



Seguimiento del desempeño de la clasificación por estrellas iRAP: libramiento Surponiente de Querétaro

Emilio Abarca Pérez
Wendy Alejandra Casanova Zavala
Nadia Gómez González
Alberto Mendoza Díaz

**Publicación Técnica No. 588
Sanfandila, Qro, 2020**

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

**Seguimiento del desempeño de la clasificación por
estrellas iRAP: libramiento Surponiente de
Querétaro**

Publicación Técnica No. 588
Sanfandila, Qro, 2020

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte, por el M. en I. Emilio Abarca Pérez, la M. en I. Wendy Alejandra Casanova Zavala, la M. en I. Nadia Gómez González y el Dr. Alberto Mendoza Díaz.

Esta investigación es el producto final del proyecto de investigación interna SI-03/16 “Seguimiento del desempeño de la clasificación por estrellas IRAP en carreteras federales”.

Se agradece la colaboración del M. en I. Agustín Gerardo Centeno Saad del área de Proyectos Estratégicos de iRAP.

Contenido

Índice de figuras	v
Índice de tablas	vii
Sinopsis	ix
Abstract	xi
Resumen ejecutivo	xiii
Introducción	1
1 Recopilación de antecedentes	7
1.1 Libramiento Surponiente de Querétaro	7
1.2 iRAP – México, fases I y III	7
2 Análisis de la información.....	11
2.1 Levantamiento georreferenciado.....	11
2.2 Resultados de la codificación.....	14
2.2.1 Severidad lateral.....	14
2.2.2 Señalamiento.....	19
2.2.3 Condición de la vía	21
2.2.4 Calidad de las intersecciones	22
2.2.5 Acceso a propiedades	23
2.3 Datos de respaldo	25
2.3.1 Velocidad.....	25
2.3.2 Tránsito.....	25
2.3.3 Accidentalidad	28

3	Análisis comparativo	33
3.1	Severidad lateral	33
3.2	Señalamiento	34
3.3	Condición de la vía.....	34
3.4	Calidad de las intersecciones.....	34
3.5	Acceso a propiedades.....	35
3.6	Datos de respaldo	35
3.6.1	Velocidad.....	35
3.6.2	Tránsito.....	35
3.6.3	Accidentalidad	35
4	Seguimiento de la clasificación por estrellas.....	37
4.1	Puntaje de clasificación por estrellas	37
4.1.1	En relación con el kilometraje	38
4.1.2	En relación con la longitud.....	42
4.1.3	En mapas	48
	Conclusiones y recomendaciones.....	53
	Bibliografía	55

Índice de figuras

Figura 1.1 Ubicación del libramiento Surponiente de Querétaro	8
Figura 2.1 Levantamiento georreferenciado del libramiento Surponiente de Querétaro, fase I	12
Figura 2.2 Levantamiento georreferenciado del libramiento Surponiente de Querétaro, fase III	13
Figura 2.3 Evolución de los accidentes por kilómetro entre 2012 y 2017	29
Figura 2.4 Número de muertes por kilómetro	30
Figura 2.5 Número de lesionados por kilómetro	30
Figura 4.1 Puntaje de protección de la vía por kilómetro, fase I, sentido 1	39
Figura 4.2 Puntaje de protección de la vía por kilómetro, fase I, sentido 2	40
Figura 4.3 Puntaje de protección de la vía por kilómetro, fase III, sentido 1	41
Figura 4.4 Puntaje de protección de la vía por kilómetro, fase III, sentido 2	42
Figura 4.5 Mapa de clasificación por estrellas, suavizada, fase I, sentido 1	49
Figura 4.6 Mapa de clasificación por estrellas, suavizada, fase I, sentido 2	49
Figura 4.7 Mapa de clasificación por estrellas, suavizada, fase III, sentido 1	50
Figura 4.8 Mapa de clasificación por estrellas, suavizada, fase III sentido 2	51

Índice de tablas

Tabla I.1 Resultados del proyecto iRAP – México 2012.....	3
Tabla I.2 Resultados del proyecto iRAP-México 2015	4
Tabla 1.1 Subtramos que componen el libramiento Surponiente de Querétaro	9
Tabla 2.1 Sentidos de circulación del libramiento Surponiente de Querétaro	12
Tabla 2.2 Severidad lateral del lado del copiloto del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP – México, fase I, sentido 1	16
Tabla 2.3 Severidad lateral del lado del copiloto del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP – México, fase I, sentido 2	17
Tabla 2.4 Severidad lateral del lado del copiloto del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase III, sentido 1	18
Tabla 2.5 Severidad lateral del lado del copiloto del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase III, sentido 2.....	19
Tabla 2.6 Calidad del señalamiento del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase I	20
Tabla 2.7 Calidad del señalamiento del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase III	20
Tabla 2.8 Condición de la vía del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase I	21
Tabla 2.9 Condición de la vía del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase III	21
Tabla 2.10 Calidad de las intersecciones del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase I	22
Tabla 2.11 Calidad de las intersecciones del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase III	23
Tabla 2.12 Puntos de acceso a propiedades del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase I	24

Tabla 2.13 Puntos de acceso a propiedades del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase III	24
Tabla 2.14 Velocidad de operación (percentil 85), fases I y III	25
Tabla 2.15 Tránsito del libramiento Surponiente de Querétaro por tramo, fases I y III	27
Tabla 4.1 Clasificación por estrellas iRAP.....	38
Tabla 4.2 Clasificación por estrellas, en bruto, fase I, sentido 1.....	43
Tabla 4.3 Clasificación por estrellas, en bruto, fase I, sentido 2.....	44
Tabla 4.4 Clasificación por estrellas, en bruto, fase III, sentido 1.....	44
Tabla 4.5 Clasificación por estrellas, en bruto, fase III, sentido 2.....	45
Tabla 4.6 Clasificación por estrellas, suavizada, fase I, sentido 1.....	46
Tabla 4.7 Clasificación por estrellas, suavizada, fase I, sentido 2.....	46
Tabla 4.8 Clasificación por estrellas, suavizada, fase III, sentido 1.....	47
Tabla 4.9 Clasificación por estrellas, suavizada, fase III, sentido 2.....	48

Sinopsis

En el presente estudio se realizó un análisis comparativo de los resultados del Proyecto iRAP – México del tramo carretero libramiento Surponiente de Querétaro, el cual permitió conocer la evolución y el comportamiento de la seguridad vial en la infraestructura, medida a través de la clasificación por estrellas iRAP para ocupantes de vehículos durante un periodo de tres años; lo anterior en función de los levantamientos de dicho proyecto en sus distintas fases I y III, aplicadas a la Red Carretera Federal en los años 2012 y 2015, respectivamente, en conjunto con la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Como resultado, se proponen recomendaciones sobre la aplicación de la metodología iRAP en México. También con este trabajo se espera que la DGST de la SCT cuente con un estudio en donde se valore la eficiencia de dicha metodología. Con estos conocimientos, la SCT promoverá acciones con la finalidad de incrementar el nivel de seguridad vial en la Red Carretera Federal (RCF).

Abstract

This paper is part of the work developed by the Coordination of Security and Operation of Transport. This includes data gathering and comparative analysis, as well as developing methodologies to generate information in the areas of regulations, human factor, infrastructure, and transport. It also contributes to the improvement of processes focused on measuring infrastructure safety that basically meet the objectives of road safety audits, with recommendations and strategies that facilitate decision making in risk areas and allow implementing different projects focused on road safety of the Federal Highway Network.

The study was developed through a comparative analysis based on a selected sample that includes a section previously assessed as part of the iRAP-Mexico project, in its phases I and III, applied to the Federal Highway Network, which allowed to know the evolution and behavior of road safety, measured through the iRAP's star classification for occupants of vehicles, over a period from 2012 to 2015.

Resumen ejecutivo

Esta investigación forma parte del quehacer de la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte, tareas que contemplan acopio, análisis comparativo de datos y desarrollo de metodologías para generar información en las áreas de normativa, factor humano, infraestructura y transporte. Así mismo, se contribuye a la mejora de los procesos enfocados en medir la seguridad de la infraestructura que básicamente atienden los objetivos de las auditorías de seguridad vial, con recomendaciones y estrategias que permitan llevar a la toma de decisiones en zonas de riesgo e implementar distintos proyectos enfocados en la seguridad vial de la Red Carretera Federal.

El presente estudio es producto de un análisis comparativo con base en una muestra seleccionada que incluye aquellos tramos levantados en el marco del proyecto iRAP – México, en sus fases I y II aplicadas a la Red Carretera Federal, el cual permitió conocer la evolución y el comportamiento de la seguridad vial en la infraestructura, medida a través de la clasificación por estrellas iRAP para ocupantes de vehículos durante un periodo de tres años, de 2012 a 2015.

Introducción

Ogden (1996) establece que existen tres factores que influyen directamente en la ocurrencia de accidentes: el factor humano, el vehículo y el entorno (la infraestructura y agentes naturales). Entre estos factores, la infraestructura vial es la única que puede controlarse bajo una adecuada gestión, planeación, diseño y construcción de las vías terrestres que incorporan una determinada red de transporte. Así nace la ingeniería de seguridad vial, cuyo objetivo es la reducción de las muertes y lesiones ocurridas en las vías a través del diseño de soluciones de mitigación de riesgos en la infraestructura mediante una planeación estratégica de la misma (Pardillo, 2004). De acuerdo con la experiencia que comparten países europeos como Suecia (Breen, Howard y Bliss, 2008), se ha observado que aumentar la protección a los usuarios a través de mejoras a la infraestructura genera un impacto significativo en la reducción de la severidad del siniestro, sin que ello suponga cambios importantes en la ocurrencia misma de los accidentes.

En la actualidad, existen varias metodologías o procesos enfocados en medir la seguridad de la infraestructura que básicamente atienden los objetivos de las auditorías de seguridad vial, tales como los programas Road Assessment Programme (RAP, por sus siglas en inglés), creados a partir del modelo de riesgo de Lynam (2012) para la asignación de probabilidades de ocurrencia de accidentes a cada uno de los elementos de la carretera. Estos programas RAP están diseñados aplicando la filosofía de salvar vidas mediante la inspección de vías de alto riesgo, la identificación de situaciones de conflicto, junto con la capacitación e instrumentación de tecnología para el desarrollo de programas de mejoramiento de la seguridad vial en los ámbitos nacional, regional y local. Todo ello se acompaña de la medición del desempeño de las medidas de seguridad implementadas en las vías terrestres aplicando una metodología basada en una inspección visual con video donde se registran imágenes digitales a cada 10 metros de la vía para su posterior análisis en la codificación de características de seguridad vial (Centeno y Urzúa, 2014). Con lo anterior, se busca promover la implementación de carreteras que perdonen el error humano y, por lo tanto, minimicen las lesiones e incluso eviten la ocurrencia misma del accidente. Dentro de los objetivos principales de estos programas se encuentran:

- Identificar las diferencias en la consistencia del diseño entre los tramos de una carretera, lo cual tiende a generar accidentes.
- Proveer una calificación de seguridad a través de una inspección visual grabada en video, así como promover medidas de mejoramiento.

- Medir el desempeño de la seguridad de las vías, de tal manera que los organismos donantes puedan evaluar los beneficios de sus inversiones.

El Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (*International Road Assessment Programme*, iRAP), en su última versión, contempla cuatro protocolos, los cuales se describen a continuación:

- Mapas de riesgos: representaciones del historial de accidentalidad para visualizar los accidentes en una red, de manera gráfica.
- Clasificación por estrellas: indicador que provee una medida simple y objetiva del nivel de seguridad que ofrece una vía.
- Planes de inversión: conjunto de medidas de mejoramiento enfocadas a salvar vidas y seleccionadas a través de indicadores económicos de beneficios y costos de implementación.
- Monitoreo del desempeño: seguimiento de los mapas de riesgo y la clasificación por estrellas en un determinado periodo, con el objetivo de establecer políticas en materia de seguridad vial.

La clasificación por estrellas implica una inspección visual de 60 elementos de la infraestructura vial que se sabe tienen un impacto en la probabilidad de que ocurra una colisión y en su nivel de severidad, a partir de lo cual se genera un puntaje de protección de la vía, determinado gracias a este indicador. La parte esencial del proceso radica en la codificación de los datos, durante la cual se catalogan todas las características físicas de la vía de acuerdo con su tipo. El sistema otorga entre una y cinco estrellas, dependiendo del nivel de seguridad que posea una vía, al mismo tiempo que identifica cada nivel con un color específico. La clasificación prevé una escala diferente para cada tipo de usuario; es decir, una vía puede tener cinco estrellas para el ocupante de un vehículo, pero una estrella para un peatón, nivel que representa un riesgo muy alto en la infraestructura de ser atropellado. En general, se espera que para un nivel de cinco estrellas (muy segura), la carretera cuente con separación del tránsito en direcciones opuestas mediante algún tipo de mediana o faja separadora, una delineación adecuada, un diseño de intersecciones apropiado, carriles y acotamientos amplios, márgenes libres de obstáculos, entre otras; por otro lado, en una carretera de una estrella (muy insegura), se esperan condiciones totalmente adversas.

En México, la primera participación de iRAP se realizó en 2010 con el proyecto “Corredor Mesoamericano”, en el cual se llevó a cabo la inspección carretera de alrededor de 4,000 kilómetros, específicamente el corredor carretero que une la ciudad de Puebla con la ciudad de Panamá, en su distancia más corta. La segunda participación de México fue en 2012 con el proyecto denominado iRAP – México, fase I, el cual contempló la inspección de 45,000 kilómetros de la Red Carretera Federal (RCF). Dicho proyecto fue liderado por la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y sus

resultados se encuentran en la Tabla I.1, donde se destaca que la mayoría de la longitud inspeccionada obtuvo entre una y dos estrellas (62%) para ocupantes de vehículo y una proporción significativa con tres estrellas (32%), la cual el iRAP establece como el estándar mínimo a lograr; escenarios similares se visualizan para motociclistas, ciclistas y peatones. Posteriormente, se realizó la fase II del proyecto iRAP – México, donde se adiciona la inspección de 20,000 kilómetros de la red secundaria, esta vez integrando algunos tramos de carreteras estatales susceptibles a altos índices de accidentalidad. Finalmente, durante 2015 se llevó a cabo la fase III del proyecto iRAP – México, en cuyo marco se inspeccionaron aproximadamente 46,000 kilómetros de la RCF, mismos que fueron levantados 3 años antes durante la primera fase. Los resultados correspondientes se encuentran en la Tabla I.2, donde se destaca de igual manera que la mayoría de la longitud inspeccionada obtuvo entre una y dos estrellas (61%) para ocupantes de vehículo y una proporción similar con tres estrellas (32%). En este nuevo proyecto se verificó el desempeño de la aplicación de algunas medidas de mejoramiento durante este periodo, así como el desempeño de la nueva versión del software ViDA de iRAP, la cual ofrece velocidades de procesamiento significativamente mayores y los cambios en los factores de riesgo utilizados. Cabe destacar que este proyecto se centró en la primera y tercera fases del proyecto iRAP – México, en las que se analizan los cambios observados en la clasificación por estrellas en un periodo de tres años para la carretera en estudio.

