	11.0	0.8	2.9	0.3	0.1	0.2	85.2	0.4	14.4	0.079	0.507	21.661984	-99.827629
Rovierto	105.43	1	0	2910	2.8	78.8	0.2	14.6	0.6	2.3	0.4	0.1	0.2	81.6	0.2	18.2	0.075	0.532	21.682079	-99.379630

3 CARR: La Noia - Adiribaro		CLAVE: 00131	RUTA: MEX120	AÑO: 2018																
L U G A R	ESTACION	CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO												COORDENADAS						
		M	A	B	C	CE	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CE8	CE9	CE10	CE11	CE12	Latitud	Longitud	
La Noia	0.00	3	0	9205	1.2	79.4	1.0	10.8	1.3	4.3	1.0	0.4	0.6	80.6	1.0	18.4	0.091	0.502	20.439903	-100.274273
Anasico	34.66	1	0	8027	1.2	81.0	1.7	9.0	1.3	2.4	1.1	0.4	0.4	82.2	1.7	16.1	0.088	0.508	20.199551	-100.100688
Anasico	34.66	3	0	5400	1.3	85.9	0.8	6.8	0.8	2.8	1.0	0.3	0.3	87.2	0.8	12.0	0.115	0.500	20.180370	-100.159850
Lin. Edos. Tem. Oco. Pija. Mich.	39.15																			
Lin. Edos. Tem. Mich. Pija. Oco.	55.80																			
Conono	95.35	3	0	2171	2.9	82.1	2.2	8.9	0.9	1.4	1.2	0.3	0.1	85.9	2.2	12.8	0.084	0.543	20.194964	-100.375990
Jerlicuaro	79.70	3	0	2851	3.7	82.7	1.2	9.6	0.7	1.3	0.6	0.1	0.1	86.4	1.2	12.4	0.081	0.503	20.144216	-100.536495
Adiribaro	111.12	1	0	7357	4.8	79.2	0.6	9.7	1.1	3.2	0.9	0.1	0.4	84.0	0.6	15.4	0.071	0.505	20.548657	-100.702917

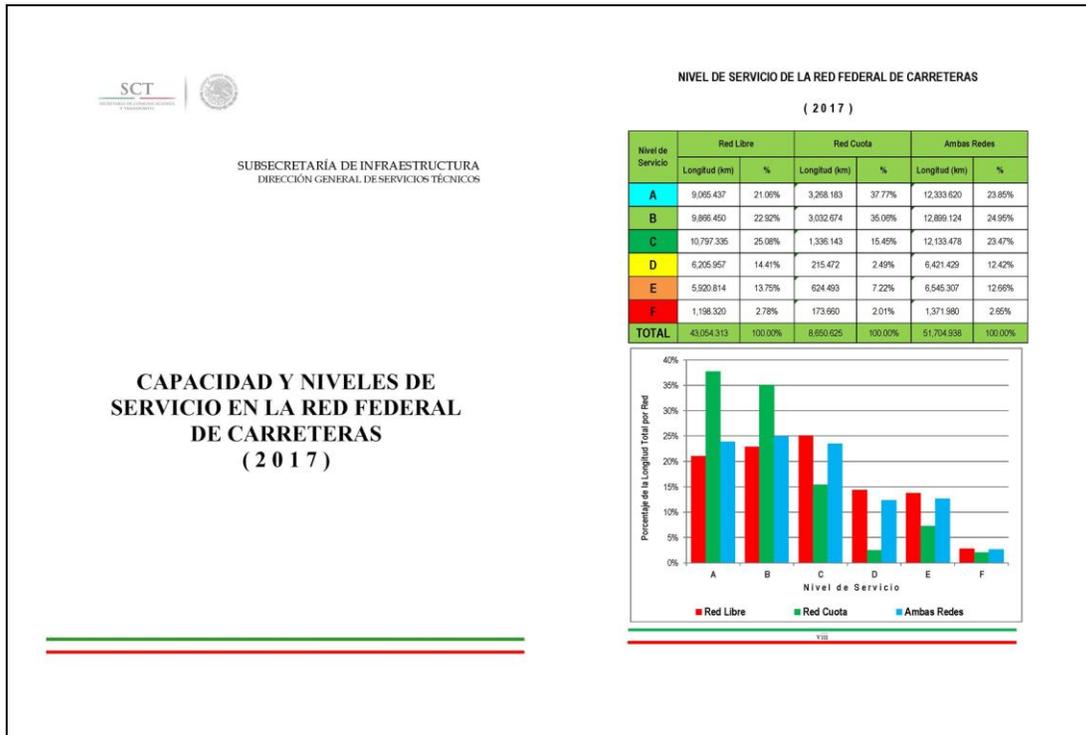
4 CARR: Putzaculo - Palmillas		CLAVE: 00194	RUTA: MEX045	AÑO: 2018																
L U G A R	ESTACION	CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO												COORDENADAS						
		M	A	B	C	CE	CE2	CE3	CE4	CE5	CE6	CE7	CE8	CE9	CE10	CE11	CE12	Latitud	Longitud	
Putzaculo	0.00	3	1	4871	1.6	72.8	3.2	9.1	2.5	6.3	2.9	1.1	0.5	74.4	3.2	22.4	0.075	0.509	20.486408	-99.301281

