



---

---

# **Recomendaciones para mejorar la seguridad vial en el tramo comprendido entre el kilómetro 3+000 y el kilómetro 12+000 de la carretera estatal 431 El Colorado Galindo**

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

**Publicación Técnica No. 600  
San Fandila, Qro., 2020**



---

**SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**  
**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**Recomendaciones para mejorar la seguridad vial  
en el tramo comprendido entre el kilómetro 3+000  
hasta el kilómetro 12+000 de la carretera estatal  
431 El Colorado Galindo**

**Publicación Técnica No. 600  
San Fandila, Qro., 2020**

---



Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte, por los investigadores M. en I. Wendy Alejandra Casanova Zavala, Ing. Isaac Sarmiento Castellanos, M. en I. Nadia Gómez González (responsable del proyecto), M. en I. Emilio Abarca Pérez y Dr. Alberto Mendoza Díaz.

Esta investigación es el producto final del proyecto de investigación interna SI-03/18 Recomendaciones para mejorar la seguridad vial en el tramo comprendido entre el kilómetro 3+000 hasta el kilómetro 12+000 de la carretera estatal 431 El Colorado Galindo.

Se agradece la colaboración de la empresa ZUBIQ Ingeniería en Movilidad Integral, por proporcionarnos información de los aforos de tránsito realizado por ellos durante 2019, información que sirvió para cotejar los resultados de la estimación del Tránsito Diario Promedio Anual del tramo auditado.



# Contenido

---

Índice de figuras .....	vii
Índice de tablas .....	ix
Sinopsis.....	xiii
Abstract .....	xv
Resumen ejecutivo.....	xvii
Introducción.....	1
1. Objetivo .....	4
2. Alcances .....	4
3. Metodología.....	4
4. Actividades .....	5
5. Beneficios esperados .....	6
1 Recopilación de información .....	7
1.1 Caracterización del tramo carretero evaluado .....	7
1.2 Análisis de Accidentalidad .....	8
1.3 Operación vehicular .....	10
1.3.1 Volumen de tránsito .....	10
1.3.2 Velocidades de punto. ....	19
2 Auditoría de Seguridad Vial y sus principales hallazgos .....	29
2.1 Proyecto geométrico. ....	33
2.1.1 Intersecciones.....	33
2.1.2 Control de accesos. ....	34
2.1.3 Curvas horizontales y verticales. ....	35

2.1.4	Sección transversal.....	35
2.2	Superficie de rodamiento. ....	36
2.2.1	Textura.....	36
2.2.2	Uniformidad y perfil. ....	37
2.3	Señalamiento horizontal y vertical.....	37
2.3.1	Señalamiento horizontal. ....	38
2.3.2	Botones.....	38
2.3.3	Delineadores.....	39
2.3.4	Señalamiento vertical.....	39
2.4	Mobiliario vial y zonas laterales. ....	40
2.5	Gestión de tránsito.....	41
2.5.1	Límites de velocidad y control de velocidades.....	41
2.5.2	Regulación de las intersecciones.....	42
2.5.3	Cruces peatonales en intersecciones. ....	43
2.5.4	Estacionamiento en la calzada o al costado. ....	44
2.5.5	Circulación de vehículos pesados.....	44
2.6	Trabajos en la vía.....	45
2.7	Usuarios de la vía. ....	45
2.7.1	Peatones y ciclistas. ....	46
2.7.2	Factor humano.....	47
2.8	Vehículos en la vía.....	48
3	Hallazgos específicos y sus recomendaciones de mejora de la seguridad vial 53	
3.1	Proyecto geométrico y superficie de rodamiento. ....	53
3.2	Señalamiento y mobiliario vial.....	77
3.3	Gestión de tránsito, trabajos en la vía, usuarios de la vía y vehículos en la vía	93
4	Principales recomendaciones de medidas de mejora .....	129
4.1	Proyecto geométrico. ....	129
4.1.1	Intersecciones.....	130

4.1.2	Control de accesos. ....	133
4.1.3	Curvas horizontales y verticales. ....	134
4.1.4	Sección Transversal. ....	136
4.2	Superficie de rodamiento. ....	138
4.2.1	Textura.....	138
4.2.2	Uniformidad y perfil. ....	139
4.3	Señalamiento horizontal y vertical.....	139
4.3.1	Señalamiento horizontal. ....	140
4.3.2	Botones.....	141
4.3.3	Delineadores.....	141
4.3.4	Señalamiento vertical.....	141
4.4	Mobiliario vial y zonas laterales. ....	142
4.5	Gestión de tránsito. ....	146
4.5.1	Límites de velocidad y control de velocidades. ....	146
4.5.2	Regulación de las intersecciones.....	147
4.5.3	Cruces peatonales en intersecciones. ....	149
4.5.4	Estacionamiento en la calzada o al costado. ....	149
4.5.5	Circulación de vehículos pesados.....	150
4.6	Trabajos en la vía.....	151
4.7	Usuarios de la vía. ....	152
4.7.1	Peatones.....	153
4.7.2	Ciclistas. ....	154
4.7.3	Factor humano.....	155
4.8	Vehículos en la vía.....	156
5	Conclusiones.....	159



# Índice de figuras

---

FIGURA 1.1 TRAMO EN ESTUDIO, KM 3+000 AL 12+000 CARRETERA ESTATAL 431 EL COLORADO – GALINDO.....	8
FIGURA 1.2 DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS 1 Y 2 PARA TOMA DE DATOS PARA CARACTERIZAR LA OPERACIÓN VEHICULAR DEL TRAMO AUDITADO. ....	11
FIGURA 1.3 DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS 3, 4 Y 5 PARA TOMA DE DATOS PARA CARACTERIZAR LA OPERACIÓN VEHICULAR DEL TRAMO AUDITADO. ....	11
FIGURA 1.4 DIAGRAMA DE CATEGORÍAS VEHICULARES. ....	12
FIGURA 1.5 DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR.....	13
FIGURA 1.6 AFOROS DE LA CARRETERA FEDERAL LIBRE MEX-120 LA NORIA-ACÁMBARO..	14
FIGURA 1.7 AFORO VEHICULAR EN ESTACIÓN TEMPORAL.....	14
FIGURA 1.8 RELACIÓN ENTRE LOS VOLÚMENES HORARIOS MÁS ALTOS DEL AÑO Y EL TPDA. ....	17
FIGURA 1.9 COMPARATIVA DE COMPORTAMIENTO DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN EN LOS CINCO PUNTOS EVALUADOS. ....	26
FIGURA 2.1 PLANTILLA DE CODIFICACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE PROYECTO GEOMÉTRICO Y SUPERFICIE DE RODAMIENTO. ....	32
FIGURA 2.2 PLANTILLA DE CODIFICACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE SEÑALAMIENTO Y MOBILIARIO VIAL.....	32
FIGURA 2.3 PLANTILLA DE CODIFICACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE GESTIÓN DE TRÁNSITO, TRABAJOS EN LA VÍA, USUARIOS DE LA VÍA Y VEHÍCULOS EN LA VÍA. ....	33
FIGURA 4.1 INTERSECCIONES DE TRES RAMAS .....	130
FIGURA 4.2 REDUCTOR DE VELOCIDAD .....	131
FIGURA 4.3 REPRESENTACIÓN DEL PROYECTO DE SEÑALAMIENTO DE UNA INTERSECCIÓN DE TRES RAMAS .....	132
FIGURA 4.4 TRAMO CARRETERO CON CONTROL DE ACCESOS PREVIO A UNA CURVA HORIZONTAL .....	133
FIGURA 4.5 EJEMPLO REPRESENTATIVO PARA MINIMIZAR EL IMPACTO EN UN ACCESO ...	134
FIGURA 4.6 EJEMPLO DE MEJORA EN CURVA CON PROBLEMAS DE VISIBILIDAD.....	135
FIGURA 4.7 COLOCACIÓN DE SEÑALAMIENTO PREVENTIVO PARA CURVA HORIZONTAL CON TRAZADO CONFUSO.....	136
FIGURA 4.8 EJEMPLO REPRESENTATIVO DE LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE MEJORA EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TRAMO EN ESTUDIO .....	137
FIGURA 4.9 BANDAS ALERTADORAS.....	137
FIGURA 4.10 DELINEADORES EN LA FAJA SEPARADORA CENTRAL.....	138
FIGURA 4.11 COLOCACIÓN DE MARCAS EN EL PAVIMENTO, EN ZONAS DE NO REBASE (ARRIBA) Y EN ZONAS DE REBASE (ABAJO).....	140
FIGURA 4.12 DELINEADORES SOBRE LA VÍA Y EN LA CICLOPISTA .....	141
FIGURA 4.13 EJEMPLO DE UBICACIÓN LATERAL DE SEÑALES BAJAS Y ELEVADAS EN CARRETERA.....	142
FIGURA 4.14 LUMINARIAS EN LA VÍA Y EN LAS INTERSECCIONES .....	143