Tabla I.1 Resultados del proyecto iRAP – México 2012

Clasificación por estrellas	Ocupante de vehículo		Motocicletas		Peatones		Bicicletas	
	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje
5 estrellas	393.70	0.87%	165.00	0.36%	143.60	0.32%	157.30	0.35%
4 estrellas	2,123.70	4.68%	1,139.60	2.51%	253.30	0.56%	395.60	0.87%
3 estrellas	14,496.10	31.94%	9,578.60	21.11%	2,113.10	4.66%	3,478.10	7.66%
2 estrellas	17,096.70	37.68%	16,520.60	36.41%	8,019.40	17.67%	5,738.60	12.65%
1 estrella	10,709.80	23.60%	17,076.80	37.63%	7,945.60	17.51%	4,938.00	10.88%
No aplica	558.50	1.23%	897.90	1.98%	26,903.50	59.29%	30,670.90	67.59%
Totales	45,378.50	100.00%	45,378.50	100.00%	45,378.50	100.00%	45,378.50	100.00%

Fuente: Centeno y Urzúa, 2014.

Tabla I.2 Resultados del proyecto iRAP-México 2015

Clasificación por estrellas	Ocupante de vehículo		Motocicletas		Peatones		Bicicletas	
	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje
5 estrellas	410.60	0.89%	170.00	0.37%	145.70	0.31%	158.30	0.34%
4 estrellas	2,152.20	4.65%	1,150.10	2.48%	249.40	0.54%	395.20	0.85%
3 estrellas	14,993.90	32.36%	9,866.70	21.30%	2,121.60	4.58%	3,588.10	7.74%
2 estrellas	17,397.90	37.55%	16,902.70	36.48%	8,151.00	17.59%	5,872.60	12.68%
1 estrella	10,803.80	23.32%	17,329.50	37.40%	8,219.60	17.74%	5,075.60	10.96%
No aplica	572.10	1.23%	911.50	1.97%	27,443.20	59.23%	31,240.70	67.43%
Totales	46,330.50	100.00%	46,330.50	100.00%	46,330.50	100.00%	46,330.50	100.00%

Fuente: ViDA, 2018.

Este estudio se realizó debido al interés de conocer la evolución de las condiciones de la infraestructura carretera en un periodo determinado, tomando como caso de ejemplo el libramiento Surponiente de Querétaro; lo anterior a través del seguimiento de la medición de la seguridad vial, de acuerdo con la metodología iRAP (indicador por estrellas) en un periodo de tres años, tomando en cuenta los levantamientos hechos en 2012 y 2015. Con esta información, es posible emitir recomendaciones y delinear estrategias que permitan llevar a la toma de decisiones en zonas de riesgo e implementar distintos proyectos enfocados en la seguridad vial de la Red Carretera Federal (RCF).

1 Recopilación de antecedentes

En esta parte se recopiló la información del tramo en estudio existente de los proyectos iRAP – México, fases I y III, considerada como relevante para cumplir con los objetivos de este estudio.

1.1 Libramiento Surponiente de Querétaro

El tramo carretero seleccionado para este estudio fue el libramiento Surponiente de Querétaro, que se inspeccionó y evaluó en la primera y tercera fases del proyecto iRAP – México.

El libramiento Surponiente de Querétaro es una carretera estatal ubicada en el municipio de Querétaro, en el estado de Querétaro. Éste inicia desde el cruce con la carretera estatal no. 400 Querétaro – Huimilpan hasta el cruce con la carretera federal MEX-057 Querétaro – San Luis Potosí, y ofrece un servicio importante tanto al tránsito local como al de largo itinerario. Al tránsito local, lo comunica con varias localidades de la zona surponiente del municipio de Querétaro (en la Tabla 1.1 se presentan los subtramos que componen el libramiento Surponiente de Querétaro y se indican las localidades que comunica, lo cual corresponde al cadenamamiento registrado por la DGST). En lo que se refiere al tránsito de largo itinerario, éste comunica hacia el poniente a la ciudad de Irapuato, hacia el norte a la ciudad de San Luis Potosí, hacia el oriente a la Ciudad de México y hacia el sur a la ciudad de Huimilpan. En la Fuente: Elaboración propia con imágenes de Google Maps, 2018.

Figura 1.1 se muestra la ubicación del libramiento Surponiente de Querétaro.

El libramiento Surponiente de Querétaro es una carretera tipo A4, con dos carriles de circulación por sentido, de 3.5 metros de ancho, con acotamientos externos de 2.5 metros e internos de 0.5 metros, y cuenta con una faja separadora central que varía entre 1 y 4 metros a lo largo de todo el tramo. La longitud total es de 45.7 kilómetros.

1.2 iRAP – México, fases I y III

La información considerada en este estudio es la obtenida y generada por iRAP, con base en su metodología, y consta de lo siguiente:

1. Levantamiento georreferenciado: distancia, latitud y longitud.

Tabla 1.1 Subtramos que componen el libramiento Surponiente de Querétaro

No.	Subtramo	Cadenamiento
1	X. C. carretera estatal no. 400 Querétaro-Huimilpan	0+000
2	T. Der. a Candiles	4+200
3	T. Izq. a Santa Bárbara (1. ^{er} acceso)	5+000
4	T. Izq. a Santa Bárbara (2. ^o acceso)	7+300
5	T. C. Villa del Pueblito-Huimilpan	9+400
6	T. Izq. a La Negreta	10+100
7	Querétaro-Irapuato	15+000
8	T. C. Querétaro-Irapuato (cuota)	18+600
9	T. Der. a Las Adjuntas	21+000
10	T. Der. a Tlacote el Bajo	27+700
11	Obrajuelos (El Zapote)	29+700
12	Santo Niño de Praga	31+200
13	X. C. Juriquilla-Mompaní	34+000
14	T. Der. a El Nabo	36+300
15	Pie de Gallo	44+100
16	T. C. Querétaro-San Luis Potosí	45+700

Fuente: Elaboración propia con información de *Datos Viales*, 2018 (STC).

2 Análisis de la información

En esta parte se procesó y analizó la información en bruto obtenida de los proyectos iRAP – México, fases I y III, para el libramiento Surponiente de Querétaro.

La información considerada es la siguiente:

1. Levantamiento georreferenciado: distancia, longitud, latitud y longitud.
2. Resultados de la codificación: información de las características físicas de 60 elementos de la vía en segmentos de 100 metros.
3. Datos de respaldo: velocidades (media y percentil 85) y tránsito diario promedio anual (TDPA).
4. Puntaje de clasificación por estrellas (SRS, por sus siglas en inglés): calculado para cada segmento de 100 metros de la vía para los ocupantes de vehículos.

Adicionalmente al análisis de esta información se presenta un análisis de la siniestralidad del sitio con información obtenida de los registros de los partes de accidentes levantados por la Policía Federal, con la finalidad de ver la evolución de la siniestralidad durante los años en que se realizaron los proyectos del iRAP – México.

2.1 Levantamiento georreferenciado

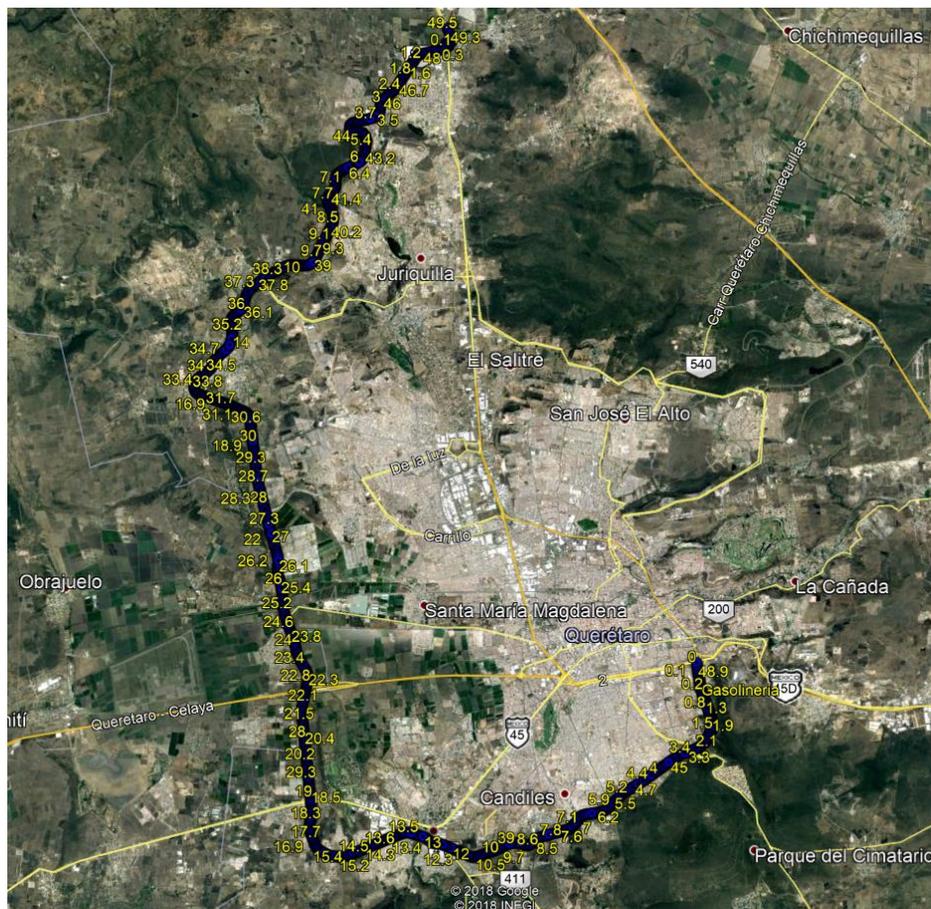
La obtención de la información de las características físicas de la carretera a evaluar, descrita en la metodología de iRAP, incluye un levantamiento de campo utilizando un equipo de inspección que genera registros a cada 10 metros de la vía, entre los cuales se incluyen ubicación georreferenciada, imágenes panorámicas, indicadores de alineamiento vertical y horizontal, pendientes longitudinales y transversales de la vía.

Para este estudio se obtuvo la información del levantamiento georreferenciado del libramiento Surponiente de Querétaro para las dos fases evaluadas y para ambos sentidos de circulación.

Los datos obtenidos en la fase I registraron 46.4 kilómetros en ambos sentidos, correspondiendo su ubicación al cadenamiento registrado por la DGST de la SCT, como se muestra en la Tabla 1.1. La Figura 2.1 muestra el mapa satelital de la

Los datos obtenidos en la fase III registraron 49.5 kilómetros en ambos sentidos; su localización se ubica desde el cruce con la carretera federal de cuota MEX-057D México – Querétaro hasta la carretera federal libre MEX-057 Querétaro – San Luis Potosí. La Figura 2.2 muestra el mapa satelital de la ubicación del levantamiento georreferenciado de la fase III del libramiento Surponiente de Querétaro.

Puede observarse que en esta fase se amplió la longitud del levantamiento, en comparación con la fase I, tomando como inicio la carretera federal de cuota MEX-057D México – Querétaro y no la carretera estatal No. 400 Querétaro – Huimilpan. Por ello, se realizó una homologación del cadenamamiento de la información de la fase III congruente con el cadenamamiento registrado por la DGST de la SCT. Obsérvese que el cadenamamiento para este estudio, en ambas fases, se presenta en la Tabla 2.1, donde se muestra el arreglo de los sentidos de circulación, que servirá de referencia para la presentación de los análisis.



Fuente: Elaboración propia con imágenes de Google Earth, 2018.

Figura 2.2 Levantamiento georreferenciado del libramiento Surponiente de Querétaro, fase III

2.2 Resultados de la codificación

La codificación de datos se refiere específicamente a la conversión de toda la información de los atributos de la infraestructura carretera, que contienen las imágenes tomadas por el vehículo de inspección en códigos alfanuméricos a ingresarse en el modelo de clasificación por estrellas. La codificación de atributos se realiza en segmentos de 100 metros; por lo tanto, todas las características identificadas en un hectómetro se registran al inicio de dicho segmento.

Con los datos de los atributos viales codificados pueden detectarse problemas diversos tales como: terminales de barreras sin protección, presencia de estructuras rígidas cercanas al arroyo vial, falta de mantenimiento en la superficie de rodamiento, demarcaciones deficientes debido a la falta de mantenimiento del señalamiento horizontal, así como deficiencias y falta de mantenimiento en el señalamiento vertical, curvas cerradas y muy cerradas que no cuentan con la señalización adecuada, bifurcaciones que no cuentan con amortiguadores de impacto, e incorporaciones localizadas en puntos con poca visibilidad en sitios como curvas horizontales y verticales en cresta, entre otros.

Para este estudio se obtuvieron los resultados de la codificación del libramiento Surponiente de Querétaro para las dos fases evaluadas y para ambos sentidos de circulación.

De la revisión de la información de los resultados de la codificación, se encontró que los atributos más importantes a considerar como referencia para realizar un análisis comparativo de la evolución de los atributos a lo largo del tiempo considerado en las fases del proyecto iRAP – México del libramiento Surponiente de Querétaro son: severidad lateral, señalamiento, condición del camino, calidad de las intersecciones y accesos a propiedades.

2.2.1 Severidad lateral

Este atributo registra el tipo de objeto con el que se puede impactar un vehículo y que resultaría en un accidente con lesiones severas o incluso la muerte para los ocupantes de vehículos, así como la distancia al borde de la vía. Aunque este atributo se registra del lado del conductor y del lado del copiloto, para efectos del presente estudio, se analizará para el lado del copiloto.

Las opciones en orden de riesgo en relación con la distancia son:

- Distancia al objeto entre 0 y 1 metros (riesgo más alto)
- Distancia al objeto entre 1 y 5 metros
- Distancia al objeto entre 5 y 10 metros
- Distancia al objeto mayor de 10 metros (riesgo más bajo)

Las opciones en orden de riesgo en relación con el objeto son:

- Precipicio
- Árbol mayor de 10 centímetros de diámetro
- Poste no abatible mayor o igual que 10 centímetros de diámetro
- Terminal de barrera sin protección
- Cara vertical peligrosa
- Talud de corte entre 15° y 75°
- Cuneta profunda
- Terraplén mayor de 15°
- Rocas grandes mayores que o iguales a 20 centímetros de alto
- Estructura rígida, apoyo de puente o edificación
- Estructura o edificación semirrígida
- Barrera de seguridad de concreto
- Barrera de seguridad metálica
- Barrera de seguridad a base de cables
- Barrera de seguridad amigable a motocicleta
- Talud de corte mayor que o igual a 75° sin pendiente para circular

En las tablas siguientes se muestran los tipos de objetos considerados por iRAP y los rangos de distancia al borde de la vía en las que se ubican dichos objetos. Este atributo se cuantifica en términos de longitud, es decir, éste equivale a la suma de longitudes de los tramos carreteros en los que se reporta la presencia de los objetos considerados; se indica también el rango de distancia a la que se encuentran desde el borde de la vía.

Las tablas siguientes están formadas por seis columnas: en la primera columna se enlistan los diferentes objetos con el que se podría impactar un vehículo, ordenados en función de su peligrosidad, siendo el precipicio lo que podría causar más daños a los usuarios y el talud de corte mayor que o igual a 75° el que causaría el menor daño; las columnas 2 a 5 contienen la suma de longitudes de los tramos con presencia de cada objeto considerado, clasificadas de acuerdo con la distancia a la que se encuentran del borde de la vía (columna 2 para objetos ubicados a menos de un metro, columna 3 para objetos a una distancia de entre 1 y 5 metros, columna 4 para objetos a una distancia entre 5 y 10 metros, y columna 5 para objetos ubicados a más de 10 metros de distancia); en la columna 6 se presentan las longitudes totales en las que se reporta cada uno de los objetos, y en la última fila se presenta la suma de las longitudes de los tramos que reportan objetos a cada una de las distancias mencionadas. En cada tabla se presenta entre paréntesis el porcentaje que representa cada suma de longitudes, respecto a la longitud total de la carretera evaluada.