Fuente: Elaboración propia

Figura 2.4 Estructura de los archivos fuente de datos viales

2.1.5 Datos de capacidad y niveles de servicio

Los archivos que contienen la información referente a la capacidad y niveles de servicio se obtuvieron de la página Web de la SCT en formato PDF. Los datos disponibles a través de este medio, corresponden al año 2017. En la figura 2.5 se muestran los cuadros resumen de los seis niveles de servicio, según su longitud y porcentaje con respecto al total de la red, 51,704.938km de carreteras federales.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.5 Origen de los datos sobre capacidad y niveles de servicio

Para realizar el procesamiento de los datos contenidos en el archivo obtenido, fue necesario primeramente extraer los datos del archivo en formato PDF para manejarlos en tablas de Excel en las que se realizó un proceso de estandarización de los encabezados de los campos. Es importante resaltar que, en esta base de datos, no se cuenta con información de ubicación o georreferencia, por lo que el campo llave utilizado para hacer el vínculo con la información vectorial fue el nombre de la carretera.

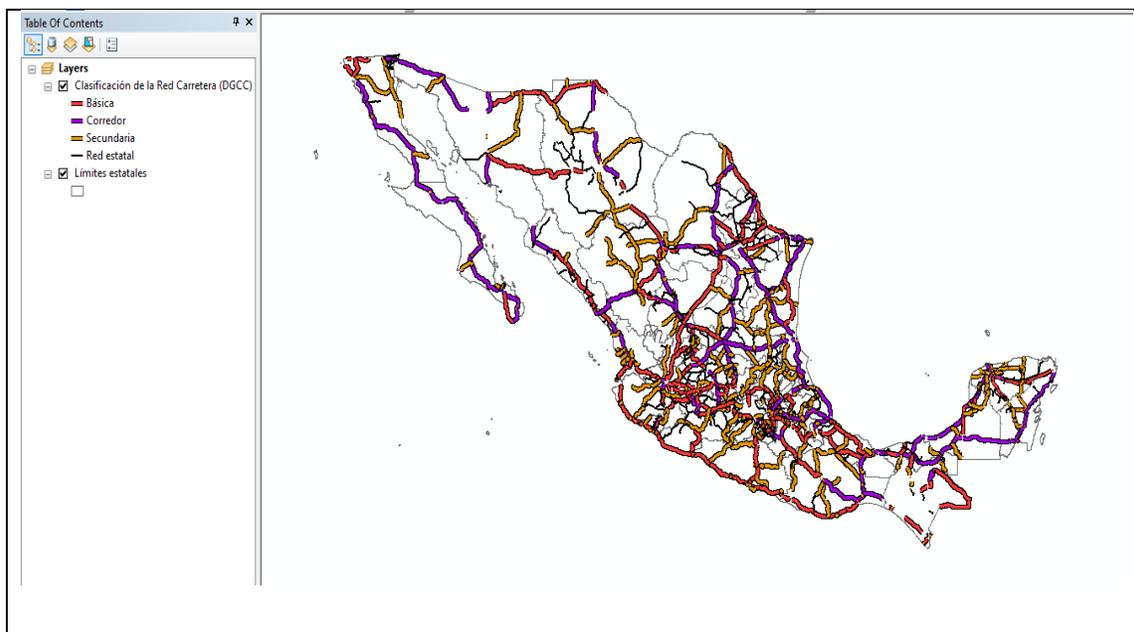
3 Resultados obtenidos

El principal objetivo de este proyecto, fue la obtención de procedimientos y productos que faciliten el uso, análisis, interpretación e integración de información geográfica, estadística y documental de los principales temas que afectan a la red federal de carreteras libres y de peaje. En este capítulo se muestran los resultados que se obtuvieron después del proceso de vinculación la red federal (fuente RNC) a los datos en formato alfanumérico.