FIGURA 4.15 PANTALLA ANTIDESLUMBRAMIENTO EN LA BARRERA CENTRAL .....	143
FIGURA 4.16 EJEMPLO DE BARRERA A LOS COSTADOS DE LA VÍA.....	144
FIGURA 4.17 BARRERA DE ORILLA DE CORONA CON AMORTIGUADOR DE IMPACTO REDIRECCIONABLE, NO TRASPASABLE Y AMORTIGUADOR DE IMPACTO REDIRECCIONABLE. ....	144
FIGURA 4.18 EJEMPLOS DE VALLAS PEATONALES .....	145
FIGURA 4.19 DISTANCIA LIBRE DE OBSTÁCULOS RECOMENDADA DE 10 METROS O MÁS. ....	145
FIGURA 4.20 REPRESENTACIÓN DEL CONTROL DE VELOCIDADES EN CRUCE DE PEATONES PRÓXIMO. ....	147
FIGURA 4.21 REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDADES EN INTERSECCIÓN PRÓXIMA.....	148
FIGURA 4.22 MARCAS DE CRUCE PEATONAL EN UNA INTERSECCIÓN. ....	149
FIGURA 4.23 IMAGEN REPRESENTATIVA DE ESPACIOS PARA ESTACIONAMIENTO SOBRE LA VÍA .....	150
FIGURA 4.24 VIGILANCIA POLICIAL DE CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS. ....	151
FIGURA 4.25 DISEÑO DE LA ZONA DE OBRAS .....	152
FIGURA 4.26 ESQUEMA REPRESENTATIVO DE ESPACIO SEGURO PARA CADA USUARIO DE LA VÍA .....	153
FIGURA 4.27 IMAGEN REPRESENTATIVA DE COLOCACIÓN DE BANQUETAS Y CRUCES DE PEATONES.....	153
FIGURA 4.28 SEÑAL SP-33 “ESCOLARES” Y EJEMPLO DE APLICACIÓN DE MARCAS PREVIAS A LA ZONA ESCOLAR.....	154
FIGURA 4.29 MARCAS PARA DELIMITAR CICLOPISTA COMPARTIDA .....	155
FIGURA 4.30 EJEMPLOS DE MEJORA DE LOS SITIOS CON PROBLEMAS DE LÓGICA EN LA CARRETERA MEDIANTE COLOCACIÓN DE VEGETACIÓN. ....	156
FIGURA 4.31 PARADA DE TRANSPORTE PÚBLICO (METROBÚS) .....	157

# Índice de tablas

---

TABLA 1.1 ACCIDENTALIDAD Y SUS CAUSAS, REPORTADA EN LA CARRETERA ESTATAL NO. 431 EL COLORADO – GALINDO, EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL KM 3+000 Y EL 12+000.....	9
TABLA 1.2 CONTEO HORARIO REALIZADO POR LA ESTACIÓN ESPECIAL TEMPORAL. ....	14
TABLA 1.3 CÁLCULO DEL FACTOR HORARIO (H) PARA EL PERIODO TEMPORAL DE CONTEO. ....	15
TABLA 1.4 CÁLCULO DEL TDP PARA LA ESTACIÓN DE CONTEO TEMPORAL. ....	16
TABLA 1.5 PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LAS VELOCIDADES DEL PUNTO 1. ....	22
TABLA 1.6 PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LAS VELOCIDADES DEL PUNTO 2. ....	23
TABLA 1.7 PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LAS VELOCIDADES DEL PUNTO 3. ....	24
TABLA 1.8 PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LAS VELOCIDADES DEL PUNTO 4. ....	27
TABLA 1.9 PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LAS VELOCIDADES DEL PUNTO 5. ....	28
TABLA 2.1 HALLAZGOS REFERENTES A INTERSECCIONES. ....	34
TABLA 2.2 HALLAZGOS REFERENTES A LOS ACCESOS DIRECTOS. ....	34
TABLA 2.3 HALLAZGOS REFERENTES A CURVAS VERTICALES, CURVAS HORIZONTALES Y LA COMBINACIÓN DE ÉSTAS. ....	35
TABLA 2.4 HALLAZGOS REFERENTES A LA SECCIÓN TRANSVERSAL.....	36
TABLA 2.5 HALLAZGOS REFERENTES A LA TEXTURA DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO. ....	37
TABLA 2.6 HALLAZGOS REFERENTES A LA UNIFORMIDAD Y PERFIL DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO. ....	37
TABLA 2.7 HALLAZGOS REFERENTES AL SEÑALAMIENTO HORIZONTAL.....	38
TABLA 2.8 HALLAZGOS REFERENTES A BOTONES.....	38
TABLA 2.9 HALLAZGOS REFERENTES A DELINEADORES. ....	39
TABLA 2.10 HALLAZGOS REFERENTES AL SEÑALAMIENTO VERTICAL. ....	40
TABLA 2.11 HALLAZGOS REFERENTES A MOBILIARIO VIAL Y ZONAS LATERALES. ....	41
TABLA 2.12 HALLAZGOS RELACIONADOS CON EL LÍMITE DE VELOCIDAD Y EL CONTROL DE VELOCIDADES.....	42
TABLA 2.13 HALLAZGOS REFERENTES A LA REGULACIÓN DE LAS INTERSECCIONES. ....	43
TABLA 2.14 HALLAZGOS REFERENTES A LOS CRUCES PEATONALES EN INTERSECCIONES. ....	43
TABLA 2.15 HALLAZGOS REFERENTES A LA CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS. ....	44
TABLA 2.16 HALLAZGOS REFERENTES A TRABAJOS EN LA VÍA.....	45
TABLA 2.17 HALLAZGOS REFERENTES A PEATONES. ....	46
TABLA 2.18 HALLAZGOS REFERENTES A CICLISTAS. ....	47
TABLA 2.19 HALLAZGOS RESPECTO AL FACTOR HUMANO. ....	47
TABLA 2.20 HALLAZGOS REFERENTES A VEHÍCULOS EN LA VÍA.....	48
TABLA 3.1 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SURO, KM 3+000 – 3+060. ....	54
TABLA 3.2 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SURO, KM 3+160.....	55
TABLA 3.3 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SURO, KM 3+620 – 3+660. ....	56
TABLA 3.4 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SURO, KM 4+650.....	57