En la Tabla 2.2 se muestran los resultados de la severidad lateral del lado del copiloto del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP – México, fase I.

Tabla 2.2 Severidad lateral del lado del copiloto del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP – México, fase I, sentido 1

Severidad lateral-distancia al objeto-lado del copiloto	Severidad lateral-distancia al objeto-lado del copiloto (km)				
	0 a <1 m	1 a <5 m	5 a <10 m	>=10 m	Total
Precipicio	0.2 (0.4%)	0.5 (1.1%)	0 (0%)	0 (0%)	0.7 (1.5%)
Árbol >=10cm	0.1 (0.2%)	1.8 (3.9%)	0.8 (1.7%)	0.6 (1.3%)	3.3 (7.1%)
Poste no abatible >= 10 cm diámetro	0.2 (0.4%)	4 (8.6%)	1.2 (2.6%)	4.9 (10.6%)	10.3 (22.2%)
Terminal de barrera sin protección	0.9 (1.9%)	3.5 (7.5%)	0.1 (0.2%)	0 (0%)	4.5 (9.7%)
Cara vertical peligrosa	0 (0%)	2.1 (4.5%)	0 (0%)	0 (0%)	2.1 (4.5%)
Talud de corte - (15° a 75°)	0 (0%)	2.3 (5%)	0.5 (1.1%)	0.2 (0.4%)	3 (6.5%)
Cuneta profunda	0 (0%)	0.1 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)	0.1 (0.2%)
Terraplén	0 (0%)	5.4 (11.6%)	0 (0%)	0.1 (0.2%)	5.5 (11.9%)
Rocas grandes >= 20 cm alto	0 (0%)	0.4 (0.9%)	0.2 (0.4%)	0 (0%)	0.6 (1.3%)
Estructura rígida/apoyo de puente/edificación	1 (2.2%)	2 (4.3%)	0.2 (0.4%)	0 (0%)	3.2 (6.9%)
Estructura o edificación semirrígidos	0 (0%)	0.1 (0.2%)	0.1 (0.2%)	0.3 (0.6%)	0.5 (1.1%)
Barrera de seguridad-concreto	0 (0%)	0.3 (0.6%)	0 (0%)	0.2 (0.4%)	0.5 (1.1%)
Barrera de seguridad-metal	3.5 (7.5%)	6.5 (14%)	0.2 (0.4%)	0.1 (0.2%)	10.3 (22.2%)
Talud de corte - (>= 75°) sin pendiente para circular	0 (0%)	0.2 (0.4%)	0 (0%)	0 (0%)	0.2 (0.4%)
Total	5.9 (12.7%)	29.2 (62.9%)	3.3 (7.1%)	6.4 (13.8%)	44.8 (96.6%)

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

En la tabla 2.2 se observa que la barrera de seguridad metálica y los postes no abatibles son los objetos que se reportan más, estando presentes en conjunto en más del 40% del libramiento. Respecto a la distancia de los objetos, se observa que, para las distancias comprendidas entre los cero y cinco metros a partir de la orilla, los objetos con mayor presencia son las barreras de seguridad metálicas, mientras que para las distancias a partir de los cinco metros de distancia los objetos con mayor presencia son los postes no abatibles. Otros de los objetos encontrados en muchos segmentos son los taludes de terraplén no recuperables, las terminales de barrera sin protección, árboles con diámetros mayores de los 10 cm y taludes de corte, entre otros. Se observa también que es en la franja entre uno y cinco metros donde se localiza la mayor cantidad de objetos.

En la Tabla 2.3 se presentan los resultados la severidad lateral del lado del copiloto del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 2, para el proyecto iRAP – México, fase I.

Tabla 2.3 Severidad lateral del lado del copiloto del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP – México, fase I, sentido 2

Severidad lateral-distancia al objeto-lado del copiloto	Severidad lateral-distancia al objeto-lado del copiloto (km)				Total
	0 a <1 m	1 a <5 m	5 a <10 m	>=10 m	
Precipicio	0 (0%)	0.3 (0.7%)	0 (0%)	0 (0%)	0.3 (0.7%)
Árbol >=10 cm	0.1 (0.2%)	1.5 (3.3%)	1.2 (2.6%)	1 (2.2%)	3.8 (8.3%)
Poste no abatible >= 10 cm diámetro	0.3 (0.7%)	5.5 (12%)	1.2 (2.6%)	3.2 (7%)	10.2 (22.3%)
Terminal de barrera sin protección	0 (0%)	2.9 (6.3%)	0 (0%)	0 (0%)	2.9 (6.3%)
Cara vertical peligrosa	0.4 (0.9%)	5 (10.9%)	0.3 (0.7%)	0 (0%)	5.7 (12.5%)
Talud de corte - (15° a 75°)	0.1 (0.2%)	5.1 (11.2%)	0.3 (0.7%)	0 (0%)	5.5 (12%)
Cuneta profunda	0 (0%)	0.2 (0.4%)	0 (0%)	0 (0%)	0.2 (0.4%)
Terraplén	0.1 (0.2%)	2.3 (5%)	0.2 (0.4%)	0 (0%)	2.6 (5.7%)
Rocas grandes >= 20 cm alto	0 (0%)	0.6 (1.3%)	0 (0%)	0 (0%)	0.6 (1.3%)
Estructura rígida/apoyo de puente/edificación	0.8 (1.8%)	1.8 (3.9%)	0.6 (1.3%)	0.3 (0.7%)	3.5 (7.7%)
Estructura o edificación semirrígidas	0 (0%)	0.4 (0.9%)	0.2 (0.4%)	0.3 (0.7%)	0.9 (2%)
Barrera de seguridad-concreto	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Barrera de seguridad-metal	0.5 (1.1%)	6.8 (14.9%)	0.1 (0.2%)	0 (0%)	7.4 (16.2%)
Talud de corte - (>= 75°) sin pendiente para circular	0 (0%)	1 (2.2%)	0 (0%)	0.3 (0.7%)	1.3 (2.8%)
Total	2.3 (5%)	33.4 (73.1%)	4.1 (9%)	5.1 (11.2%)	44.9 (98.2%)

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

En la tabla 2.3 se observa que para el sentido 2, los objetos con mayor presencia son los postes no abatibles con diámetro mayor de 10 cm, y en segundo lugar se encuentra la barrera de seguridad metálica. Respecto a las distancias, se observa que la mayoría de objetos se ubican en la franja entre uno y cinco metros a partir de la orilla. Se observa también que los objetos con mayor presencia en la franja a menos de un metro de la orilla son estructuras rígidas, mientras que, en el espacio entre uno y cinco metros son las barreras de seguridad de metal, y a distancias de cinco metros o mayores, se encuentran, en la mayoría de las secciones, postes y árboles cuyo diámetro excede los 10 cm.

A continuación, en las tablas 2.4 y 2.5 se presentan los resultados correspondientes a la severidad lateral del lado del copiloto del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP – México, fase III, para los sentidos 1 y 2, respectivamente.

Tabla 2.4 Severidad lateral del lado del copiloto del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase III, sentido 1

Severidad lateral-distancia al objeto-lado del copiloto	Severidad lateral-distancia al objeto-lado del copiloto (km)				
	0 a <1 m	1 a <5 m	5 a <10 m	>=10 m	Total
Precipicio	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Árbol >=10 cm	0 (0%)	0.2 (0.4%)	0 (0%)	0 (0%)	0.2 (0.4%)
Poste no abatible >= 10 cm diámetro	0 (0%)	1.7 (3.7%)	0.6 (1.3%)	0 (0%)	2.3 (5%)
Terminal de barrera sin protección	0.9 (1.9%)	2.9 (6.3%)	0 (0%)	0 (0%)	3.8 (8.2%)
Cara vertical peligrosa	0.9 (1.9%)	11 (23.7%)	0 (0%)	0 (0%)	11.9 (25.6%)
Talud de corte - (15° a 75°)	0.2 (0.4%)	1.6 (3.4%)	0.2 (0.4%)	0 (0%)	2 (4.3%)
Cuneta profunda	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Terraplén	0.2 (0.4%)	2.6 (5.6%)	0.4 (0.9%)	0 (0%)	3.2 (6.9%)
Rocas grandes >= 20 cm alto	0 (0%)	0.1 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)	0.1 (0.2%)
Estructura rígida/apoyo de puente/edificación	0.6 (1.3%)	1 (2.2%)	0.1 (0.2%)	0 (0%)	1.7 (3.7%)
Estructura o edificación semirrígidos	0.9 (1.9%)	8.1 (17.5%)	0.8 (1.7%)	0 (0%)	9.8 (21.1%)
Barrera de seguridad-concreto	0.1 (0.2%)	1.1 (2.4%)	0 (0%)	0 (0%)	1.2 (2.6%)
Barrera de seguridad-metal	3 (6.5%)	6.8 (14.7%)	0.1 (0.2%)	0 (0%)	9.9 (21.3%)
Talud de corte - (>= 75°) sin pendiente para circular	0 (0%)	0 (0%)	0.3 (0.6%)	0 (0%)	0.3 (0.6%)
Total	6.8 (14.7%)	37.1 (80%)	2.5 (5.4%)	0 (0%)	46.4 (100%)

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

En la tabla 2.4 se observa que, para la fase III en el sentido 1 del libramiento de Querétaro, los objetos más reportados son las caras verticales peligrosas y las barreras de seguridad metálicas; también se tiene presencia de estructuras rígidas en más del 20% de la longitud evaluada. Respecto a la distancia de los objetos de la orilla de la vía, se observa que el 80% de la longitud del libramiento en este sentido presenta objetos en la franja entre uno y cinco metros medidos a partir de la orilla.

Tabla 2.5 Severidad lateral del lado del copiloto del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase III, sentido 2

Severidad lateral-distancia al objeto-lado del copiloto	Severidad lateral-distancia al objeto-lado del copiloto (km)				
	0 a <1 m	1 a <5 m	5 a <10 m	>=10 m	Total
Precipicio	0 (0%)	0.2 (0.4%)	0 (0%)	0 (0%)	0.2 (0.4%)
Árbol>=10 cm	0 (0%)	0.8 (1.8%)	0.1 (0.2%)	0 (0%)	0.9 (2%)
Poste no abatible >= 10 cm diámetro	0 (0%)	6.1 (13.3%)	1.1 (2.4%)	0 (0%)	7.2 (15.8%)
Terminal de barrera sin protección	0.1 (0.2%)	2.5 (5.5%)	0 (0%)	0 (0%)	2.6 (5.7%)
Cara vertical peligrosa	0 (0%)	6.8 (14.9%)	0 (0%)	0 (0%)	6.8 (14.9%)
Talud de corte - (15° a 75°)	0.1 (0.2%)	5.1 (11.2%)	0.5 (1.1%)	0 (0%)	5.7 (12.5%)
Cuneta profunda	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Terraplén	0.1 (0.2%)	1.2 (2.6%)	0 (0%)	0 (0%)	1.3 (2.8%)
Rocas grandes >= 20 cm alto	0.1 (0.2%)	0.2 (0.4%)	0 (0%)	0 (0%)	0.3 (0.7%)
Estructura rígida/apoyo de puente/edificación	0.5 (1.1%)	2 (4.4%)	0 (0%)	0 (0%)	2.5 (5.5%)
Estructura o edificación semirrígidos	0.2 (0.4%)	8 (17.5%)	0.7 (1.5%)	0 (0%)	8.9 (19.5%)
Barrera de seguridad-concreto	0.2 (0.4%)	1.1 (2.4%)	0 (0%)	0 (0%)	1.3 (2.8%)
Barrera de seguridad-metal	0 (0%)	4.9 (10.7%)	0 (0%)	0 (0%)	4.9 (10.7%)
Talud de corte - (>= 75°) sin pendiente para circular	0 (0%)	3.1 (6.8%)	0 (0%)	0 (0%)	3.1 (6.8%)
Total	1.3 (2.8%)	42 (91.9%)	2.4 (5.3%)	0 (0%)	45.7 (100%)

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

En la tabla 2.5 se observa que, para la fase III en el sentido 2 del libramiento de Querétaro, los objetos con mayor presencia son los postes no abatibles con diámetros de más de 10 cm y las estructuras rígidas. Respecto a la distancia de los objetos, se observa que, en más del 90% de la longitud, los objetos se localizan en la franja entre uno y cinco metros de la orilla.

2.2.2 Señalamiento

Este atributo registra las características de la vía que informan a los conductores sobre las condiciones de la vía, proporcionando la información necesaria para que circulen dentro de su carril; sirven también para alertarlos respecto a las condiciones de la vía en los tramos subsecuentes, así como de cualquier cambio repentino en las condiciones de la vía.

Este atributo hace referencia a la combinación de los siguientes factores:

- Líneas de separación de sentidos (señales horizontales del tipo M-1 y M-2).
- Demarcaciones del borde-acotamiento (señales horizontales del tipo M-3).
- Postes indicadores de obstáculos, de alineamiento y de curvas peligrosas (señales verticales del tipo OD-5, OD-6 y OD-12).
- Señalización preventiva (señales verticales preventivas tipo SP).

En la revisión hecha a este atributo, se califica la calidad del señalamiento como deficiente o adecuado, evaluando su condición general y si cumple con su función específica de orientar y alertar a los usuarios de las condiciones de la vía. De acuerdo con iRAP, las definiciones para calificar este atributo son:

- Deficiente: las señales de peligros o demarcaciones centrales o laterales están ausentes o se encuentran en malas condiciones durante segmentos largos.
- Adecuada: las señales de advertencia de peligros severos y las demarcaciones centrales y laterales, por lo general, están presentes y son visibles.

Al igual que en el caso de la severidad lateral, este atributo se asocia con longitudes, es decir, en las tablas 2.6 y 2.7 se presentan las longitudes de los tramos cuyo señalamiento es deficiente o adecuado —de acuerdo con la definición anterior—, y los resultados se resumen por sentido de circulación y fase.

Tabla 2.6 Calidad del señalamiento del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase I

Sentido	Calidad del señalamiento (km)	
	Deficiente	Adecuado
1	0.8 (1.7%)	45.6 (98.3%)
2	0.0 (0.0%)	45.7 (100.0%)
Total	0.8 (0.9%)	91.3 (99.1%)

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

En la tabla 2.6 se observa que, para la fase I, el sentido 1 del libramiento de Querétaro presenta un señalamiento deficiente solamente en el 1.7% de la longitud evaluada, mientras que el sentido 2 reporta señalamiento adecuado en toda la longitud evaluada.

Tabla 2.7 Calidad del señalamiento del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase III

Sentido	Calidad del señalamiento (km)	
	Deficiente	Adecuado
1	1.4 (3.0%)	45.0 (97.0%)
2	1.1 (2.4%)	44.6 (97.6%)
Total	2.5 (2.7%)	89.6 (97.3%)

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

En la tabla 2.7 se presentan los resultados de la evaluación hecha durante la fase III, observándose que ambos sentidos presentan señalamiento deficiente en un

pequeño porcentaje de la longitud evaluada (3.0% para el sentido 1 y 2.4% para el sentido 2).

2.2.3 Condición de la vía

Este atributo registra la capacidad del camino para proveer resistencia al deslizamiento y una superficie uniforme que no afecte de manera adversa la trayectoria del vehículo, caracterizado como “deficiente”, “regular” y “buena”.