3.1 Asociación de bases de datos alfanuméricas a la red vial

3.1.1 Capa de Red Vial por jurisdicción

Se obtuvo el prototipo de una base de datos geográfica de la red federal construida a partir de la Red Nacional de Caminos tomando como base para la delimitación de tramos, los datos de jurisdicción obtenidos de la Dirección General de conservación de Carreteras. En la figura 3.1 se muestra el despliegue de la red federal de acuerdo a su clasificación por red básica, secundaria, corredor y red registrada como estatal.

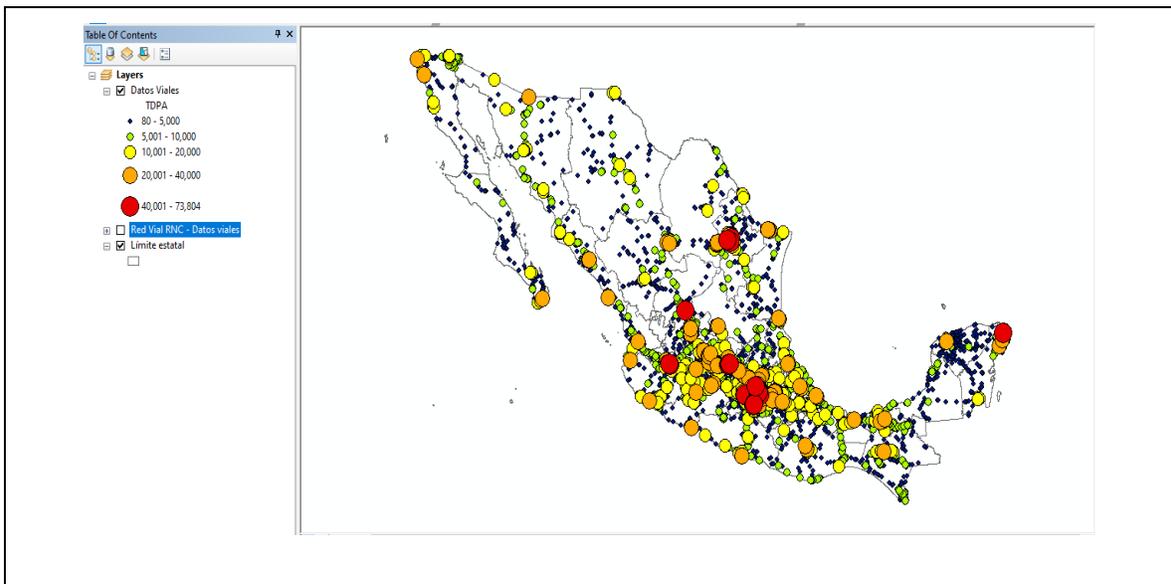


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.1 Red vial por jurisdicción de acuerdo a la DGCC