TABLA 3.5 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 4+800.....	58
TABLA 3.6 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 5+000 – 5+200.....	59
TABLA 3.7 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 5+900.....	60
TABLA 3.8 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 6+490 – 6+560.....	61
TABLA 3.9 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 6+840.....	62
TABLA 3.10 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 7+340.....	63
TABLA 3.11 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 7+780.....	63
TABLA 3.12 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 8+050 – 8+800.....	64
TABLA 3.13 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 8+850 – 9+190.....	65
TABLA 3.14 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 10+340 – 10+380.....	66
TABLA 3.15 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 10+680.....	67
TABLA 3.16 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 11+040 – 11+090.....	68
TABLA 3.17 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 11+470 – 11+540.....	70
TABLA 3.18 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 11+760.....	71
TABLA 3.19 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 11+800.....	72
TABLA 3.20 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 11+890.....	73
TABLA 3.21 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 12+220.....	74
TABLA 3.22 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 6+380.....	75
TABLA 3.23 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 6+710.....	75
TABLA 3.24 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 9+000.....	76
TABLA 3.25 PRINCIPALES HALLAZGOS DE PG Y SuRO, Km 12+040.....	76
TABLA 3.26 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 3+000.....	77
TABLA 3.27 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 3+400.....	78
TABLA 3.28 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 3+800.....	79
TABLA 3.29 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 5+400.....	80
TABLA 3.30 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 5+600.....	81
TABLA 3.31 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 5+900.....	82
TABLA 3.32 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 6+300.....	83
TABLA 3.33 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 6+900.....	84
TABLA 3.34 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 7+050.....	85
TABLA 3.35 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 9+500.....	86
TABLA 3.36 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 11+800.....	87
TABLA 3.37 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 1+850.....	88
TABLA 3.38 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 11+900.....	89
TABLA 3.39 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 9+900.....	90
TABLA 3.40 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 6+930.....	91
TABLA 3.41 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 5+350.....	92
TABLA 3.42 PRINCIPALES HALLAZGOS DE SHV Y MV, Km 4+760.....	93
TABLA 3.43 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, Km 4+300.....	94
TABLA 3.44 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, Km 6+200.....	95
TABLA 3.45 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, Km 6+500.....	96
TABLA 3.46 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, Km 6+800.....	97
TABLA 3.47 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, Km 7+800.....	98
TABLA 3.48 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, Km 9+000.....	99
TABLA 3.49 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, Km 10+300.....	100
TABLA 3.50 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, Km 11+500.....	101
TABLA 3.51 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, Km 11+700.....	102

TABLA 3.52 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 11+900. ....	103
TABLA 3.53 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 12+000. ....	104
TABLA 3.54 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 4+500. ....	105
TABLA 3.55 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 4+900. ....	106
TABLA 3.56 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 5+700. ....	107
TABLA 3.57 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 5+800. ....	108
TABLA 3.58 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 6+000. ....	109
TABLA 3.59 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 6+200. ....	110
TABLA 3.60 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 6+400. ....	111
TABLA 3.61 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 6+800. ....	112
TABLA 3.62 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 6+900 – 7+100.....	113
TABLA 3.63 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 7+200. ....	114
TABLA 3.64 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 10+300. ....	115
TABLA 3.65 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 7+300. ....	116
TABLA 3.66 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 10+500 AL 10+600. ....	117
TABLA 3.67 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 11+000 AL 12+400. ....	118
TABLA 3.68 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 11+400. ....	119
TABLA 3.69 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 11+700. ....	120
TABLA 3.70 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 4+500. ....	121
TABLA 3.71 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 6+100. ....	122
TABLA 3.72 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 6+500. ....	123
TABLA 3.73 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 6+800. ....	124
TABLA 3.74 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 7+400. ....	125
TABLA 3.75 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 10+300. ....	126
TABLA 3.76 PRINCIPALES HALLAZGOS DE GT, TV, UV Y VV, KM 11+000 AL 11+800. ....	127



# Sinopsis

---

En el presente estudio se aborda la problemática de la seguridad vial desde el punto de vista de la infraestructura, es decir, se analizan los cambios que se pueden hacer a la infraestructura para mejorar la seguridad vial de todos los usuarios de una vía. Esto se logra mediante la realización de una Auditoría de Seguridad Vial, que es un examen formal de una vía desde la perspectiva de la seguridad vial.

En los últimos años se ha incrementado la accidentalidad en la Carretera Estatal 431 El Colorado Galindo, en el tramo comprendido entre el km 3+000 (Pollos Pilgrim's) y el km 12+000 (IMT), reportándose desde accidentes leves con sólo daños materiales hasta accidentes graves que provocaron la muerte innecesaria de más de cinco personas. Con la iniciativa de contribuir a mejorar las condiciones de seguridad vial de la región en la que se encuentra el IMT, es que los investigadores de la CSOT proponen el presente proyecto.

Como resultado de esta auditoría, se generaron una serie de recomendaciones desde el enfoque de la infraestructura carretera buscando mejorar la operación de la vía, reducir la cantidad de accidentes y minimizar sus consecuencias, mediante la modificación de la infraestructura vial.



# Abstract

---

This study addresses the problem of road safety from the point of view of infrastructure, that is, it analyses the changes that can be made in the infrastructure to improve the road safety of all road users. This is achieved by conducting a Road Safety Audit, which is a formal examination of a road from a road safety perspective.

In recent years there has been an increase in accidents on State Highway 431 El Colorado Galindo, on the stretch between km 3+000 (Pollos Pilgrim's) and km 12+000 (IMT), ranging from minor accidents with only material damage to serious accidents that caused the unnecessary death of more than five people. It is with the aim of contributing to the improvement of road safety conditions in the region where the IMT is located that the CSOT researchers propose the present project.

As a result of this audit, a series of recommendations were generated from the road infrastructure approach, seeking to improve road operation, reduce the number of accidents and minimize their consequences, by modifying the road infrastructure.



## Resumen ejecutivo

---

Esta investigación nace de la inquietud y el interés de los autores de contribuir a mejorar la seguridad vial de la zona en la que está asentado el Instituto Mexicano del Transporte y permitirá contribuir al cumplimiento del objetivo 6 “Desarrollar integralmente y a largo plazo al sector con la creación y adaptación de tecnología y la generación de capacidades nacionales”, del Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018, mismo que se encuentra alineado a los objetivos 3.5 “Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación pilares para el progreso económico y social sostenible” y 4.9 “Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica” del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.

Este proyecto fue propuesto durante la administración federal anterior; sin embargo, la importancia del mismo trasciende políticas públicas, ya que el objetivo es salvar vidas; haciendo que este tema siempre esté incluido en los objetivos del sector, alineándose así también con el “Eje III: Economía en lo referente a Ciencia y Tecnología del Desarrollo”, del Plan Nacional de Desarrollo 2019 – 2024 de la Presidencia de la República; además se encuentra alineado con el “Objetivo 3.6: Desarrollar de manera transparente, una red de comunicaciones y transportes accesible, segura, eficiente, sostenible, incluyente y moderna, con visión de desarrollo regional y de redes logísticas que conecte a todas las personas, facilite el traslado de bienes y servicios, y que contribuya a salvaguardar la seguridad nacional”, con la “Estrategia 3.6.1: Contar con una red carretera segura y eficiente que conecte centros de población, puertos, aeropuertos, centros logísticos y de intercambio modal, conservando su valor patrimonial” y con la “Estrategia 3.6.3: Desarrollar una infraestructura de transporte accesible, con enfoque multimodal (ferroviario, aeroportuario, transporte marítimo, transporte masivo), sostenible, a costos competitivos y accesibles que amplíe la cobertura del transporte nacional y regional”.