Los rasgos de una condición de la superficie “deficiente” o “regular” incluyen aquellos aspectos que podrían causar una pérdida de control del vehículo o provocar el cambio forzado de su trayectoria, tales como:

- Deformaciones: cualquier forma de “ahuellamiento” o desnivel que pudiera ocasionar inseguridad o incomodidad al conducir un vehículo.
- Baches: cualquier hueco suficientemente ancho o profundo que pueda hacer que el vehículo tenga una fuerte sacudida.
- Defectos en los bordes: cualquier problema en el pavimento del acotamiento que se extienda al carril de circulación.
- Deficiencias en la superficie de rodamiento: incluye problemas como grava suelta, removida o dispereja que pudiera reducir la tracción de los vehículos en condiciones secas o mojadas.

Tabla 2.8 Condición de la vía del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase I

Sentido	Condición de la vía (km)		
	Deficiente	Regular	Buena
1	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	46.4 (100.0%)
2	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	45.7 (100.0%)
Total	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	92.1 (100.0%)

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

Tabla 2.9 Condición de la vía del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase III

Sentido	Condición de la vía (km)		
	Deficiente	Regular	Buena
1	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	46.4 (100.0%)
2	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	45.7 (100.0%)
Total	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	92.1 (100.0%)

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

En las tablas 2.8 y 2.9, se puede observar que el resultado de la codificación en el atributo “Condición de la vía” es buena a lo largo de toda la longitud de la carretera, en ambos sentidos y en ambas fases.

2.2.4 Calidad de las intersecciones

Este atributo representa la calidad del diseño de la intersección, señalamiento vertical preventivo y señalamiento horizontal, caracterizado como “adecuado” o “deficiente”.

Los factores que pueden contribuir a una calidad “deficiente” de una intersección son:

- Carriles de incorporación muy cortos.
- Ángulo de la vía que intersecta es lo suficientemente pequeño como para reducir la distancia de visibilidad.
- Falta de marcas y señalamiento vertical preventivo al llegar a la intersección lo cual hace que los conductores que se aproximan no puedan ver claramente la intersección (es decir, la distancia de visibilidad al acceso es limitada).

Una intersección con calidad “adecuada” cuenta con un señalamiento horizontal y vertical necesario para que los conductores que se aproximan interpreten la operación segura de la intersección teniendo adicionalmente buena visibilidad.

Tabla 2.10 Calidad de las intersecciones del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase I

Sentido	Calidad de la intersección (km)	
	Deficiente	Adecuada
1	3.2 (6.9%)	2.7 (5.8%)
2	3.5 (7.7%)	2.6 (5.7%)
Total	6.7 (7.3%)	5.3 (5.8%)

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

En la tabla 2.10 se observa que, para la fase I, el sentido 1 del libramiento de Querétaro presenta una calidad de las intersecciones deficiente en el 6.9% de la longitud evaluada y 5.8% de calidad adecuada, mientras que el sentido 2 reporta una calidad de las intersecciones deficiente en el 7.7% de la longitud evaluada y 5.7% de calidad adecuada.

Tabla 2.11 Calidad de las intersecciones del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase III

Sentido	Calidad de la intersección (km)	
	Deficiente	Adecuado
1	0.5 (1.1%)	3.1 (6.7%)
2	0.7 (1.5%)	3.9 (8.5%)
Total	1.2 (1.3%)	7.0 (7.6%)

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

En la tabla 2.11 se observa que, para la fase III, el sentido 1 del libramiento de Querétaro presenta una calidad de las intersecciones deficiente en el 1.1% de la longitud evaluada y 6.7% de calidad adecuada, mientras que el sentido 2 reporta una calidad de las intersecciones deficiente en el 1.5% de la longitud evaluada y 8.5% de calidad adecuada.

2.2.5 Acceso a propiedades

Este atributo indica el número de número de accesos a propiedades donde los vehículos pueden entrar o salir de la vía. Esto incluye accesos comerciales, residenciales y vías menores.

Se registran como:

- Uno o más accesos comerciales.
- Tres o más accesos residenciales.
- Uno o dos accesos residenciales.

Cada registro significa la cantidad de accesos a propiedades en cada 100 metros de distancia de la vía.

El acceso a propiedades se refiere al control de acceso de la vía, que indica el nivel de restricción establecido por la autoridad al ingreso a una carretera determinada, factor que influye de manera importante en la seguridad de una carretera.

Tabla 2.12 Puntos de acceso a propiedades del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase I

Sentido	Puntos de acceso a propiedades (km)		
	Uno o más accesos comerciales	Tres o más accesos residenciales	Uno o dos accesos residenciales
1	2.6 (5.6%)	0.4 (0.9%)	0.7 (1.5%)
2	3.2 (7.0%)	0.6 (1.3%)	0.4 (0.9%)
Total	5.8 (6.3%)	1.0 (1.1%)	1.1 (1.2%)

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

En la tabla 2.12 se observa que, para la fase I del libramiento de Querétaro, se presentan, en ambos sentidos, uno o más accesos comerciales en el 6.3% de la longitud evaluada, 1.1% de tres o más accesos residenciales y 1.2% de uno o dos accesos residenciales. En esta fase se presentaron más accesos comerciales que residenciales.

Tabla 2.13 Puntos de acceso a propiedades del libramiento Surponiente de Querétaro para el proyecto iRAP-México, fase III

Sentido	Puntos de acceso a propiedades (km)		
	Uno o más accesos comerciales	Tres o más accesos residenciales	Uno o dos accesos residenciales
1	2.8 (6.0%)	0.0 (0.0%)	0.3 (0.6%)
2	3.3 (7.2%)	0.1 (0.2%)	1.2 (2.6%)
Total	6.1 (6.6%)	0.1 (0.1%)	1.5 (1.6%)

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

En la tabla 2.13 se observa que, para la fase III del libramiento de Querétaro, se presentan, en ambos sentidos, uno o más accesos comerciales en el 6.3% de la longitud evaluada, 1.1% de tres o más accesos residenciales y 1.2% de uno o dos accesos residenciales. En esta fase también se presentaron más accesos comerciales que residenciales.

2.3 Datos de respaldo

2.3.1 Velocidad

La velocidad es de principal importancia para realizar cualquier tipo de estudio de tránsito, considerando que todos los conceptos fundamentales de los mismos están íntimamente ligados y relacionados con ella.

Para muchos estudios de este tipo, interesa utilizar una velocidad que sea sobrepasada por un cierto número de vehículos. En este caso, la velocidad correspondiente al percentil 85 es aquella que solamente es sobrepasada por un 15% de vehículos; suele ser alrededor de un 20% superior a la velocidad media.

En la Tabla 2.14 se presentan las velocidades de operación o en el percentil 85 de las fases I y III. Para el sentido 1 de la fase I, las velocidades van de los 70 a los 90 km/h dependiendo del tramo de la vía, comparadas con la fase III, donde la velocidad aumenta hasta 110 km/h en los tramos donde se habían reportado 90 km/h. Para el sentido 2 también se tiene un aumento de la velocidad similar al sentido 1.

Tabla 2.14 Velocidad de operación (percentil 85), fases I y III

Fase I				Fase III			
Velocidad percentil 85 (km/h)				Velocidad percentil 85 (km/h)			
Tramo	Sentido 1	Tramo	Sentido 2	Tramo	Sentido 1	Tramo	Sentido 2
0+000-11+300	90	0+000-11+300	90	0+000-9+200	100	0+000-9+200	110
11+400-11+600	70	11+400-11+600	70	9+300-14+900	110	9+300-14+900	90
11+700-19+400	90	11+700-19+400	90	15+000-46+300	75	15+000-45+600	70
19+500-19+700	70	19+500-19+700	70				
19+800-45+300	90	19+800-45+200	90				
45+400-46+300	60	45+300-45+600	60				

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

2.3.2 Tránsito

El volumen vehicular, el cual muestra la actividad de los vehículos en la carretera, se define como el número de vehículos que pasan por un lugar específico en una medida de tiempo. La forma de obtener dicha variable es por medio de conteos o aforos, ya sean manuales o automáticos (Cal y Mayor, 2007). El tránsito diario promedio anual (TDPA) es una medida de volumen vehicular que representa el número promedio diario de vehículos que pasan por determinado lugar para un año de estudio.

La DGST, a través del producto *Datos Viales*, publica la información que permite estudiar o evaluar la calidad del flujo vehicular de la Red Carretera Federal (RCF), en términos de TDPA. Dicha información se muestra para ambos sentidos de cada corredor de manera anual. Con el objetivo de contabilizar el número de vehículos, la DGST instala estaciones de aforo con clasificación vehicular distribuidas en toda la RCF. En lo que se refiere a la clasificación vehicular, la dependencia considera el aforo para los vehículos más representativos del tránsito interurbano, esto es, sólo se incluyen los vehículos que tienen mayor operación en la RCF. Para este caso, se tomaron datos viales del corredor México – Querétaro para el año 2012 y 2015 con el propósito de compararlos con el TDPA obtenido de los datos iRAP.

En la En la tabla 2.15 se puede observar que los datos de iRAP, comparados con los datos viales de la DGST, son diferentes en la fase I, ya que iRAP considera el mismo valor de TDPA para todo el segmento carretero: uno para el sentido 1 y otro para el sentido 2. La DGST, en cambio, presenta un TDPA para cada tramo, contrario a la fase III, donde iRAP sí consideró diferentes TDPA para cada tramo con una pequeña variación con respecto al TDPA de los datos viales.

Se puede notar que, en los datos viales de la DGST, en casi todos los tramos evaluados, hubo aumentos en el TDPA entre la fase I y la III.

Tabla 2.15 se muestra el TDPA por tramo y sentido de las fases I y III, observándose el comportamiento del flujo vehicular para el libramiento Surponiente de Querétaro en cada uno de los sentidos de circulación. En la primera y segunda columna se presentan el tramo y los kilómetros donde se encuentra respectivamente; la tercera columna muestra el sentido de la vía; en la cuarta y sexta columnas, se encuentra el valor del TDPA para cada tramo, en cada fase, obtenido de los datos de iRAP; en las columnas 5 y 7 se encuentra el TDPA para cada tramo, en cada fase, registrado en los datos viales. Lo anterior tiene como objetivo comparar el comportamiento vehicular del tramo carretero en estudio para realizar un análisis de la evolución del flujo vehicular de la fase I a la III.

En la tabla 2.15 se puede observar que los datos de iRAP, comparados con los datos viales de la DGST, son diferentes en la fase I, ya que iRAP considera el mismo valor de TDPA para todo el segmento carretero: uno para el sentido 1 y otro para el sentido 2. La DGST, en cambio, presenta un TDPA para cada tramo, contrario a la fase III, donde iRAP sí consideró diferentes TDPA para cada tramo con una pequeña variación con respecto al TDPA de los datos viales.

Se puede notar que, en los datos viales de la DGST, en casi todos los tramos evaluados, hubo aumentos en el TDPA entre la fase I y la III.

Tabla 2.15 Tránsito del libramiento Surponiente de Querétaro por tramo, fases I y III

Tramo-TDPA	km	Sentido	Fase I (2012)		Fase III (2015)	
			iRAP	DGST	iRAP	DGST
T.C. México-Querétaro	0+000	1	18,558.50	16,599.00	14,196.00	15,604.00
		2	18,110.50	16,642.00	14,208.00	16,483.00
X.C. Querétaro-Entronque San Martín	4+000	1	18,558.50	16,509.00	14,196.00	19,426.00
		2	18,110.50	15,194.00	14,208.00	18,472.00
T. Der. Candiles	7+400	1	18,558.50	15,621.00	14,196.00	19,740.00
		2	18,110.50	14,541.00	14,208.00	18,470.00
T. Izq. Santa Bárbara (1.º acceso)	8+200	1	18,558.50	7,835.00	14,196.00	10,861.00
		2	18,110.50	6,947.00	14,208.00	9,921.00
T. Izq. Santa Bárbara (2.º acceso)	10+500	1	18,558.50	8,807.00	3,765.00	10,396.00
		2	18,110.50	7,689.00	3,814.00	10,210.00
T. Izq a La Negreta	13+400	1	18,558.50	7,743.00	3,765.00	8,891.00
		2	18,110.50	8,091.00	3,814.00	8,693.00
T.C. Villa del Pueblito-Huimilpan	14+390	1	18,558.50	3,957.00	3,765.00	5,790.00
		2	18,110.50	4,451.00	3,814.00	7,655.00
Querétaro-Irapuato	18+300	1	18,558.50	2,457.00	8,356.00	4,076.00
		2	18,110.50	2,627.00	8,303.00	3,852.00
T. C. Querétaro-Irapuato (cuota)	21+900	1	18,558.50	8,698.00	8,356.00	11,633.00
		2	18,110.50	8,498.00	8,303.00	11,015.00
T. Der. Las Adjuntas	24+300	1	18,558.50	6,476.00	8,356.00	11,306.00
		2	18,110.50	6,650.00	8,303.00	11,053.00
T. Der. a Tlacote el Bajo	31+000	1	18,558.50	4,747.00	8,356.00	6,420.00
		2	18,110.50	4,656.00	8,303.00	6,458.00
Obrajuelos (El Zapote)	33+000	1	18,558.50	3,869.00	8,356.00	4,657.00
		2	18,110.50	3,778.00	8,303.00	4,704.00
Santo Niño de Praga	34+500	1	18,558.50	4,332.00	8,356.00	5,178.00
		2	18,110.50	4,257.00	8,303.00	5,242.00
X.C. Juriquilla-Mompaní	37+300	1	18,558.50	2,996.00	8,356.00	3,950.00
		2	18,110.50	2,994.00	8,303.00	4,046.00
T. Der. a El Nabo	39+600	1	18,558.50	3,195.00	8,356.00	4,352.00

Seguimiento del desempeño de la clasificación por estrellas iRAP: libramiento Surponiente de Querétaro

		2	18,110.50	2,853.00	8,303.00	4,194.00
Pie de Gallo	47+400	1		4,182.00		5,250.00
		2		3,917.00		5,364.00

Fuente: Elaboración propia con información de *Datos Viales*, 2012 y 2015 (DGST).

2.3.3 Accidentalidad

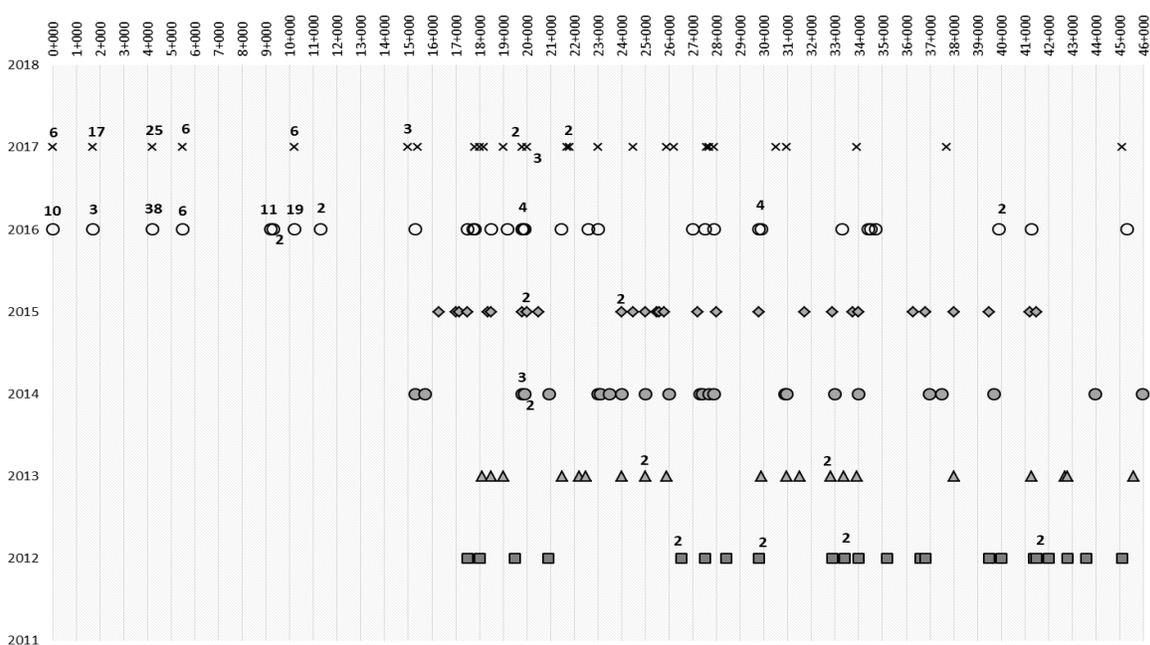
En el año 2017, en la Red Carretera Federal (RCF), se registró un total de 11,883 percances que dejaron un saldo de 2,921 personas fallecidas y 8,910 lesionadas, con daños materiales que ascienden a 1,062.1 millones de pesos (Cuevas, 2017). Bajo este panorama se analizó la siniestralidad del libramiento Surponiente de Querétaro, el cual se encuentra incluido en los resultados del proyecto iRAP – México, fases I y III, realizadas en 2012 y 2015, respectivamente; además se comparará si se presentaron cambios significativos entre cada fase.