3.1.2 Base de datos geoespacial de la Red Federal asociada a los datos viales

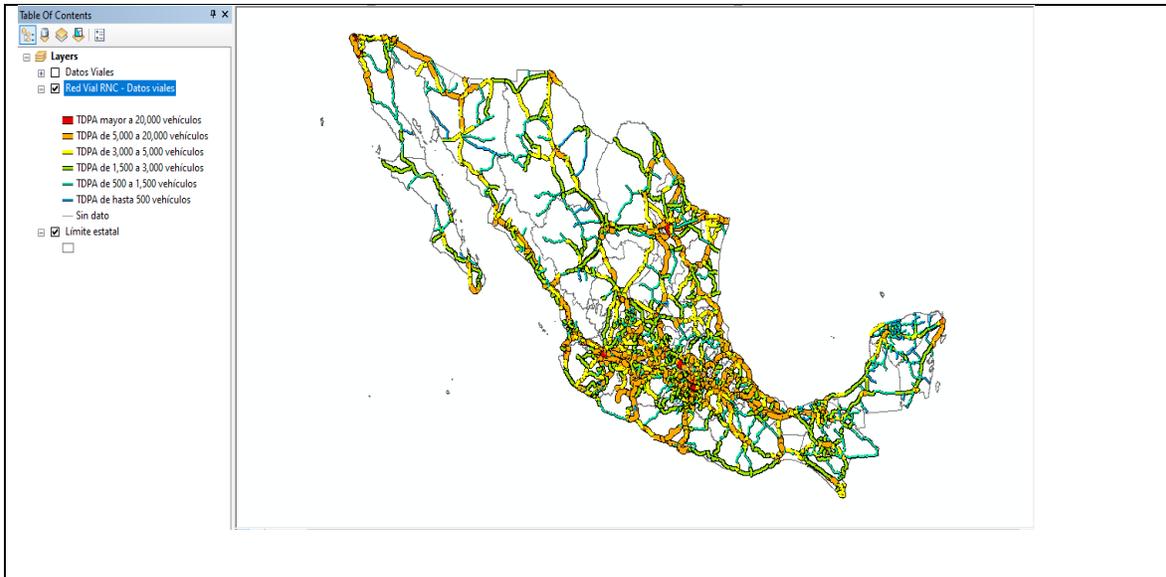
Se obtuvieron las capas de datos correspondientes a la georreferenciación espacial de la información contenida en las tablas de datos viales para el año 2018, así como la base de datos resultante de su asociación a la red vial en su clasificación por administración Federal, extraída de la Red Nacional de Caminos. En la figura 3.2 se muestra la información de ubicación de cada uno de los puntos de conteo vehicular simbolizada de acuerdo al volumen de tránsito registrado en el campo TDPA (Transito Diario Promedio Anual).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.2 Despliegue gráfico de datos viales

El valor de TDPA registrado para cada una de las carreteras en la base de datos viales se asignó al registro correspondiente en la base de datos de RNC. De esta manera se puede visualizar el TDPA, mediante la aplicación de simbología por rango de valores a los vectores de la RNC, tal como se observa en la figura 3.3.

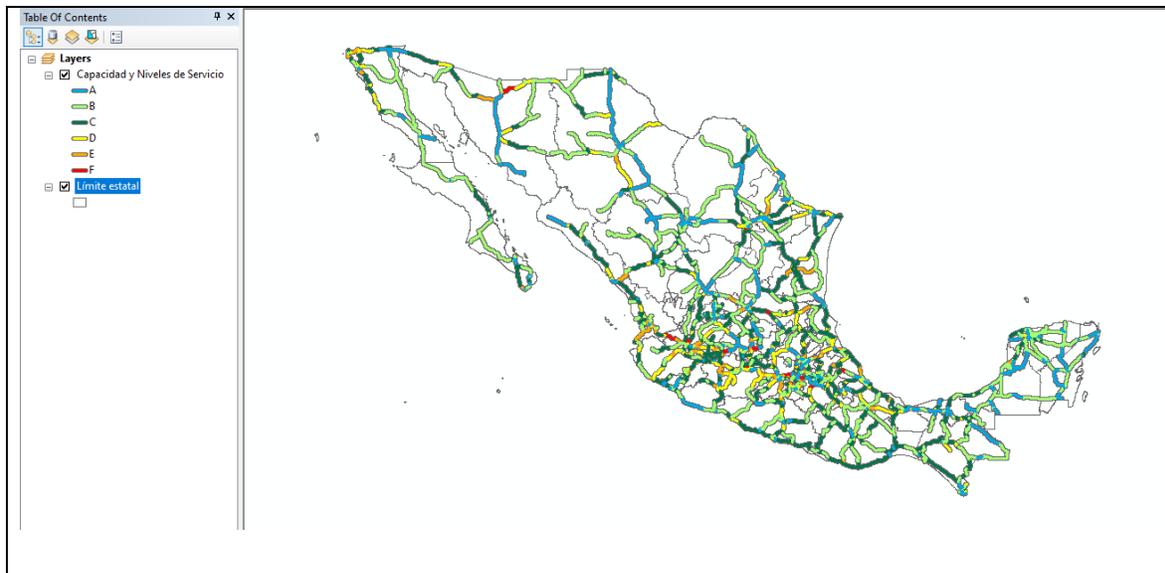


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.3 Despliegue gráfico de datos viales asociados a la Red Vial