En años recientes se ha incrementado la accidentalidad en la Carretera Estatal 431 El Colorado Galindo, en el tramo comprendido entre el km 3+000 (entronque con la Carretera Estatal 420 a El Rosario) y el km 12+000 (entrada al Instituto Mexicano del Transporte, IMT), reportándose desde accidentes leves con sólo daños materiales hasta accidentes graves que provocaron la muerte innecesaria de más de cinco personas en los últimos años. Con base en la información observada por los trabajadores del IMT y de una recopilación periodística, se sabe que durante 2017 ocurrieron al menos 4 accidentes en el tramo carretero auditado, dos de los cuales dejaron en conjunto un saldo de siete personas muertas y más de 40 lesionados.

Motivados por el incremento de la accidentalidad en la zona, con la iniciativa de contribuir a mejorar las condiciones de seguridad vial de la región en la que se encuentra asentada esta institución y con el objetivo de proporcionar mayor seguridad, tanto a los trabajadores del IMT como a la población de la región, en el trayecto de la carretera 431, es que los investigadores de la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte desarrollaron el presente proyecto, en el que se combinaron los enfoques preventivo y paliativo para recomendar una serie de medidas de mejora.

El tramo evaluado pertenece a la carretera Estatal No. 431 que comunica los Poblados de El Colorado y Galindo, ubicados en los Municipios de El Marqués y San Juan del Río, respectivamente, en el Estado de Querétaro.

El tramo carretero auditado es el comprendido entre el kilómetro 3+000 y el kilómetro 12+000, la selección del mismo atiende la inquietud de los investigadores del IMT de contribuir a mejorar la seguridad de la carretera por la que transitan los trabajadores de la institución, así como de contribuir a mejorar la seguridad vial de los habitantes de las localidades aledañas al Instituto. Se decidió auditar desde el kilómetro 3+000 por ser el punto donde la Carretera Estatal No.431 intersecta con la Carretera Estatal No. 420, en el que se tiene una modificación de la geometría de la carretera; hasta el kilómetro 12+000 por ser dónde se encuentra ubicado el Instituto Mexicano del Transporte.

Debido a las características geométricas de la vía y de acuerdo con la clasificación de carreteras que hace la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se considera que la carretera auditada es una carretera Tipo "C", ya que cuenta con dos carriles de circulación (uno por sentido), con ancho de carril de 3.5 m y acotamientos de 0.5 m, este tipo de carreteras son diseñadas con una velocidad de proyecto entre 50 y 90 km/h y se estima que para este caso particular la velocidad de proyecto fue de 80 km/h.

Con información de la Secretaría de Seguridad Ciudadana del Estado de Querétaro, se sabe que en el tramo auditado se han reportado 133 accidentes que dejaron un saldo de 73 personas lesionadas y nueve fallecidas, en el periodo comprendido entre el primero de enero de 2016 y el 31 de julio de 2018.

Analizando las causas de los accidentes, se observa que la velocidad excesiva es la principal, pues ha ocasionado la mayor cantidad de éstos (presente en el 28.6% de los accidentes), le sigue la invasión de carril (reportada en el 20.3% de los accidentes) la cual generó la mayor cantidad de víctimas (reportándose por esta causa 55 personas lesionadas y 6 fallecidas). También se observa que en el año 2017 se reportó la mayor cantidad de accidentes y víctimas asociadas a los mismos, en comparación con el año anterior, la cantidad casi se duplicó. En contraste, de acuerdo con la información disponible, se observa que para el año 2018 la tendencia de accidentalidad disminuye.

Para caracterizar su operación, en cinco puntos del tramo auditado se llevaron a cabo mediciones de velocidades de punto para obtener la velocidad de operación o Percentil -85 y aforos vehiculares para estimar el tránsito diario promedio anual que circula por el tramo.

Analizando los aforos, se estima que 9 mil 152 vehículos circulan diariamente por el tramo auditado, estando presentes las configuraciones vehiculares más comunes, es decir desde motocicletas hasta vehículos doblemente articulados (T3S2R4).

A partir del análisis de las velocidades de punto, se observa que los conductores que circulan a mayores velocidades lo hacen en zonas rurales donde no hay presencia de poblaciones aledañas visibles, y en las zonas pobladas, se presentaron velocidades ligeramente menores. Las mayores velocidades, se mostraron en dirección a Galindo (sentido 1) en los puntos del 1 al 4, y en dirección hacia el Colorado (sentido 2) en el punto 5. La mayor velocidad se registró en el punto 3, con una velocidad de operación de 90 km/h. En los puntos 4 y 5, ubicados a la altura de la zona urbana de San Fandila, el límite máximo permitido es de 40 km/h, sin embargo, se detectó que más del 95% de los conductores excedieron dicho límite; en el punto 4 se obtuvieron velocidades de operación de 73 km/h y en el punto 5 de 74 km/h.

Considerando la problemática que representan los accidentes de tránsito, desde la década de 1980, Reino Unido ha implementado la realización de Auditorías de Seguridad Vial (ASVs). “Las ASVs son un examen formal de un proyecto vial o de tránsito existente o futuro, o de cualquier proyecto que tenga influencia sobre una vía, donde un equipo de profesionales calificado e independiente informa sobre el riesgo de ocurrencia de accidentes y del comportamiento del proyecto desde la perspectiva de la seguridad vial”.

El principal objetivo de las ASVs realizadas a vialidades en operación es identificar deficiencias de seguridad en la infraestructura vial que puedan desencadenar accidentes, para que se adopten oportunamente las medidas de mejora preventivas. Durante esta ASV se revisaron los atributos de la vía, agrupándolos en ocho grupos:

- Proyecto geométrico.
- Superficie de rodamiento.
- Señalamiento horizontal y vertical.
- Mobiliario vial.
- Gestión de tránsito.
- Trabajos en la vía.
- Usuarios de la vía.
- Vehículos en la vía.

Como resultado de la ASV se detectaron una serie de hallazgos, mismos que se describen de manera general y hay otros particulares que involucran a veces más de un grupo de atributos.

En general, se observa que el tramo auditado no presenta mantenimiento reciente; se detectaron problemas en el señalamiento horizontal y vertical, así como en la superficie de rodamiento.

Muchos de los hallazgos detectados se podrían mejorar con un programa de mantenimiento periódico que incluya la colocación del señalamiento horizontal (marcas sobre el pavimento) con botones y otros elementos reflejantes, así como la colocación del señalamiento vertical faltante y el mantenimiento del existente. Hay otros hallazgos que requieren medidas de mejoramiento mayores tal como el rediseño de algunas intersecciones y el control de accesos.