Con base en registros del kilómetro 1 al 46, en el sentido Querétaro – San Luis Potosí, para llevar a cabo este análisis se utilizaron datos de los accidentes de carreteras federales del kilómetro 15 al 46 del año 2012 al 2017 y de los años 2016 y 2017 del kilómetro 1 al 15, correspondientes a los accidentes en zonas urbanas.

En la Figura 2.3 se presenta la evolución de los accidentes desde el año 2012 hasta 2017, el número de accidentes por año se mantuvo prácticamente constante del kilómetro 15 al 46; sin embargo, en 2016 y 2017 se observa una elevada concentración de accidentes en la zona urbana, sobre todo en los puntos más importantes de esta carretera, es decir, en el km 1+700 (donde se encuentra el acceso a la vía principal que lleva al centro de la ciudad, la calle Pasteur), y en el km 4+200 (donde se encuentra el acceso a una zona habitacional importante, incluidos la colonia Candiles y el fraccionamiento Misión Mariana). En esos dos puntos se concentran varios accidentes, como se puede observar en la misma figura.

Las principales causas de accidentes entre 2012 y 2014 (fase I) fueron la salida del camino y el choque contra objeto fijo, mientras que en 2014 y 2017 (fase III) fue solamente el choque contra objeto fijo. Dentro de la zona urbana, las principales causas de accidentes fueron el exceso de velocidad y el choque por alcance.

De acuerdo con la información consultada, el mayor porcentaje de accidentes analizados se localizan en la zona urbana, siendo alrededor del 70% de los accidentes analizados en 2016 y 2017. Es precisamente en este sitio donde se encuentran puntos importantes como los accesos a la ciudad, así como zonas habitacionales y comerciales, lo que genera una mayor cantidad de flujo vehicular, además de que el libramiento Surponiente de Querétaro es una carretera con una de las rutas nacionales más importantes, ya que por dicha vía circula el transporte de carga que se dirige hacia Guanajuato, San Luis Potosí o estados de la frontera norte del país.



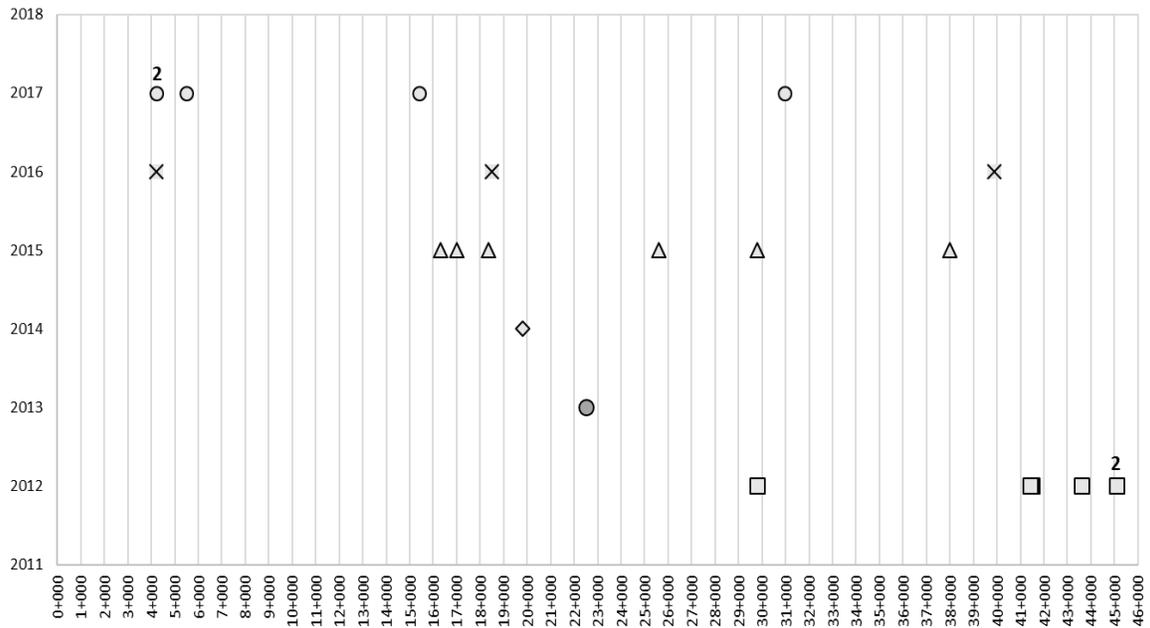
Fuente: Elaboración propia con información del *Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales*, 2012 a 2017, (Cuevas).

Figura 2.3 Evolución de los accidentes por kilómetro entre 2012 y 2017

En la Figura 2.4 se puede observar el total de muertes por kilómetro correspondiente a fallecimientos en el sitio del percance de los accidentes analizados anteriormente; por tanto, no se consideran las muertes que ocurrieron dentro de los 30 días siguientes al evento, como se hace en los países más avanzados en esta materia, ya que en México no se da seguimiento a los lesionados.

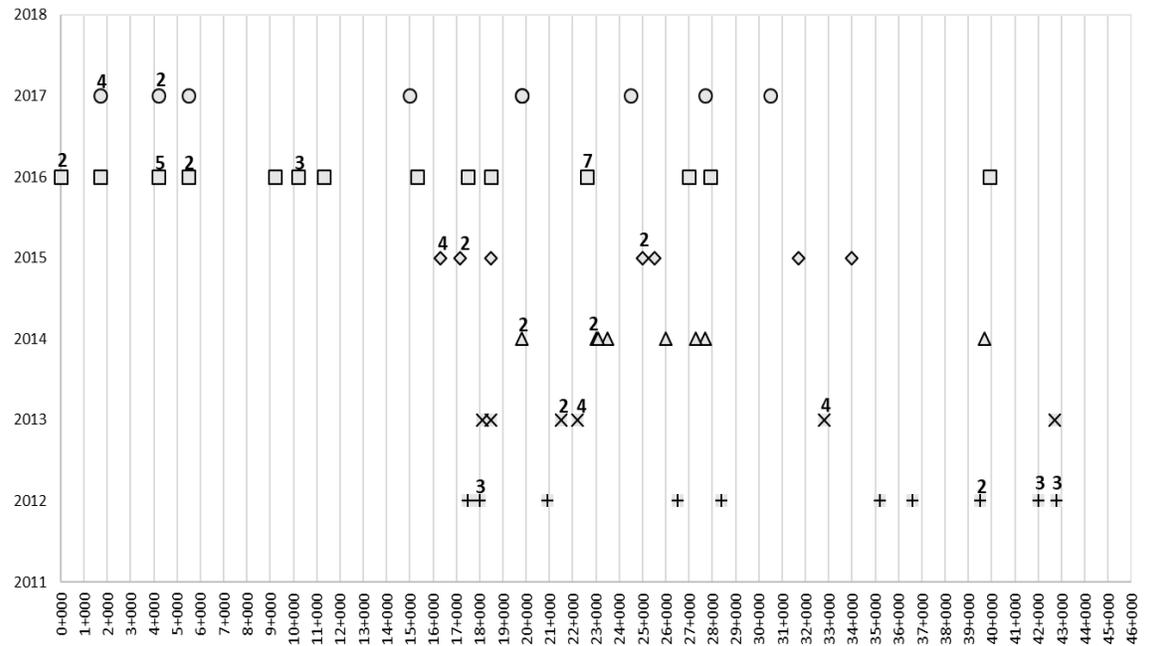
Como se aprecia en la figura 2.4, en 2012 a partir del kilómetro 40+000 se observan accidentes con fallecidos; esto puede deberse a que en ese sitio se encuentra una localidad y las causas de los accidentes ocurridos ahí fueron choques contra objeto fijo y choque lateral. Cabe mencionar que, aunque en los siguientes años se presentaron accidentes en esa zona, solo se tiene registro de una persona fallecida en el año 2016. También podemos notar que en la zona urbana (del kilómetro 1 al 15) se presenta una cantidad menor de muertes comparada con la cantidad de lesionados, que más adelante se aprecia en la Figura 2.5.

Finalmente, en la figura 2.5 se presenta el número de lesionados por kilómetro, en donde se puede ver que en la zona urbana (del kilómetro 1 al 15) el número de lesionados es elevado. Así mismo, en 2012 en el sitio del km 40+000 al 45+000 se presentó un número significativo de lesionados; sin embargo, también se nota una reducción importante a partir de 2015.



Fuente: Elaboración propia con información del *Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales, 2012 a 2017*, (Cuevas).

Figura 2.4 Número de muertes por kilómetro



Fuente: Elaboración propia con información del *Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales, 2012 a 2017*, (Cuevas).

Figura 2.5 Número de lesionados por kilómetro

De acuerdo con las tres figuras anteriores, se puede notar que a lo largo del trayecto se presentan puntos negros; tal es el caso del kilómetro 15+000 en el año 2015 donde se presentan víctimas en los accidentes ocurridos en ese lugar. Por otra parte, también se consideran sitios peligrosos de este tramo, zonas donde se presentan localidades y accesos, lo que lo hace un lugar importante, ya que conviven todo tipo de usuarios, peatones, ciclistas, motociclistas, camiones de carga y automóviles.

3 Análisis comparativo

3.1 Severidad lateral

En los resultados obtenidos para cada sentido de circulación, se observa que los objetos más comunes encontrados en las zonas laterales para ambos sentidos de circulación son los postes no abatibles y las barreras de seguridad metálicas. Respecto a la distancia, se observa también que en ambos sentidos la mayor cantidad de objetos se localizan a una distancia de entre uno y cinco metros de la orilla de la calzada. Una de las diferencias más notorias entre sentidos de circulación es que para el sentido 2 es menor la distancia con presencia de barreras de seguridad metálicas a menos de un metro de la orilla de la calzada, respecto a lo reportado en el sentido 1; sin embargo, en ambos sentidos hay una presencia importante de estructuras rígidas muy cercanas a la vía. En ambos sentidos de circulación se localizaron objetos que representan mayor riesgo a los usuarios de automóviles, tales como terminales de barrera sin protección y zonas de precipicio desprotegidas, entre otros.

De las evaluaciones hechas en las fases I y III, se observa un incremento en la presencia de objetos en la franja entre uno y cinco metros de distancia a la orilla de la vía, pasando de reportar en la fase I alrededor del 70% de longitud con presencia de objetos a estas distancias a alrededor del 90% de la longitud evaluada en la fase III.

Comparando las características de la zona lateral del sentido 1, para ambas fases evaluadas, se observa que en la fase III no se encontraron objetos a distancias mayores de 10 m, mientras que en la fase I se reportaron objetos a esta distancia en más del 13% de la longitud total; adicionalmente, se observa un cambio en el tipo de objeto con mayor presencia, ya que en la fase I se detectaron postes y árboles no abatibles con diámetros mayores de 10 cm en más del 30% de la longitud, mientras que dicha cifra se reduce a 13% en la fase III, aunque se incrementa la presencia de caras verticales peligrosas.

Al comparar la zona lateral del sentido 2 para las fases evaluadas, se observa una disminución en el porcentaje de longitud con presencia de postes y árboles no abatibles cuyo diámetro es mayor de los 10 cm, pasando de estar presentes en más del 30% durante la fase I, hasta cerca del 18% en la fase III. Por otra parte, se observa un incremento en la presencia de estructuras o edificaciones semirrígidas, pasando de reportarse en el 2% de la longitud en la fase I a casi 20% en la fase III. Al igual que para el sentido 1, en la fase III no se encontraron objetos a distancias mayores de los 10 metros a partir de la orilla.

Al analizar los cambios entre una fase y otra, se observa una disminución general de la presencia de los objetos considerados más peligrosos, como son los postes y árboles no abatibles, pero se detecta el incremento de objetos con mediana peligrosidad, tales como las estructuras rígidas o semirrígidas. Además, se observa que para la fase I hay tramos carreteros que no reportan presencia de objetos en una franja de 20 m a la orilla de la vía, representando dichos tramos el 3.4% de la longitud evaluada en el sentido 1 y el 1.8% de la longitud evaluada en el sentido 2, situación que cambia para la fase III al reportarse presencia de objetos en toda la longitud evaluada para ambos sentidos, siendo preocupante que dichos objetos se localicen en la franja comprendida entre cero y 10 m a partir de la orilla.

3.2 Señalamiento

Comparando los resultados obtenidos en la fase I con los de la fase III, se observa un deterioro importante en la calidad del señalamiento, ya que el porcentaje de longitud de tramos con señalamiento deficiente casi se duplicó para el sentido 1 y se incrementó de cero a 2.4% para el sentido 2. Esto nos indica que el señalamiento existente no cumple con su función principal de orientar y alertar a los usuarios de las condiciones de la vía, por lo que se puede considerar que las labores de conservación y mantenimiento de esta carretera resultan insuficientes para lograr que se encuentren en mejores condiciones.

3.3 Condición de la vía

A partir de la comparativa de los resultados de ambas inspecciones (fases I y III), se puede concluir que las condiciones de la superficie de rodamiento de la carretera se han mantenido aceptables a lo largo del tiempo en el que se realizaron las inspecciones.

3.4 Calidad de las intersecciones

Comparando los resultados obtenidos en la fase I con los de la III, se observa un mejoramiento en la calidad de las intersecciones, al pasar de 6.7% de la longitud total evaluada como deficiente a un 1.2%. Ambos sentidos de circulación presentaron un aumento importante de la calidad de las intersecciones, al pasar de 5.8 a 7% de la longitud evaluada, a lo largo del tiempo de ambas fases, considerando que se presentaron mejoras en la infraestructura en relación con la calidad del diseño de la intersección, señalamiento vertical preventivo y señalamiento horizontal.

3.5 Acceso a propiedades

El acceso a propiedades comerciales creció entre las fases I y III, debido al crecimiento de la actividad económica del lugar, lo cual influyó de manera importante en la seguridad de las carreteras de interés. En relación con el acceso a propiedades residenciales, se percibe también un mejor control, al presentarse una disminución en la longitud de tramos con tres o más accesos residenciales. Por los resultados se considera que no se está proporcionando la infraestructura adecuada a los accesos a comercios en constante crecimiento.