3.1.3 Base de datos geoespacial de la Red Federal asociada a los datos de capacidad y niveles de servicio

Fue necesaria su conversión primero a formato de tabla de Excel y luego a CSV. Posteriormente, la asociación a la red vial, se realizó mediante el campo que contiene el nombre de la carretera, asociándolo en primera instancia a la base de datos de estadística vial y después a la base de datos de red vial por jurisdicción. En la figura 3.4 se puede observar la red carretera federal simbolizada de acuerdo al nivel de servicio correspondiente a cada carretera.



Fuente: Elaboración propia

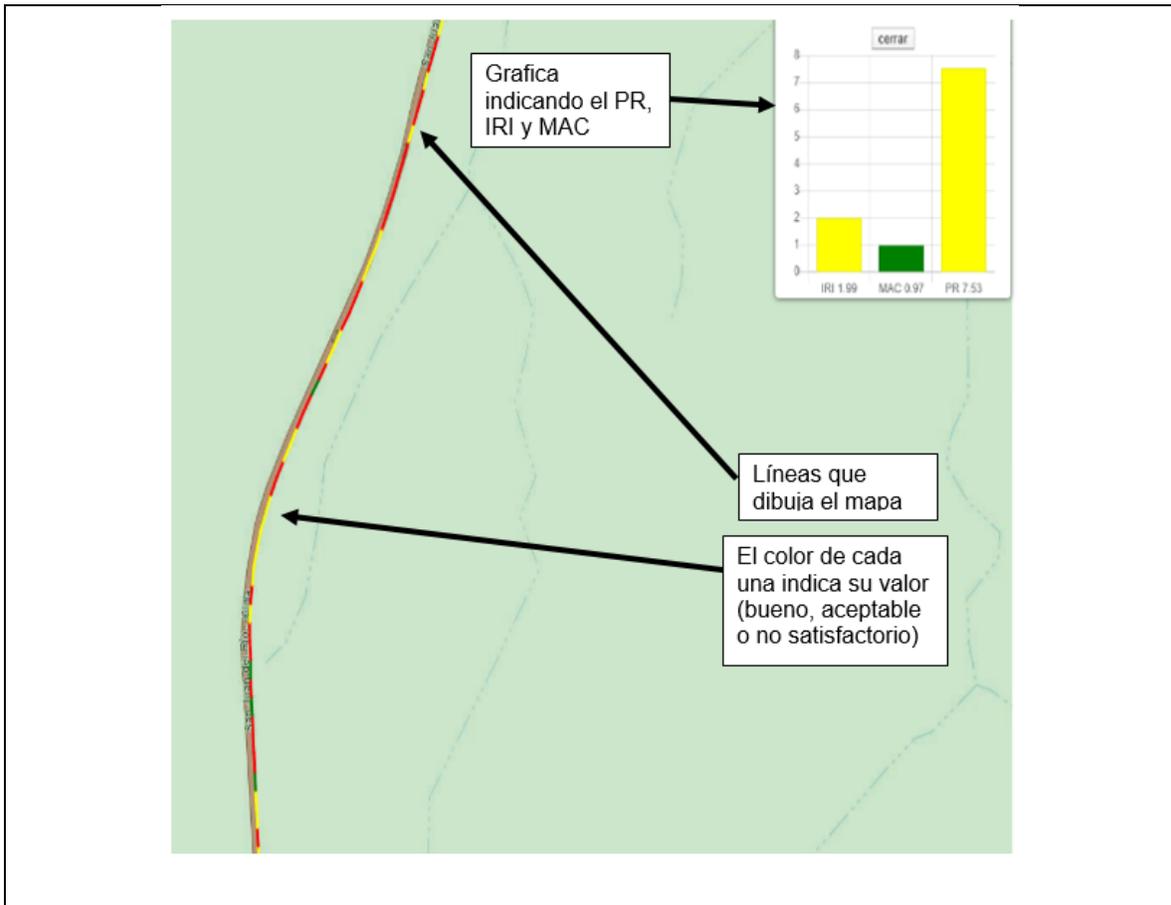
Figura 3.4 Despliegue gráfico de datos de capacidad y niveles de servicio

3.2 Representación geográfica de indicadores de la condición superficial de la Red Carretera Federal

Después de la revisión y análisis de la manera como se encuentran estructurados los datos producto del programa de auscultación de la red carretera federal para el año 2018, se diseñó una herramienta geo informática para la representación y análisis de los indicadores de la condición superficial de la red carretera federal: Índice de Regularidad Internacional (IRI), macrotextura (MAC) y profundidad de roderas (PR).