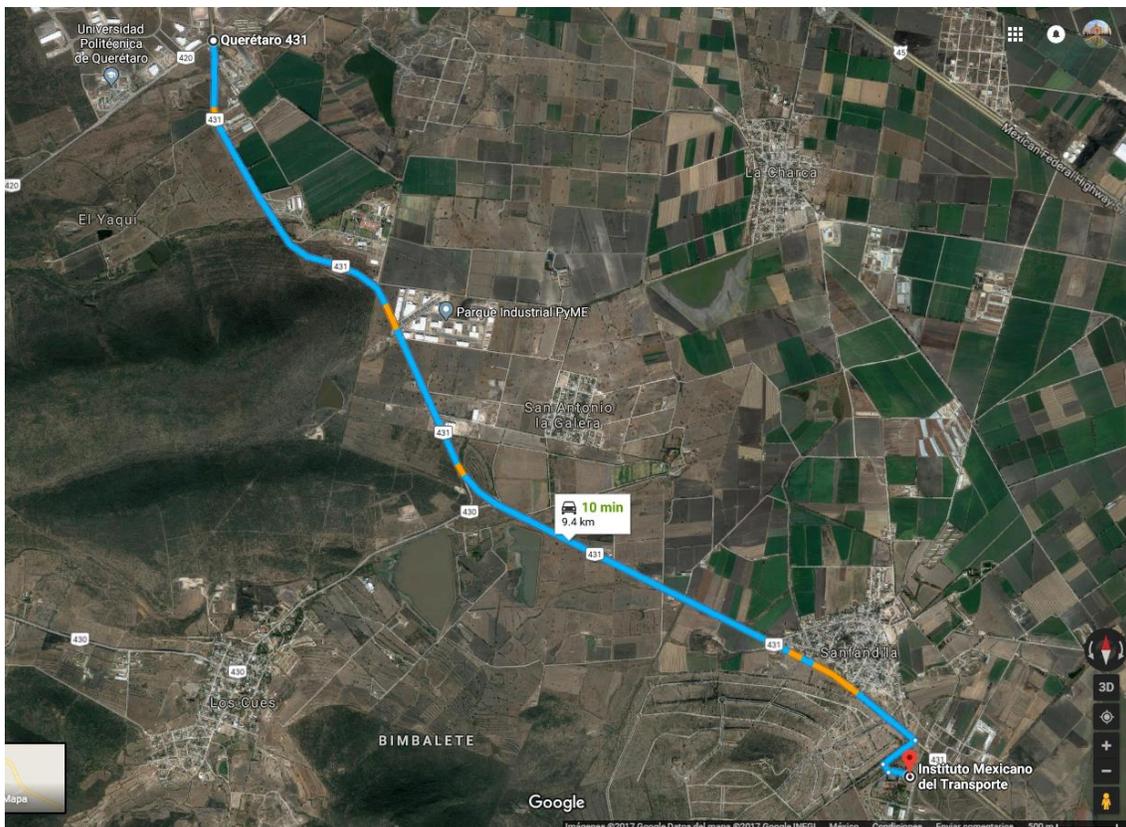
Todas estas medidas de mejora propuestas consideran a todos los usuarios de la vía y ayudan a mejorar la operación de la misma, evitando o disminuyendo los accidentes viales que pueden ocurrir, o reduciendo las consecuencias de los mismos. De igual manera, al implementar estas recomendaciones se mejora el comportamiento del usuario en la vía, al reducir sus velocidades de operación y los puntos de conflicto presentes en el tramo, esto proporcionará como consecuencia una vía más segura.





# Introducción

En años recientes se ha incrementado la accidentalidad en la Carretera Estatal 431 El Colorado Galindo, en el tramo comprendido entre el km 3+000 (entronque con la Carretera Estatal 420 a El Rosario) y el km 12+000 (entrada al Instituto Mexicano del Transporte, IMT), reportándose desde accidentes leves con sólo daños materiales hasta accidentes graves que provocaron la muerte innecesaria de más de cinco personas en los últimos años. En la Figura I.1 se muestra el esquema del tramo carretero a analizar en este estudio; en la imagen se observa la presencia de al menos cuatro intersecciones importantes en las que se pueden presentar problemas de seguridad: el acceso al Parque Industrial PyME, el entronque con la Carretera Estatal 430 a Los Cues, el acceso al poblado San Antonio la Galera y la población San Fandila ubicada a un costado de la carretera analizada.



**Figura I. 1 Tramo en estudio, km 3+000 al 12+000 Carretera Estatal 431 El Colorado – Galindo.**

Fuente: Mapas de Google.

Con base en la información observada por los trabajadores del IMT y una recopilación periodística, se sabe que durante 2017 ocurrieron al menos cuatro accidentes en el tramo carretero analizado, dos de los cuales dejaron en conjunto un saldo de siete personas muertas y más de 40 lesionados.

El primer accidente del periodo evaluado, se detectó en el periódico “El Sol de San Juan del Río”, ocurrió el primero de mayo de 2017 a la altura de San Fandila, fue un choque por alcance en el que fallecieron dos menores de edad y otra persona resultó lesionada. El vehículo más afectado se muestra en la Figura I.2.



**Figura I. 2 Vehículo en el que viajaban las víctimas del accidente del 1° de mayo de 2017.**

Fuente: El Sol de San Juan del Río

El accidente que tuvo mayor cobertura mediática fue el ocurrido el 7 de septiembre de 2017, sucedió aproximadamente en el kilómetro 9+500 en el que estuvieron involucrados tres autobuses para el transporte de personal en un choque frontal, tuvo un saldo de cinco personas muertas en el sitio y otras 42 lesionadas (véase Figura I.3).

Los otros dos accidentes de los que se tienen conocimiento se registraron en el primer acceso a la localidad San Fandila (en dirección a Galindo), en el que trabajadores del IMT se percataron de la ocurrencia de dos accidentes ocurridos en el mismo punto y durante una misma semana de noviembre de 2018. Buscando información adicional en Internet, se observa que se han reportado más accidentes mortales en años anteriores.



**Figura I. 3 Choque entre camiones de personal en la carretera 431, el 7 de septiembre de 2017.**

Fuente: Buscador de imágenes de Google.

Se pueden considerar dos tipos de enfoques para el mejoramiento de la infraestructura de la vía, pudiendo ser preventivos o paliativos. Dentro del enfoque preventivo destacan los estudios tales como las Auditorías de Seguridad Vial, realizadas para evaluar las condiciones de la vía y proponer medidas de mejoramiento antes de que suceda algún accidente de tránsito; por otro lado, se encuentra el enfoque paliativo cuyo objetivo primordial es proponer medidas de mejoramiento para remediar un problema que ya ha ocasionado accidentes de tránsito. La modificación de la infraestructura atendiendo estos enfoques, provee un mejoramiento de la operación de la vía, así como una reducción en la accidentalidad y sus consecuencias.

Motivados por el incremento de la accidentalidad en la zona, con la iniciativa de contribuir a mejorar las condiciones de seguridad vial de la región en la que se encuentra asentada esta institución y con el objetivo de proporcionar mayor seguridad, tanto a los trabajadores del IMT como a la población de la región, en el trayecto de la carretera 431, es que los investigadores de la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte proponen el presente proyecto, en el que se combinan los enfoques preventivos y paliativos para recomendar una serie de medidas de mejora, desde el punto de vista de la seguridad vial, al tramo carretero del km 3+000 al 12+000 de la Carretera Estatal 431 El Colorado Galindo, del Estado de Querétaro.

Esta investigación permitirá contribuir al cumplimiento del objetivo 6 “Desarrollar integralmente y a largo plazo al sector con la creación y adaptación de tecnología y la generación de capacidades nacionales”, del Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013 – 2018, mismo que se encuentra alineado a los objetivos 3.5 “Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación pilares para el progreso económico y social sostenible” y 4.9 “Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica” del Plan Nacional de Desarrollo 2013–2018.

## **1. Objetivo**

Generar recomendaciones desde el enfoque de la infraestructura carretera buscando mejorar la operación de la vía, reducir la cantidad de accidentes y minimizar sus consecuencias, en el tramo carretero comprendido ente los km 3+000 y 12+000 de la Carretera Estatal 431 El Colorado Galindo, mediante dos análisis; la realización de una Auditoría de Seguridad Vial, misma que se llevará a cabo utilizando el equipo Hawkeye 2000 del IMT, y mediante una revisión detallada de los sitios en los que se han reportado accidentes en los últimos años.

## **2. Alcances**

Se generarán una serie de recomendaciones de seguridad vial enfocadas a mejorar la infraestructura que permita una operación segura en la carretera, reduciendo así la accidentalidad y sus consecuencias. Estas recomendaciones consideraran a todos los usuarios de la vía, como son: Ocupantes de vehículos, motociclistas, ciclistas y peatones; y serán el resultado de la realización de la Auditoría de Seguridad Vial y el análisis de los sitios que han reportado accidentes en los últimos años, en el tramo carretero comprendido entre los kilómetros 3+000 y 12+000 de la Carretera Estatal 431 El Colorado Galindo.