3.6 Datos de respaldo

3.6.1 Velocidad

Los datos recopilados por iRAP para las inspecciones de ambas fases presentan un aumento aproximado del 10% en la velocidad de operación en la gran mayoría de los tramos del libramiento de Querétaro. Este aumento podría considerarse que obedece al mejoramiento de la infraestructura, ya que, al presentar mejores condiciones, los conductores tienden a conducir más rápido; sin embargo, el límite máximo permitido en el libramiento de Querétaro es de 90 km/h, y en algunos tramos está restringido hasta 60 km/h, por lo que en casi todos los casos los conductores tienden a superar el límite de velocidad, que genera un aumento en la frecuencia y severidad de los accidentes.

No se reportó la implementación de alguna medida de mejora para controlar la velocidad.

3.6.2 Tránsito

De los datos analizados en la Tabla 2.15, se muestra que los datos proporcionados por iRAP no guardan coherencia ni son comparables con los obtenidos de los Datos Viales de la DGST, a partir de los cuales se pudo determinar que el TDPA promedio del libramiento Surponiente de Querétaro aumentó un 33% de la fase I a la fase III, comportamiento típico de este tipo de vialidades en México. Un aumento importante del TDPA promedio se presentó del kilómetro 14 al 24, con un aumento del 56%, en la zona surponiente de Querétaro, fuera de la zona urbana ubicada al sur. El aumento de TDPA está relacionado con el aumento en la accidentalidad.

3.6.3 Accidentalidad

En la fase I (2012-2014) se contabilizaron 75 accidentes, en los cuales se registraron ocho fallecidos en el lugar y 40 lesionados; en la fase III (2015-2017), se analizaron 238 accidentes, de los cuales resultaron 14 fallecidos y 53

lesionados. La mayor concentración de accidentes se encuentra en la zona urbana (del km 1 al 15) y las cifras muestran una tendencia en aumento de una fase a otra.

4 Seguimiento de la clasificación por estrellas

4.1 Puntaje de clasificación por estrellas

La clasificación por estrellas es una medida simple y objetiva del nivel de seguridad que proporciona el diseño de la vía; asimismo, este esquema implica una inspección de los atributos de la vía, que se sabe tienen un impacto en la probabilidad de ocurrencia de un accidente, así como en su severidad. La seguridad que brinda una carretera se clasifica en cinco niveles, los cuales van de una a cinco estrellas, en donde las vías de mayor riesgo se representan con una estrella, mientras que a aquellas con menor riesgo se asignan cinco estrellas; es decir, los caminos más seguros (de cuatro y cinco estrellas) cuentan con elementos de seguridad vial apropiados para la velocidad de operación del tránsito, mientras que en aquellos más inseguros (de una y dos estrellas), los elementos de seguridad de su infraestructura no son apropiados o son insuficientes para la velocidad de operación de la vía.

La clasificación por estrellas implica una inspección visual de 60 elementos de la infraestructura vial que se sabe tienen un impacto en la probabilidad de que ocurra una colisión y su nivel de severidad. A partir de esta evaluación se genera un puntaje de protección de la vía (PPV), el cual determina este indicador. La parte esencial del proceso radica en la codificación de los datos, durante la cual se catalogan todas las características físicas de la vía de acuerdo con su tipo. Dentro de estas características se encuentran:

- separación de los sentidos de circulación;
- sección transversal;
- diseño geométrico de la vía;
- intersecciones y enlaces;
- estado del pavimento;
- estado de las zonas laterales, y
- señalamiento horizontal y vertical.

El sistema otorga entre una y cinco estrellas, dependiendo del nivel de seguridad que posee una vía, al mismo tiempo que identifica cada nivel con un color específico, tal como lo indica la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Clasificación por estrellas iRAP

Clasificación por estrellas	Puntaje de protección de la vía (PPV)
5	0 a < 2.5
4	2.5 a < 5.0
3	5.0 a < 12.5
2	12.5 a < 22.5
1	> 22.5

Fuente: International Road Assessment Programme, 2014.

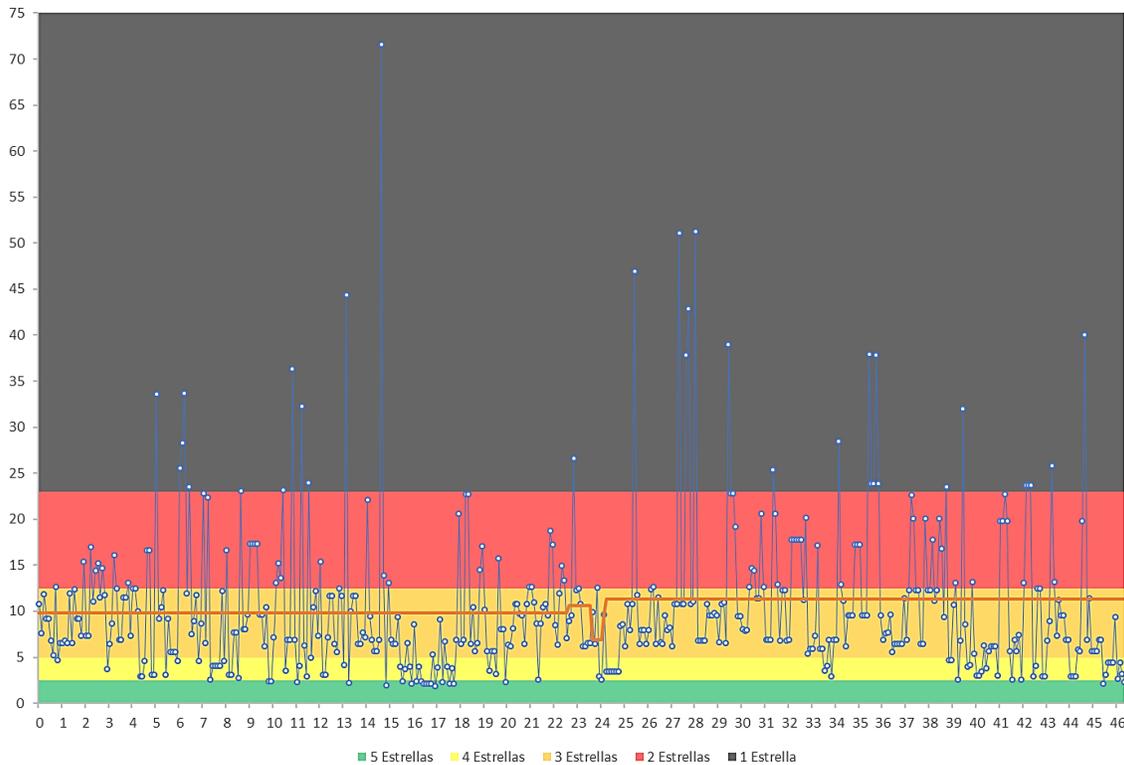
El PPV es calculado para cada segmento de 100 metros de la vía para los cuatro tipos de usuario (ocupantes de vehículos, motociclistas, ciclistas y peatones). Esos puntajes se superponen sobre las bandas de clasificación por estrellas para, de esta manera, determinar qué nivel de clasificación por estrellas corresponde a cada hectómetro de la vía.

No obstante lo anterior, para fines de visualización y generación de un mapa a nivel de red mostrando la clasificación por estrellas a un nivel de detalle por cada 100 metros, esta gráfica no resulta visualmente práctica, dado que no permite una comprensión general de los resultados para el tramo sometido a estudio. Por lo tanto, la clasificación por estrellas se somete a una “suavización” (promediada) sobre longitudes mayores, de forma tal de generar resultados más significativos.

En consecuencia, el efecto de la suavización permite a quien analiza un tramo comprender de manera más cabal el nivel general de seguridad de un tramo en particular.

4.1.1 En relación con el kilometraje

En la Figura 4.1, se muestra una gráfica en la cual se observa el PPV para ocupantes de vehículos sin suavizar o “en bruto” por kilómetro. La línea continua color naranja en la parte inferior muestra el PPV suavizado sobre el kilometraje del sentido 1 en la fase I. Las bandas de colores verde, amarillo, anaranjado, rojo y negro corresponden a la clasificación por estrellas. Cada segmento de 100 metros tiene su PPV y clasificación respectivos.



Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

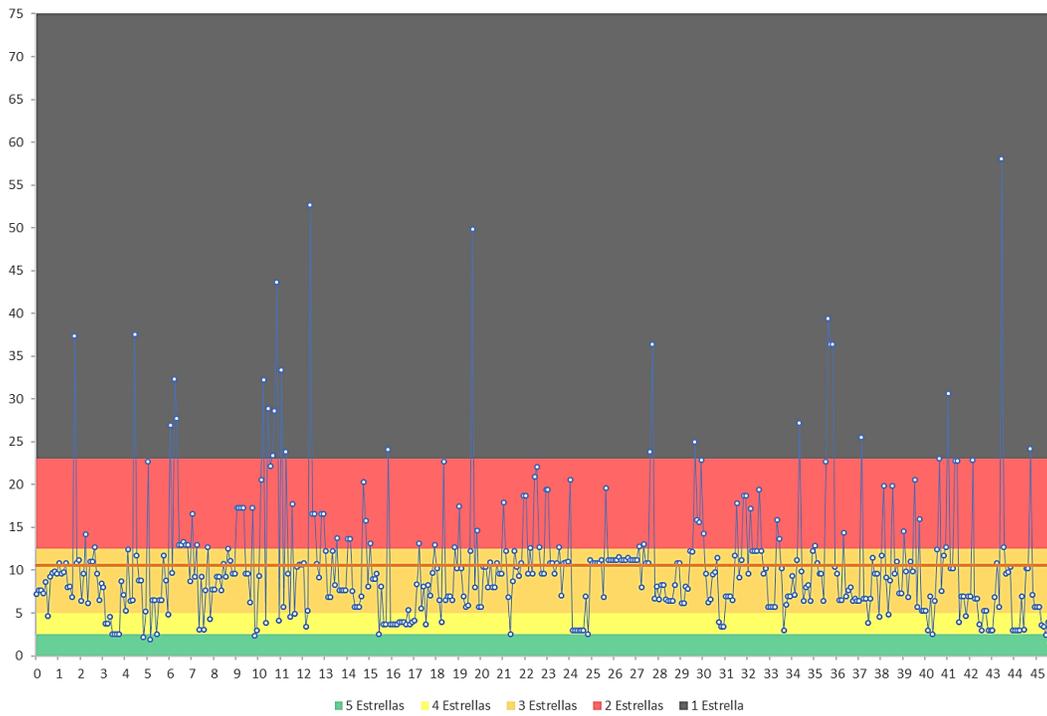
Figura 4.1 Puntaje de protección de la vía por kilómetro, fase I, sentido 1

En la figura 4.1, se puede observar que la línea suavizada (naranja) se encuentra ubicada sobre la banda de tres estrellas, lo que indica que la vialidad tiene niveles aceptables de seguridad; sin embargo, se observan varios puntos ubicados sobre la banda de una estrella, que indica que son sitios inseguros. En la figura se observa que estos sitios inseguros (de una estrella) se encuentran entre los kilómetros 5 a 15 y 26 a 45, notándose que los más peligrosos se encuentran ubicados en los kilómetros 13, 15, 26-29, 35-36 y 44-45.

La Figura 4.2 presenta la gráfica del PPV para ocupantes de vehículos en bruto por kilómetro y el PPV suavizado sobre el kilometraje del sentido 2 en la fase I.

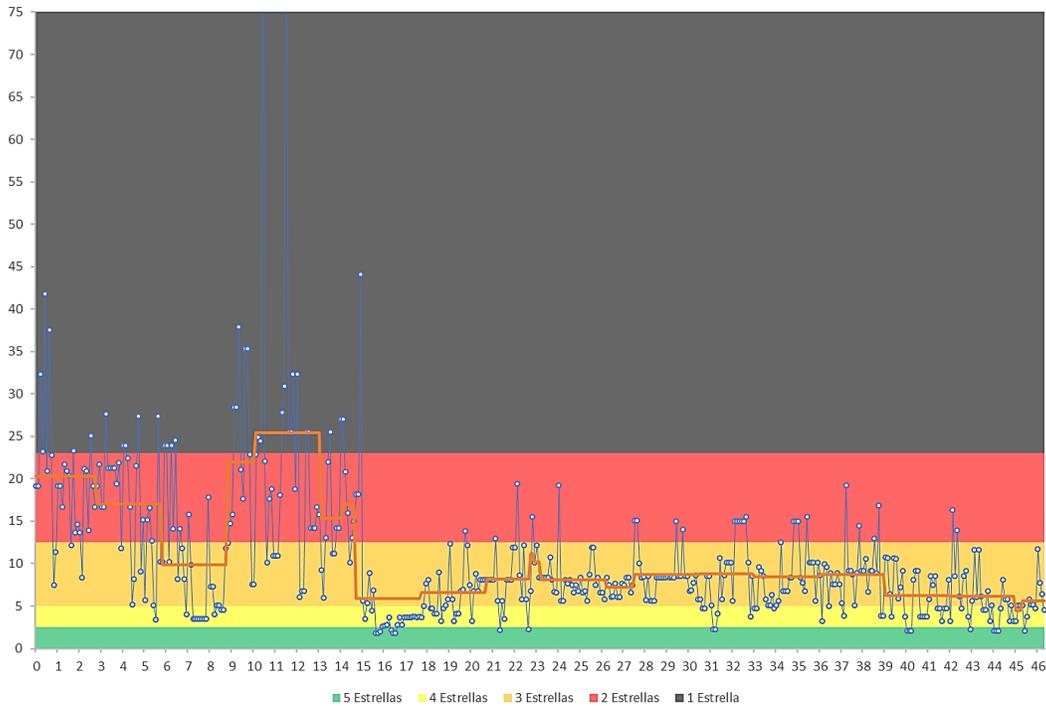
En la figura 4.2, se puede observar que la línea suavizada (naranja) se encuentra ubicada sobre la banda de tres estrellas, que indica que la vialidad tiene niveles aceptables de seguridad; sin embargo, se observan varios puntos ubicados sobre la banda de una estrella, lo que indica que son sitios inseguros. En la figura se observa que estos sitios inseguros (de una estrella) se encuentran entre los kilómetros 2 al 12, 19 al 20 y 27 al 44, notándose que los más peligrosos se encuentran ubicados en los kilómetros 1-2, 4-5, 11-12, 19-20, 27-28, 35-36 y 43-44.

La Figura 4.3 presenta la gráfica del PPV para ocupantes de vehículos en bruto por kilómetro y el PPV suavizado sobre el kilometraje del sentido 1 en la fase III.



Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

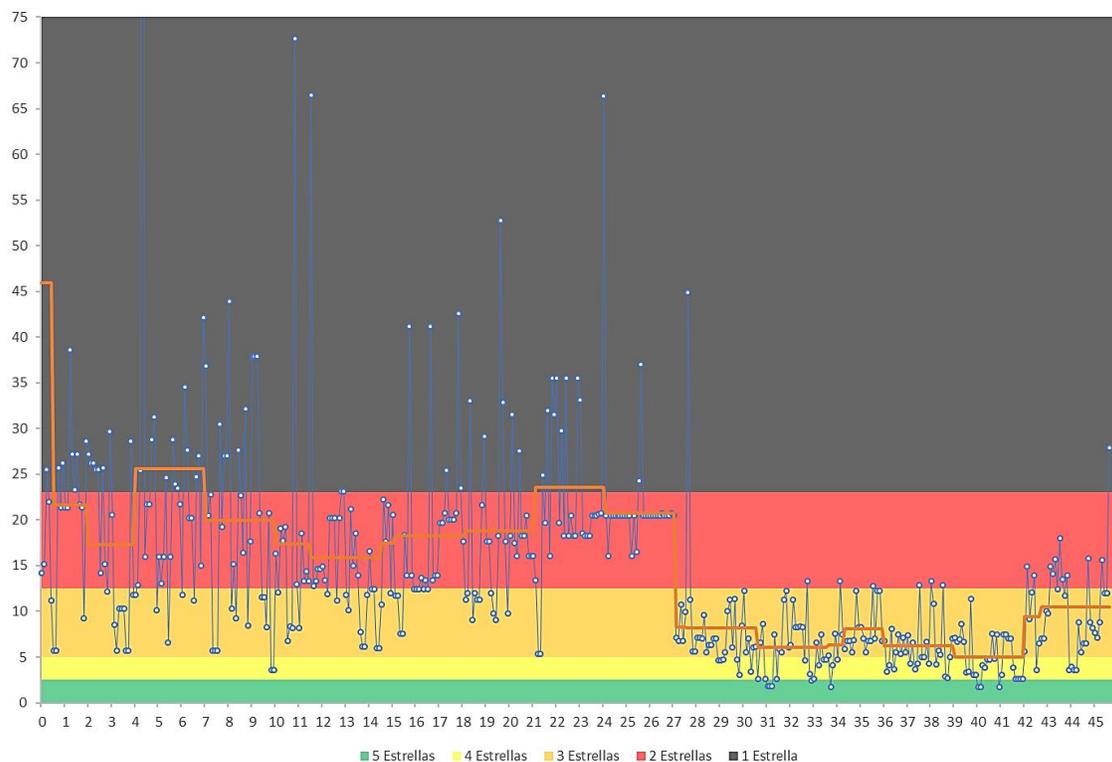
Figura 4.2 Puntaje de protección de la vía por kilómetro, fase I, sentido 2



Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

Figura 4.3 Puntaje de protección de la vía por kilómetro, fase III, sentido 1

En la figura 4.3, se puede observar que la línea suavizada (naranja) se encuentra ubicada sobre la banda de una estrella del kilómetro 10 al 13 y sobre la banda de dos estrellas del kilómetro 0 al 6, del 9 al 10 y del 13 al 15, que indican que la vialidad tiene niveles bajos de seguridad, y sobre la banda de tres estrellas del kilómetro 6 al 9 y del 15 al 46, que indica que la vialidad tiene niveles aceptables de seguridad; sin embargo, se observan varios puntos ubicados sobre la banda de una estrella, lo que indica que son sitios inseguros. En la figura, se observa que estos sitios inseguros (de una estrella) se encuentran entre los kilómetros 0 al 7 y 9 al 15, notándose que los más peligrosos se encuentran ubicados en los kilómetros 0-1, 10-12 y 15.



Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

Figura 4.4 Puntaje de protección de la vía por kilómetro, fase III, sentido 2

La figura 4.4 presenta la gráfica del PPV para ocupantes de vehículos en bruto por kilómetro y el PPV suavizado sobre el kilometraje del sentido 2 en la fase III.

En la figura 4.4, se puede observar que la línea suavizada (naranja) se encuentra ubicada sobre la banda de una estrella del kilómetro 0 al 1, del 4 al 7 y del 22 al 24 y sobre la banda de dos estrellas del kilómetro 1 al 4, del 7 al 22 y del 24 al 27, que indican que la vialidad tiene niveles bajos de seguridad, y sobre la banda de tres estrellas del kilómetro 27 al 46, lo que indica que la vialidad tiene niveles aceptables de seguridad; sin embargo, se observan varios puntos ubicados sobre la banda de una estrella, que indica que son sitios inseguros. En la figura, se observa que estos sitios inseguros (de una estrella) se encuentran entre los kilómetros 0 al 12 y 16 al 28, notándose que los más peligrosos se encuentran ubicados en los kilómetros 1-2, 4-5, 6-9, 11-12, 15-16, 18, 20, 24, 26 y 28.

4.1.2 En relación con la longitud

La clasificación por estrellas se puede representar por medio de una tabla en relación con su longitud y para los diferentes tipos de usuarios. A continuación, se presentan los resultados de las evaluaciones de iRAP en las fases I y III del

libramiento Surponiente de Querétaro en bruto y suavizados para los diferentes tipos de usuarios.

4.1.2.1 En bruto

La Tabla 4.2 muestra los resultados de la clasificación por estrellas del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 1 para la fase I. Los resultados corresponden a datos en bruto.

En la tabla 4.2 se muestra la clasificación por estrellas para los diferentes usuarios, en donde para los ocupantes de vehículos se puede observar que aproximadamente el 77% de la red evaluada posee una clasificación de más de tres estrellas y 23% tiene una clasificación menor de dos estrellas. De esta tabla se desprende que la mayor parte de la infraestructura analizada posee niveles de seguridad aceptables (mayores de tres estrellas) para los ocupantes de vehículos.

Tabla 4.2 Clasificación por estrellas, en bruto, fase I, sentido 1

Clasificación por estrellas	Ocupante de vehículo		Motocicletas		Peatones		Bicicletas	
	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje
5 estrellas	2.00	4.31%	0.00	0.00%	0.10	0.22%	0.00	0.00%
4 estrellas	7.30	15.73%	0.60	1.29%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
3 estrellas	26.40	56.90%	20.30	43.75%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
2 estrellas	6.70	14.44%	18.40	39.66%	0.20	0.43%	0.00	0.00%
1 estrella	4.00	8.62%	7.10	15.30%	0.20	0.43%	0.00	0.00%
No aplica	0.00	0.00%	0.00	0.00%	45.90	98.92%	46.40	100.00%
Totales	46.40	100.00%	46.40	100.00%	46.40	100.00%	46.40	100.00%

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

La Tabla 4.3 muestra los resultados de la clasificación por estrellas del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 2 para la fase I. Los resultados corresponden a datos en bruto.

En la tabla 4.3 se muestra la clasificación por estrellas para los diferentes usuarios, en donde para los ocupantes de vehículos se puede observar que, similar al sentido 1, aproximadamente el 78% de la red evaluada posee una clasificación de más de tres estrellas y 22% tiene una clasificación menor de dos estrellas. De esta tabla se desprende que la mayor parte de la infraestructura analizada posee niveles de seguridad aceptables (mayores de tres estrellas) para los ocupantes de vehículos.

Tabla 4.3 Clasificación por estrellas, en bruto, fase I, sentido 2

Clasificación por estrellas	Ocupante de vehículo		Motocicletas		Peatones		Bicicletas	
	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje
5 estrellas	0.50	1.09%	0.00	0.00%	0.10	0.22%	0.00	0.00%
4 estrellas	6.70	14.66%	0.10	0.22%	0.10	0.22%	0.00	0.00%
3 estrellas	28.40	62.14%	18.60	40.70%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
2 estrellas	6.70	14.66%	20.30	44.42%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
1 estrella	3.40	7.44%	6.70	14.66%	0.40	0.88%	0.00	0.00%
No aplica	0.00	0.00%	0.00	0.00%	45.10	98.69%	45.70	100.00%
Totales	45.70	100.00%	45.70	100.00%	45.70	100.00%	45.70	100.00%

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

La Tabla 4.4 muestra los resultados de la clasificación por estrellas del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 1 para la fase III. Los resultados corresponden a datos en bruto.

En la tabla 4.4 se muestra la clasificación por estrellas para los diferentes usuarios, en donde para los ocupantes de vehículos se puede observar que aproximadamente el 73% de la red evaluada posee una clasificación de más de tres estrellas y 27% tiene una clasificación menor de dos estrellas. De esta tabla se desprende que la mayor parte de la infraestructura analizada posee niveles de seguridad aceptables (mayores de tres estrellas) para los ocupantes de vehículos.

Tabla 4.4 Clasificación por estrellas, en bruto, fase III, sentido 1

Clasificación por estrellas	Ocupante de vehículo		Motocicletas		Peatones		Bicicletas	
	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje
5 estrellas	1.80	3.88%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
4 estrellas	7.70	16.59%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
3 estrellas	24.20	52.16%	22.40	48.28%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
2 estrellas	8.80	18.97%	11.10	23.92%	15.30	32.97%	0.00	0.00%
1 estrella	3.90	8.41%	3.60	7.76%	13.70	29.53%	0.00	0.00%
No aplica	0.00	0.00%	9.30	20.04%	17.40	37.50%	46.40	100.00%
Totales	46.40	100.00%	46.40	100.00%	46.40	100.00%	46.40	100.00%

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

La Tabla 4.5 muestra los resultados de la clasificación por estrellas del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 2 para la fase III. Los resultados corresponden a datos en bruto.

En la tabla 4.5 se muestra la clasificación por estrellas para los diferentes usuarios, en donde para los ocupantes de vehículos se puede observar que aproximadamente el 52% de la red evaluada posee una clasificación de más de tres estrellas y 48% tiene una clasificación menor de dos estrellas. De esta tabla se desprende que la mayor parte de la infraestructura analizada posee niveles de seguridad aceptables (mayores de tres estrellas) para los ocupantes de vehículos.

Tabla 4.5 Clasificación por estrellas, en bruto, fase III, sentido 2

Clasificación por estrellas	Ocupante de vehículo		Motocicletas		Peatones		Bicicletas	
	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje
5 estrellas	0.80	1.75%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
4 estrellas	5.10	11.16%	1.70	3.72%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
3 estrellas	17.80	38.95%	12.30	26.91%	0.00	0.00%	1.60	3.50%
2 estrellas	15.00	32.82%	11.60	25.38%	3.60	7.88%	1.40	3.06%
1 estrella	7.00	15.32%	10.80	23.63%	13.10	28.67%	8.50	18.60%
No aplica	0.00	0.00%	9.30	20.35%	29.00	63.46%	34.20	74.84%
Totales	45.70	100.00%	45.70	100.00%	45.70	100.00%	45.70	100.00%

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

4.1.2.2 Suavizado

Para fines de visualización, la clasificación por estrellas se somete a una “suavización” (promediada) sobre longitudes mayores, de forma tal de generar resultados más significativos. El efecto de la suavización permite a quien analiza un tramo comprender de manera más cabal el nivel general de seguridad de un tramo en particular.

La Tabla 4.6 muestra los resultados de la clasificación por estrellas del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 1 para la fase I. Los resultados corresponden a datos suavizados.

En la tabla 4.6 se muestra la clasificación por estrellas para los diferentes usuarios, en donde para los ocupantes de vehículos se puede observar que el 100% de la red evaluada posee una clasificación de tres estrellas considerándose que la infraestructura analizada posee niveles de seguridad aceptables (de tres estrellas) para los ocupantes de vehículos.

Tabla 4.6 Clasificación por estrellas, suavizada, fase I, sentido 1

Clasificación por estrellas	Ocupante de vehículo		Motocicletas		Peatones		Bicicletas	
	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje
5 estrellas	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
4 estrellas	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
3 estrellas	46.40	100.00%	0.50	1.08%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
2 estrellas	0.00	0.00%	45.90	98.92%	0.50	1.08%	0.00	0.00%
1 estrella	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
No aplica	0.00	0.00%	0.00	0.00%	45.90	98.92%	46.40	100.00%
Totales	46.40	100.00%	46.40	100.00%	46.40	100.00%	46.40	100.00%

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

La Tabla 4.7 muestra los resultados de la clasificación por estrellas del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 2 para la fase I. Los resultados corresponden a datos suavizados.

En la tabla 4.7 se muestra la clasificación por estrellas para los diferentes usuarios, en donde para los ocupantes de vehículos se puede observar que, similar al sentido 1, el 100% de la red evaluada posee una clasificación de tres estrellas considerándose que la infraestructura analizada posee niveles de seguridad aceptables (tres estrellas) para los ocupantes de vehículos.

Tabla 4.7 Clasificación por estrellas, suavizada, fase I, sentido 2

Clasificación por estrellas	Ocupante de vehículo		Motocicletas		Peatones		Bicicletas	
	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje
5 estrellas	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
4 estrellas	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
3 estrellas	45.70	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
2 estrellas	0.00	0.00%	45.70	100.00%	0.60	1.31%	0.00	0.00%
1 estrella	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
No aplica	0.00	0.00%	0.00	0.00%	45.10	98.69%	45.70	100.00%
Totales	45.70	100.00%	45.70	100.00%	45.70	100.00%	45.70	100.00%

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

La Tabla 4.8 muestra los resultados de la clasificación por estrellas del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 1 para la fase III. Los resultados corresponden a datos suavizados.

En la tabla 4.8 se muestra la clasificación por estrellas para los diferentes usuarios, en donde para los ocupantes de vehículos se puede observar que aproximadamente el 75% de la red evaluada posee una clasificación de más de tres estrellas y 25% tiene una clasificación menor de dos estrellas. De esta tabla se desprende que la mayor parte de la infraestructura analizada posee niveles de seguridad aceptables (mayores de tres estrellas) para los ocupantes de vehículos.

Tabla 4.8 Clasificación por estrellas, suavizada, fase III, sentido 1

Clasificación por estrellas	Ocupante de vehículo		Motocicletas		Peatones		Bicicletas	
	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje
5 estrellas	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
4 estrellas	0.30	0.65%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
3 estrellas	34.40	74.14%	25.70	55.39%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
2 estrellas	8.70	18.75%	9.00	19.40%	14.90	32.11%	0.00	0.00%
1 estrella	3.00	6.47%	11.70	25.22%	18.60	40.09%	0.00	0.00%
No aplica	0.00	0.00%	0.00	0.00%	12.90	27.80%	46.40	100.00%
Totales	46.40	100.00%	46.40	100.00%	46.40	100.00%	46.40	100.00%

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

La Tabla 4.9 muestra los resultados de la clasificación por estrellas del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 2 para la fase III. Los resultados corresponden a datos suavizados.

En la tabla 4.9 se muestra la clasificación por estrellas para los diferentes usuarios, en donde para los ocupantes de vehículos se puede observar que aproximadamente el 41% de la red evaluada posee una clasificación de más de tres estrellas y 59% tiene una clasificación menor de dos estrellas. De esta tabla se desprende que la mayor parte de la infraestructura analizada posee niveles de seguridad bajos (menores de tres estrellas) para los ocupantes de vehículos.