La herramienta diseñada, consiste en un visualizador Web que permite el despliegue gráfico de los datos y que incorpora la posibilidad de visualizar los valores de los indicadores mediante una gráfica.

simbología, el nivel de aceptación/rechazo de acuerdo a los valores establecidos en el programa de auscultación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6 Visualización de la representación de los datos para los indicadores IRI, PR y MAC.

4 Conclusiones

La Subsecretaría de Infraestructura es el área de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) encargada de preservar la red carretera federal, así como de propiciar el desarrollo de una infraestructura carretera moderna, segura y de calidad para aumentar la competitividad de la economía, impulsar el desarrollo nacional y regional, extender la comunicación y eliminar el aislamiento de las comunidades rurales a través de la correcta y eficaz aplicación de los recursos presupuestales y de esquemas de asociación público – privada para el financiamiento de esta infraestructura, con objeto de prestar un mejor servicio al usuario de las carreteras del país. Por lo anterior, se resalta la importancia que tiene el configurar mecanismos de colaboración con las áreas responsables de la información de las carreteras federales, para la identificación de las características geométricas, estado físico y operativo, para su incorporación sistémica a la Red Nacional de Caminos.

Se considera que con los productos obtenidos del presente proyecto se da inicio al proceso de integración de datos alfanuméricos en forma institucional a la información de la Red Nacional Caminos. Esta integración posibilitará contar con información técnico-administrativa fácil de visualizar mediante su despliegue cartográfico de una manera ágil e intuitiva, además de facilitar consultas a las bases de datos que permitan entregar respuestas tabulares y generación de mapas, ya sea desde un Sistema de Información Geográfica de escritorio o Web. Así mismo, se destaca la importancia de la implementación de capacidades de acceso a datos remotos en un entorno Web, lo cual permite que se consiga ampliar el abanico de usuarios potenciales al interior de la SCT y del sector transporte en general. Contar con la posibilidad de visualizar los datos obtenidos como resultado del programa de auscultación mediante la aplicación Web desarrollada y propuesta en este proyecto, incrementa la posibilidad de consulta, así como de la identificación de aplicaciones que coadyuven a las labores de construcción, modernización y conservación de la infraestructura carretera del país.

Bibliografía

DGST, Programa de Auscultación de la Red Carretera Federal 2013-2018, Memoria documental. (2018) Ciudad de México: Dirección General de Servicios Técnicos, Secretaría de Comunicaciones y Transportes

DGST, Capacidad y Niveles de Servicio en la Red Federal de Carreteras (2017). Ciudad de México: Dirección General de Servicios Técnicos, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2017

DGST, Datos viales 2019. (2019) Ciudad de México: Dirección General de Servicios Técnicos, Secretaría de Comunicaciones y Transportes

DGST, Términos de referencia: 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 (Autopistas de cuota, Corredores y Red Básica Libre) 2014, Ciudad de México: Dirección General de Servicios Técnicos, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2014

Fu, P., Sun, J. (2011). Web GIS Principles and Applications. ESRI Press. Estados Unidos de América.

J. R. Solorio, Aplicación de cadenas de Márkov para modelizar la evolución del IRI en la red federal de carreteras de México. Tesis doctoral, Chihuahua, Chihuahua: Universidad Autónoma de Chihuahua, 2018.

Peters, Dave (2008). Building a GIS: System Architecture Design Strategies for Managers. ESRI Press. Estados Unidos de América.

Tomlinson Roger. Pensando en SIG (2007). Planificación del Sistema de Información Geográfica Dirigida a Gerentes. ESRI Press. Estados Unidos de América



Km 12+000 Carretera Estatal 431 “El Colorado-Galindo”
Parque Tecnológico San Fandila
Mpio. Pedro Escobedo, Querétaro, México
CP 76703
Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610
Fax +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

<http://www.imt.mx/>