## **3. Metodología**

Con la información publicada en los diversos periódicos locales se determinaron los sitios en los que se han reportado accidentes en años recientes, en el tramo de la Carretera Estatal 431 desde el km 3+000 hasta el km 12+000, dicha información que se enriqueció con información solicitada a las autoridades estatales sobre la accidentalidad en la carretera estudiada. Con el análisis anterior se determinaron los sitios a analizar detalladamente.

Una vez definidos los sitios, se realizó el trabajo de campo, mismo que consiste en un levantamiento del tramo analizado con el equipo Hawkeye del IMT (mismo que hace un levantamiento fotográfico georreferenciado a cada 10 m), así como un

levantamiento detallado de los sitios definidos anteriormente. Con la información recopilada se llevó a cabo el trabajo de gabinete, mediante el cual se identificaron los principales problemas del tramo carretero y se propusieron las medidas de mejora a la infraestructura vial, considerando a todos los usuarios de la vía.

## **4. Actividades**

A continuación, se presenta una descripción de cada una de las actividades que se desarrollaron en este estudio:

- A. **Recopilación de Información.** Se analizaron las notas periodísticas de los años recientes, con el objetivo de localizar los sitios conflictivos más importantes del tramo en estudio; de manera paralela se solicitó a las autoridades estatales el registro de accidentalidad para el tramo carretero en estudio. Con esta información se determinaron los sitios específicos del tramo carretero que fueron analizados detalladamente.
- B. **Visitas de Campo.** Una vez determinados los sitios conflictivos del tramo carretero, se realizaron visitas de campo con la finalidad de recabar toda la información de las condiciones actuales de la infraestructura de todo el tramo carretero y de los sitios elegidos como conflictivos a partir de la información recaba en el inciso anterior. Se realizaron aforos para corroborar la cantidad de vehículos que circulan por esta carretera y su respectiva composición vehicular, se midieron velocidades de operación, se caracterizó la vía mediante un levantamiento con el Hawkeye de forma que se determinaron las características de la infraestructura y operación de todo el tramo analizado.
- C. **Análisis de la Información.** Una vez caracterizadas las condiciones actuales de la infraestructura del tramo analizado y de los sitios conflictivos, se determinó la principal problemática en materia de seguridad vial y se analizaron las posibles medidas de mejoramiento que se pueden aplicar para incrementar la seguridad vial del tramo carretero.
- D. **Generación de Recomendaciones de mejora de la seguridad vial.** De acuerdo a la problemática detectada y sus posibles soluciones, se generaron las recomendaciones de medidas de mejora por aplicar con la finalidad de incrementar la seguridad vial del tramo carretero.
- E. **Elaboración de Informe Final (Publicación del IMT).** Se realizó el informe final integrando los resultados más relevantes del estudio.

Dadas las características de este estudio, su realización se hizo con personal de la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte (CSOT) en las instalaciones del IMT, en San Fandila, Querétaro, con algunas visitas al tramo de estudio para la recopilación de información de campo.

## **5. Beneficios esperados**

Promover la seguridad para todos los usuarios mediante la aplicación de una serie de recomendaciones orientadas a mejorar la infraestructura y operación del tramo carretero comprendido entre los kilómetros 3+000 y 12+000 de la Carretera Estatal 431 El Colorado Galindo. Este enfoque de seguridad vial aplicado a la infraestructura pretende tener como resultados el mejoramiento del comportamiento de los usuarios, al reducir las velocidades de operación, así como la cantidad de conflictos de tránsito presentes, dejando como consecuencia una vía más segura al reducirse la cantidad de accidentes y minimizar las consecuencias de los mismos.

El cliente potencial del presente proyecto es la Comisión Estatal de Infraestructura de Querétaro, a la cual se entregará la serie de recomendaciones de seguridad vial de la infraestructura, producto de este proyecto, solicitando su atención con el objetivo de evitar la ocurrencia de accidentes en el tramo carretero analizado, y de minimizar las consecuencias de los mismos.

# **1 Recopilación de información**

---

En este capítulo se presenta la información requerida para llevar a cabo el presente estudio en el tramo carretero evaluado, está dividida en tres partes, la primera caracteriza de manera general el tramo; la segunda contabiliza los saldos de accidentes de tránsito que reflejan la problemática de la seguridad vial; por último, se desglosa la operación vehicular, destacando el aforo vehicular, su composición y las velocidades de operación registradas.

## **1.1 Caracterización del tramo carretero evaluado**

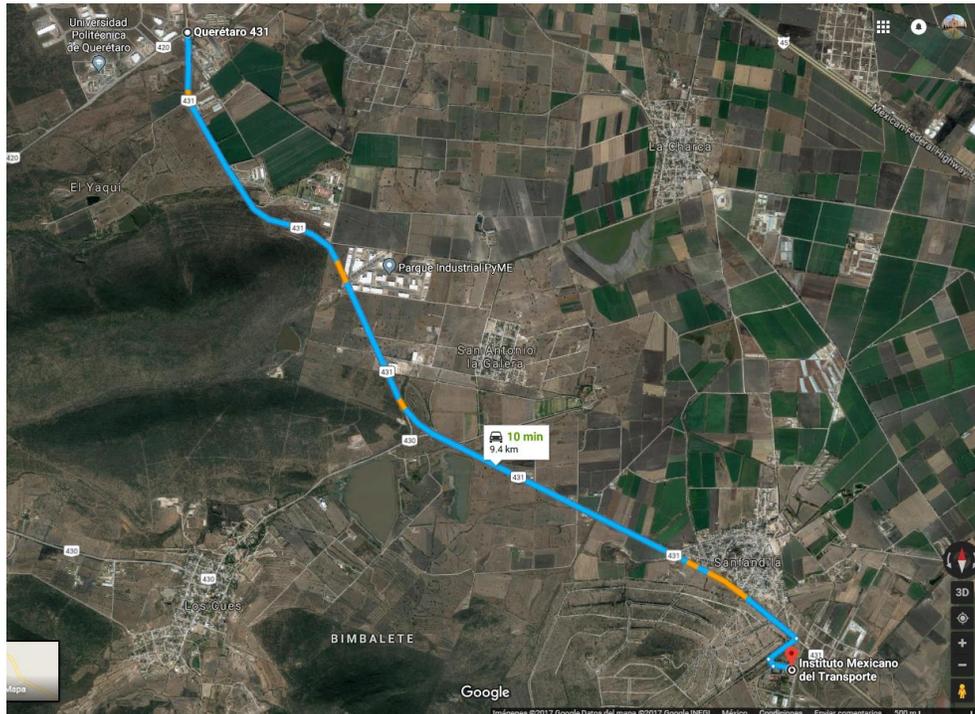
La carretera evaluada pertenece a la Estatal No. 431 que comunica los poblados de El Colorado y Galindo, ubicados en los Municipios de El Marqués y San Juan del Río, respectivamente.

El tramo carretero auditado es el comprendido entre el kilómetro 3+000 y el kilómetro 12+000, la selección del mismo atiende la inquietud de los investigadores del IMT de contribuir a mejorar la seguridad de la carretera por la que transitan los trabajadores de la institución, así como de contribuir a mejorar la seguridad vial de los habitantes de las localidades aledañas al Instituto. Se decidió auditar desde el kilómetro 3+000 por ser el punto donde la Carretera Estatal No.431 intersecta con la Carretera Estatal No. 420, punto en el que se tiene una modificación de la geometría de la carretera; hasta el kilómetro 12+000 por ser dónde se encuentra ubicado el Instituto Mexicano del Transporte.