Tabla 4.9 Clasificación por estrellas, suavizada, fase III, sentido 2

Clasificación por estrellas	Ocupante de vehículo		Motocicletas		Peatones		Bicicletas	
	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje	Longitud (km)	Porcentaje
5 estrellas	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
4 estrellas	3.00	6.56%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
3 estrellas	15.60	34.14%	14.90	32.60%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
2 estrellas	20.60	45.08%	8.20	17.94%	7.50	16.41%	4.50	9.85%
1 estrella	6.50	14.22%	22.60	49.45%	13.70	29.98%	10.00	21.88%
No aplica	0.00	0.00%	0.00	0.00%	24.50	53.61%	31.20	68.27%
Totales	45.70	100.00%	45.70	100.00%	45.70	100.00%	45.70	100.00%

Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

4.1.3 En mapas

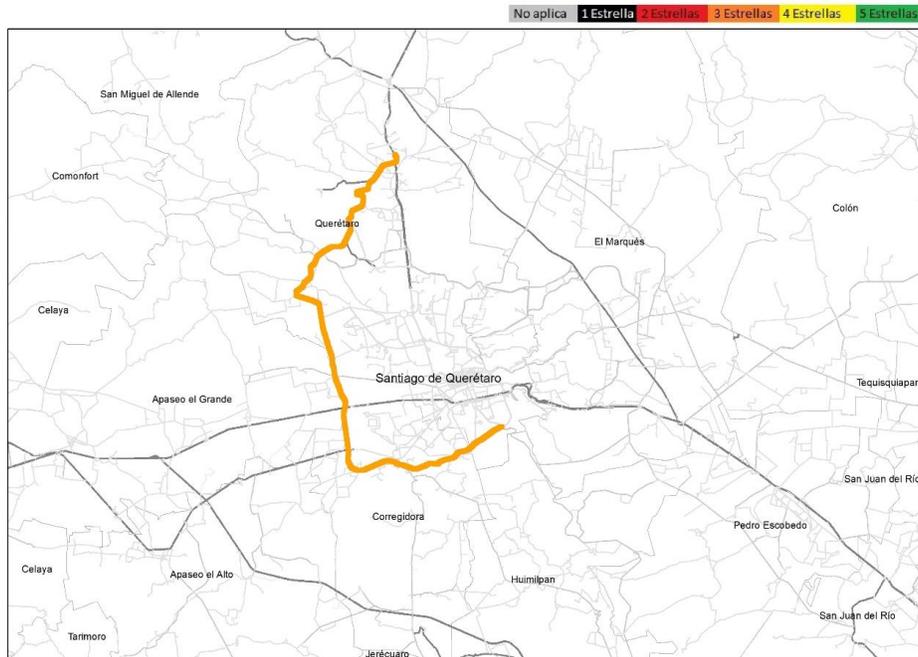
Para fines de visualización, se puede generar un mapa a nivel de red mostrando la clasificación por estrellas a un nivel de detalle por cada 100 metros; esta gráfica es visualmente práctica, dado que permite una comprensión general de los resultados para el tramo sometido a estudio.

La Figura 4.5 ilustra la clasificación por estrellas en forma de mapa para ocupantes de vehículos, del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 1 para la fase I.

En la figura 4.5, los tramos en color anaranjado corresponden a vías clasificadas con tres estrellas del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 1 para la fase I. Los resultados corresponden a datos suavizados.

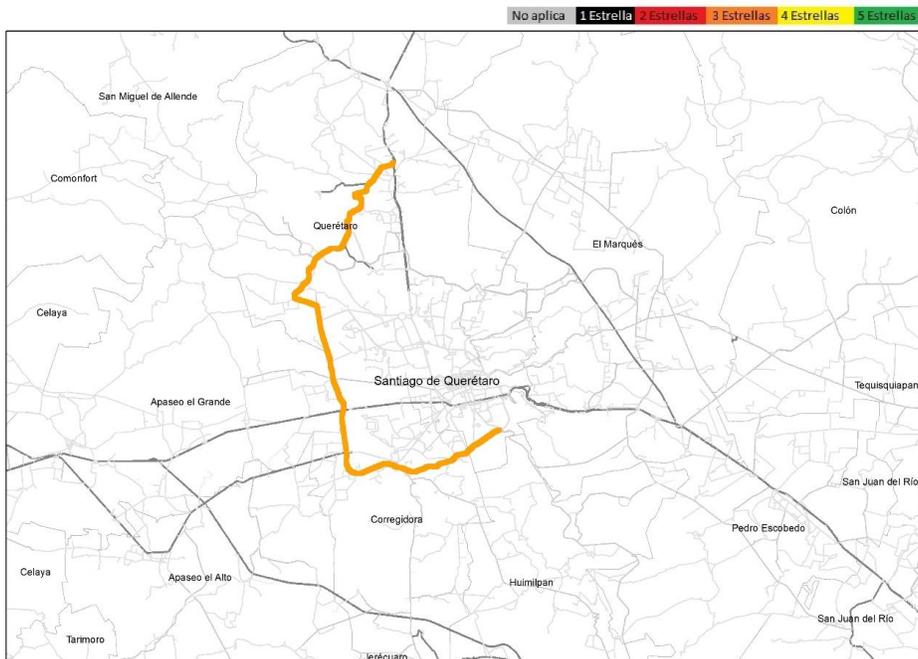
La Figura 4.6 ilustra la clasificación por estrellas en forma de mapa para ocupantes de vehículos, del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 2 para la fase I.

En la figura 4.6 los tramos en color anaranjado corresponden a vías clasificadas con tres estrellas del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 2 para la fase I. Los resultados corresponden a datos suavizados.



Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

Figura 4.5 Mapa de clasificación por estrellas, suavizada, fase I, sentido 1

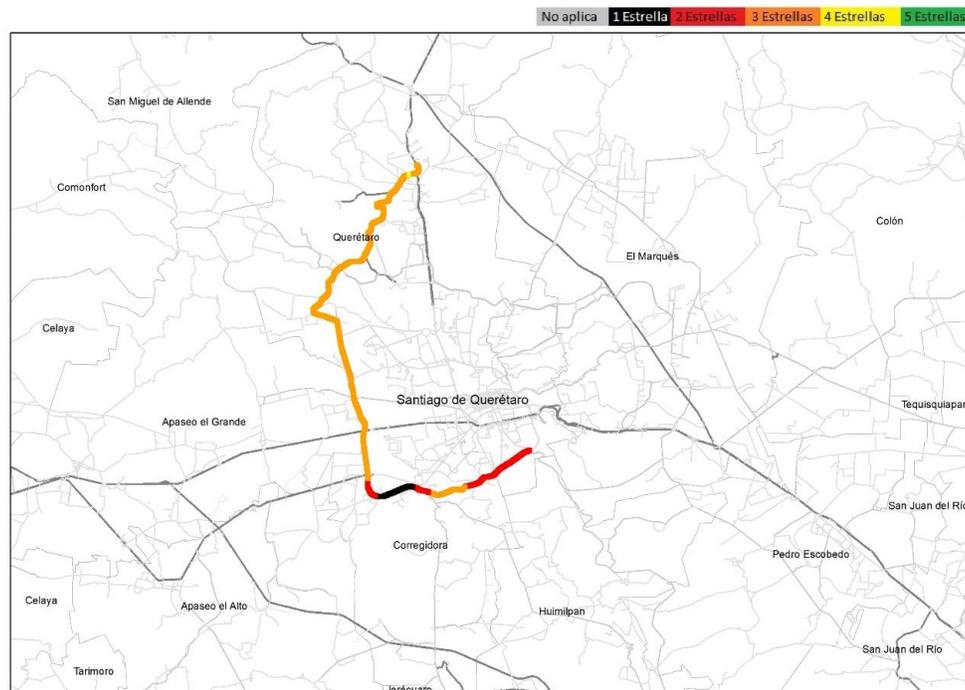


Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

Figura 4.6 Mapa de clasificación por estrellas, suavizada, fase I, sentido 2

La Figura 4.7 ilustra la clasificación por estrellas en forma de mapa para ocupantes de vehículos, del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 1 para la fase III.

En la figura 4.7, los tramos en color anaranjado corresponden a vías clasificadas con tres estrellas, los de color rojo son de dos estrellas y los de color negro de una estrella del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 1 para la fase III. Los resultados corresponden a datos suavizados.

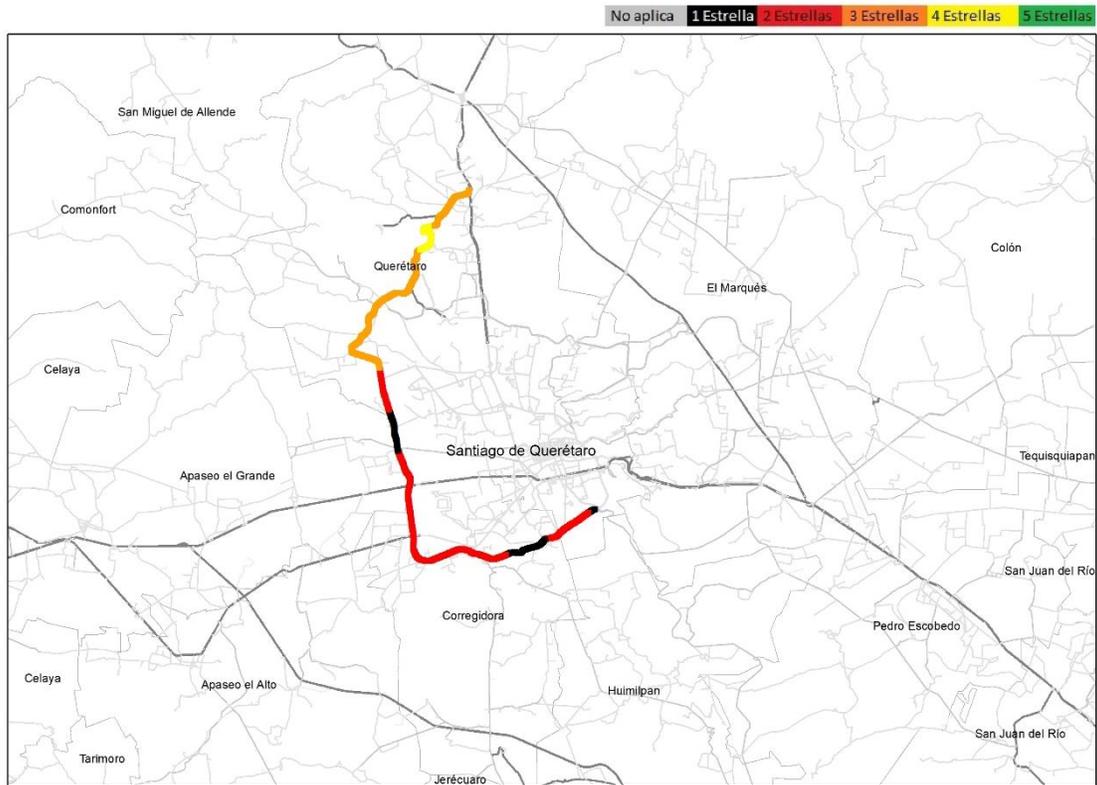


Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

Figura 4.7 Mapa de clasificación por estrellas, suavizada, fase III, sentido 1

La Figura 4.8 ilustra la clasificación por estrellas en forma de mapa para ocupantes de vehículos, del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 2 para la fase III.

En la figura 4.8, los tramos en color anaranjado corresponden a vías clasificadas con tres estrellas, los de color rojo son de dos estrellas y los de color negro de una estrella del libramiento Surponiente de Querétaro en el sentido 2 para la fase III. Los resultados corresponden a datos suavizados.



Fuente: Elaboración propia con información de ViDA, 2018 (iRAP).

Figura 4.8 Mapa de clasificación por estrellas, suavizada, fase III sentido 2

Conclusiones y recomendaciones

En este estudio se analizaron algunos datos para conocer la evolución de las condiciones de la infraestructura carretera en un periodo determinado, tomando como caso de ejemplo el libramiento Surponiente de Querétaro, a través del seguimiento de la medición de la seguridad vial, de acuerdo con la metodología de iRAP en un periodo de tres años, a partir de los levantamientos hechos en 2012 y 2015.

En relación con el análisis comparativo de algunos atributos de la vía, en general, no se observaron cambios positivos considerables en favor de la seguridad, pero sí que los trabajos de conservación, mantenimiento e implementación de medidas de mejora fueron escasos o nulos para nuestro caso en estudio.

En lo que a severidad lateral se refiere, la presencia de objetos en la zona lateral —entre uno y cinco metros— aumentó un 20% de una fase a otra. En relación con el señalamiento, se observó un deterioro importante en su calidad, ya que el porcentaje de longitud de tramos con señalamiento deficiente casi se duplicó para el sentido 1 y se incrementó de cero a 2.4% para el sentido 2. Con respecto al control de accesos, los accesos directos a comercios se incrementaron ligeramente, lo que pone en evidencia la falta de atención a este punto, que se relaciona directamente con los accidentes en el lugar.

Los atributos relacionados a la calidad de la superficie de rodamiento y la calidad de las intersecciones se mantuvieron sin cambios o con mejoras mínimas, resultado de los trabajos de conservación periódica o rutinaria, sin tener evidencias de la aplicación de las medidas de mejora propuestas por iRAP.

Las revisiones de los datos demostraron el aumento proporcional del volumen de tránsito y la accidentalidad.

En relación con el seguimiento con base en la clasificación por estrellas, en el análisis de los datos brutos y suavizados, fue evidente el aumento de tramos de niveles de seguridad bajos de entre dos y una estrellas entre la fase I y la III; es decir, disminuyeron los niveles de seguridad del tramo en estudio. Los datos en bruto mostraron el aumento de tramos de 100 metros con una estrella, sitios que podrían considerarse puntos negros. En general, el sentido 2 fue el que presentó las menores condiciones de seguridad de las inspecciones, sobre todo en la fase III, que la clasifica con más del 50% de la infraestructura con bajos niveles de seguridad.

El presente estudio permitió conocer la evolución y el comportamiento de algunos aspectos de la infraestructura que influyen en la seguridad vial de un tramo

carretero de ejemplo. Con base en los análisis presentados, se pueden retomar los criterios descritos para analizar un corredor completo de la Red Carretera Federal con el objetivo de estudiar una mayor longitud con más variables, apoyados en programas de bases de datos y la generación de algoritmos matemáticos que contribuyan a la precisión de estos análisis.

Cabe destacar que no se obtuvo información de la aplicación de alguna medida de mejora extraída de los resultados de iRAP, por lo que no se pudo medir el impacto de éstas, por lo que queda como tema de investigación subsecuente.

Bibliografía

Cal y Mayor R. E. y J. Cárdenas Grisales (2007). *Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones*, octava edición, Editorial Alfa Omega, México. ISBN: 970-15-1238-3.

Castro Delgado, Francisco (2011). "Análisis espacial de los accidentes de tránsito en el cantón de Pococí." *Revista Geográfica de América Central*, vol. 2, julio-diciembre, 2011, pp. 1-43. Universidad Nacional Heredia, Costa Rica.

Cuevas C., Ana Cecilia; E. Mayoral y A. Mendoza (2012 al 2017). *Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales. Documentos técnicos* No. 57, 61, 63, 66, 69 y 74. Instituto Mexicano del Transporte.

Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), "Datos viales 2012 y 2015", obtenidos de la página oficial de la SCT-DGST: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/>, consultada en abril de 2019.

Especificaciones, manuales y guías técnicas de iRAP.

Gómez G., Nadia; M. Saucedo, J. Pérez, G. Ríos, E. Abarca y A. Mendoza (2015). *Mejoras de seguridad vial de la infraestructura de un tramo carretero, a partir de su evaluación iRAP. Corredor México-Nuevo Laredo, tramo Querétaro-San Luis Potosí. Publicación Técnica* No. 439. Instituto Mexicano del Transporte.

Leiva Alva y Jerie Wesley (2003). *Análisis de accidentes viales aplicando la ingeniería de tránsito*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Manual de codificación para la clasificación por estrellas de iRAP. http://downloads.irap.org/docs/RAP-SR-2-2_Star_Rating_coding_manual_Spanish.pdf

Mendoza Díaz, A., F. Quintero Pereda y E. Mayoral Grajeda (2002). *Algunas consideraciones de seguridad para el proyecto geométrico de carreteras.* Publicación Técnica No. 217. Instituto Mexicano del Transporte.

Programa ViDA de iRAP. <http://vida.irap.org/>

Rascón Chávez, A., A. Mendoza Díaz y E. Mayoral Grajeda. *Tratamiento de sitios de alta incidencia de accidentes en carreteras mexicanas*. Instituto Mexicano del Transporte.

iRAP, “Juego de Herramientas de Seguridad Vial”, en: <http://toolkit.irap.org/>



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/>