Durante 2018 fue modernizado el tramo comprendido entre los kilómetros 0+000 y 3+000 de la Carretera Estatal 431, de igual forma que los ocho kilómetros que conforman la Carretera Estatal 420, realizándose trabajos de ampliación de la sección transversal, contando así estos tramos carreteros con cuatro carriles de circulación, dos carriles por sentido, en cuerpos separados. Es a partir de la intersección entre las dos carreteras estatales que la geometría de la vía cambia a dos carriles de circulación (un carril por sentido), y se mantiene así hasta el final del tramo auditado.

De acuerdo con las características geométricas de la vía y con la clasificación de carreteras publicada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se determina que la carretera auditada es una carretera Tipo “C”, ya que cuenta con dos carriles de circulación (uno por sentido), cuyo ancho mínimo es de 3.0 m y tiene acotamientos de hasta 0.5 m. A falta de información oficial en relación con el proyecto de esta carretera y dada las características geométricas, se estima que fue

diseñada para una velocidad de proyecto de 80 km/h. En la Figura 1.1 se presenta el esquema del tramo en estudio.



**Figura 1.1 Tramo en estudio, km 3+000 al 12+000 Carretera Estatal 431 El Colorado – Galindo.**

Fuente: Mapas de Google.

## 1.2 Análisis de Accidentalidad

Como se mencionó en la introducción, a partir de las notas periodísticas se observa que la accidentalidad del tramo carretero auditado se ha incrementado en años recientes, cobrando la vida de al menos siete personas y dejando más de 40 lesionadas. Con la finalidad de contar con más información, los investigadores del presente estudio solicitaron a la Secretaría de Seguridad Ciudadana del Estado de Querétaro datos de accidentalidad. Se obtuvo información para el periodo comprendido entre el 01 de enero de 2016 y el 31 de julio de 2018, cuyo análisis se presenta a continuación. En el periodo analizado se reportaron un total de 133 accidentes que dejaron un saldo de 73 personas lesionadas y nueve fallecidas.

La información obtenida no incluye el sitio o kilómetro preciso en el que sucedieron los accidentes, por lo que no es posible realizar un análisis espacial, pero se pueden conocer las causas asociadas a cada suceso, en la Tabla 1.1 se presenta la información para cada año con registros, recordando que para el año 2018 únicamente se cuenta con información para los primeros siete meses del año.

**Tabla 1.1 Accidentalidad y sus causas, reportada en la Carretera Estatal No. 431 El Colorado – Galindo, en el tramo comprendido entre el km 3+000 y el 12+000.**

Año	Causa del Accidente	Accidentes	Lesionados	Muertos
2016	Falla Mecánica	1	1	0
	Invasión de Carril	7	9	1
	No ceder el paso	8	0	0
	No guardar distancia	6	0	0
	Velocidad excesiva o inmoderada	17	5	2
	Virar indebidamente	1	0	0
	<b>Total 2016</b>	<b>40</b>	<b>15</b>	<b>3</b>
2017	Falla Mecánica	1	0	0
	Imprudencia del conductor	8	0	0
	Invasión de Carril	15	40	5
	Irrupción de semoviente	1	0	0
	No ceder el paso	14	4	0
	No guardar distancia	19	1	0
	Otro	2	0	0
	Rebaso imprudencial	1	0	0
	Relacionado con la carga	1	0	0
	Velocidad excesiva o inmoderada	16	7	1
	<b>Total 2017</b>	<b>78</b>	<b>52</b>	<b>6</b>
2018	Imprudencia del conductor	1	0	0
	Invasión de Carril	5	6	0
	No ceder el paso	3	0	0
	No guardar distancia	1	0	0
	Velocidad excesiva o inmoderada	5	0	0
	<b>Total 2018</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL PERIODO</b>		<b>133</b>	<b>73</b>	<b>9</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 1.1 la causa que ha ocasionado la mayor cantidad de accidentes es la velocidad excesiva (presente en el 28.6% de los accidentes), seguida por la invasión de carril (reportada en el 20.3% de los accidentes) siendo esta última causa la que generó la mayor cantidad de víctimas (reportándose por esta causa 55 personas lesionadas y 6 fallecidas). De la tabla también se observa que el año 2017 es en el que se reportó la mayor cantidad de accidentes y víctimas asociadas a los mismos, casi duplicándose la cantidad, en comparación con el año anterior y siendo también durante ese año que se reportó el accidente de los autobuses de transporte de personal, mencionado en la introducción, mismo que

fue ocasionado por la invasión de carril, lo que provocó un choque frontal que dejó como resultado 40 personas lesionadas y 5 fallecidas.

Para el año 2018 se observa que el saldo, considerando la información disponible, es menor que en años anteriores, sin embargo, analizando el mismo periodo de tiempo de cada año (los meses de enero a julio) se observa que en 2016 se reportaron 23 accidentes dejando un saldo de nueve lesionados y dos muertes, para el 2017 se reportaron 10 accidentes que dejaron siete lesionados y un fallecido y para 2018 se registran 15 accidentes con seis lesionados; analizando estas cifras correspondientes a los primeros siete meses del año se observa que el 2017 es el año que reportó la menor cantidad de accidentes, sin embargo es 2018 el año en el que no se reportaron fallecidos a causa de los accidentes de tránsito y se presenta una disminución en la cantidad de lesionados. Este análisis estará completo una vez que se tenga la información del resto del año 2018.

Debido a la falta de información respecto a la ubicación precisa donde ocurrieron los accidentes, no es posible realizar un análisis de sitios peligrosos. De la información recabada a partir de las notas periodísticas, se observa que la zona de San Fandila es donde se han presentado los accidentes con mayores consecuencias de pérdida de vidas y/o lesionados; razón por la cual se prestó especial atención en esta zona al momento de hacer la auditoría.

## **1.3 Operación vehicular**

En este apartado se presenta la información utilizada para caracterizar la operación vehicular del tramo auditado. Asimismo, se incluyen y analizan los datos de volúmenes de tránsito (a partir del registro de volúmenes horarios), caracterizando así la ocupación y operación; y las velocidades de punto (para determinar la velocidad de operación). Para hacer este análisis se definieron cinco puntos para la toma de datos, mismos que se muestran en la Figura 1.2 y Figura 1.3.

### **1.3.1 Volumen de tránsito**

Un concepto básico utilizado en la ingeniería de tránsito para mostrar la actividad vehicular en las carreteras es el volumen. El volumen de tránsito se define como el número de vehículos que pasan por un lugar específico por unidad de tiempo, la forma de obtener dicha variable es por medio de conteos o aforos, ya sean manuales o automáticos. 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.



**Figura 1.2 Diagrama de ubicación de los puntos 1 y 2 para toma de datos para caracterizar la operación vehicular del tramo auditado.**

Fuente: Elaboración propia con imágenes de Mapas de Google.



**Figura 1.3 Diagrama de ubicación de los puntos 3, 4 y 5 para toma de datos para caracterizar la operación vehicular del tramo auditado.**

Fuente: Elaboración propia con imágenes de Mapas de Google.

Cuando no se cuenta con información anual, es posible obtener el TDPA con aforos diarios en diferente horario de demanda de la vialidad, según el Manual para obtener

los Volúmenes de Tránsito en Carreteras, publicado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Los conteos especialmente se requieren para cubrir necesidades de proyectos específicos, por lo tanto, se realizan para estudios determinados como: proyecto de entronques, modernización de la sección geométrica, rehabilitación, estudios de impacto vial y otros proyectos en específico como esta auditoría de seguridad vial.

Los conteos específicos o especiales se toman tradicionalmente en un plazo relativamente corto (menor a una semana) y recogen datos con mayor detalle que los conteos semanales debido a que la necesidad de información no se detecta hasta después de que el proyecto ha sido seleccionado para su construcción; por esto no existe el tiempo suficiente para disponer de conteos dentro del programa de conteo regular.

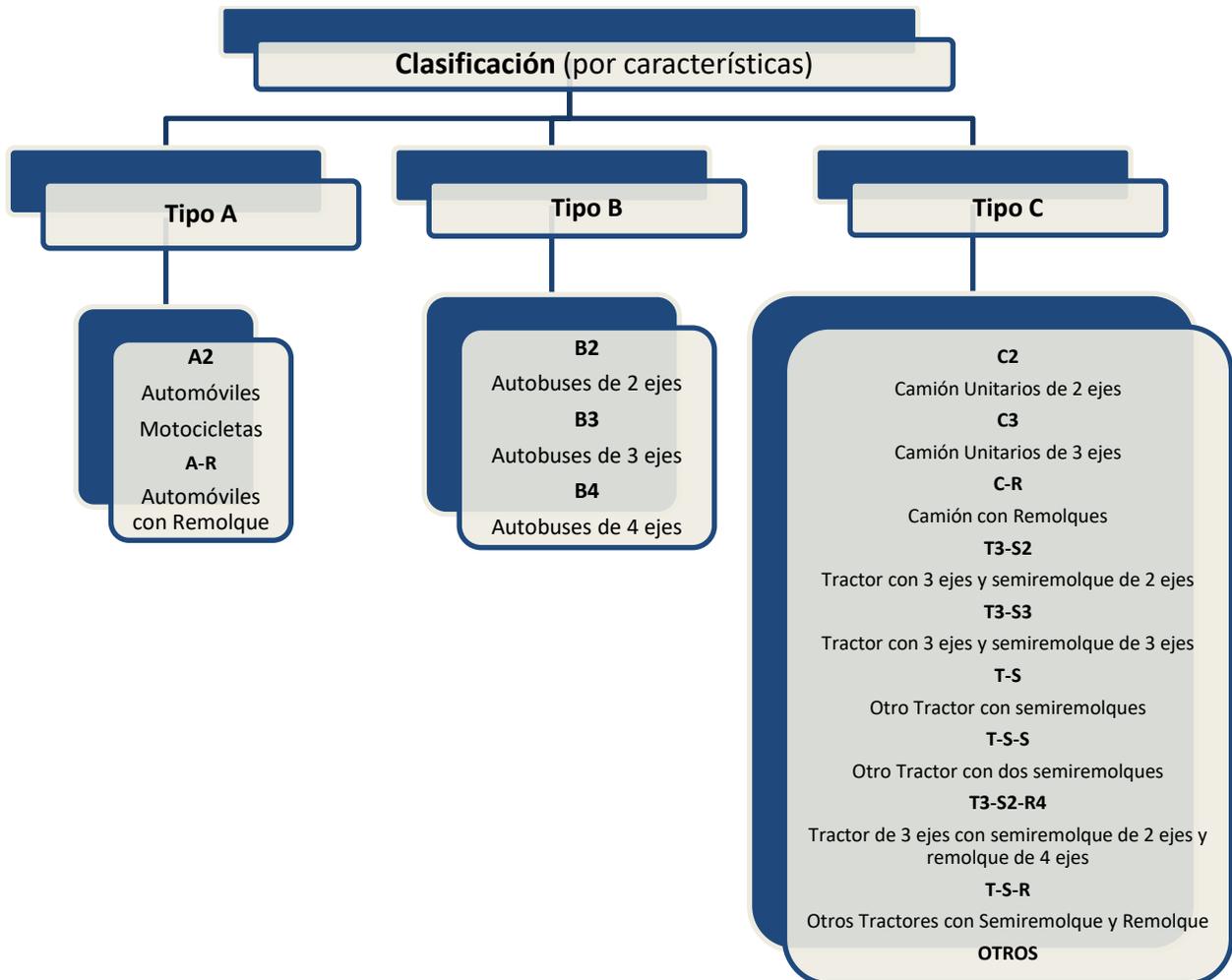
Según el aforo obtenido, la clasificación vehicular se puede realizar de acuerdo con la función de los vehículos (Figura 1.4) y sus características (Figura 1.5).



**Figura 1.4 Diagrama de categorías vehiculares.**

Fuente: Manual para obtener los volúmenes de tránsito en carreteras, SCT.

Los conteos permanentes realizados por estaciones maestras proporcionan los elementos necesarios para el cálculo de los factores de corrección para cada tipo de vehículo; estos factores son empleados para una estimación precisa del TDPA a través de las estaciones temporales. Dichas estaciones registran el volumen de tránsito por clasificación vehicular durante periodos cortos, que generalmente constan de una semana. Este conteo se utiliza en la estimación del TDPA para cada tipo de vehículo sobre el tramo carretero a través de los conteos realizados por las estaciones temporales. Con esta consideración, el TDPA total del tramo en cuestión es la suma de todos los valores obtenidos por clasificación vehicular. Otra función que tiene la clasificación vehicular dentro del monitoreo de flujo de tránsito, es el análisis de información sobre los patrones de comportamiento de un tipo de vehículo en particular, como los camiones de carga.



**Figura 1.5 Diagrama de clasificación vehicular.**

Fuente: Manual para obtener los volúmenes de tránsito en carreteras, SCT.

### 1.3.1.1 Estimación del TDPA

En este estudio utilizaremos la estimación de volúmenes diarios mediante conteos menores a 24 horas, el cual, para el conteo horario realizado por una estación temporal, registra los volúmenes de tres horas en un día. Se determina el Tránsito Diario Promedio (TDP) a través de una aproximación, tomando como referencia la estación de conteo La Noria sobre la Carretera Federal Libre MEX-120 La Noria – Acámbaro que es una carretera con características similares a la analizada en este estudio. Los datos se encuentran en los Datos Viales publicados por la SCT en la Figura 1.6, en la Figura 1.7 y en la Tabla 1.2 se presentan los resultados de los conteos realizados en la estación temporal.

Recomendaciones para mejorar la seguridad vial en el tramo comprendido entre el kilómetro 3+000 hasta el kilómetro 12+000 de la carretera estatal 431 El Colorado Galindo

3 CARR: La Noria - Acámbaro		CLAVE: 00131										RUTA: MEX-120				AÑO: 2017				
LUGAR		ESTACION		CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO										COORDENADAS						
KM	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S24	OTROS	A	B	C	M	D	LATITUD	LONGITUD	
La Noria	0.00	3	0	9265	1.2	79.2	1.0	10.8	1.3	4.4	1.0	0.4	0.7	80.4	1.0	18.6	0.079	0.502	20.438608	-100.074098
Amealco	34.66	1	0	5574	1.2	80.7	1.7	9.6	1.4	3.5	1.1	0.4	0.4	81.9	1.7	16.4	0.095	0.508	20.198733	-100.149917
Amealco	34.66	3	0	5420	1.3	85.6	0.6	6.9	0.9	3.0	1.0	0.3	0.4	86.9	0.6	12.5	0.123	0.502	20.186464	-100.159159
Lim. Edos. Term. Gro. Ppia. Mich.	39.15																			
Lim. Edos. Term. Mich. Ppia. Gto.	55.90																			
Coroneo	59.35	3	0	2103	1.2	82.5	2.9	9.4	0.9	1.5	1.2	0.3	0.1	83.7	2.9	13.4	0.088	0.555	20.194954	-100.376106
Jenécuaro	79.70	3	0	2886	3.8	82.0	1.3	9.8	0.7	1.4	0.7	0.2	0.1	85.8	1.3	12.9	0.078	0.502	20.143599	-100.536659
Acámbaro	111.12	1	0	7528	4.9	78.9	0.6	9.7	1.1	3.3	1.0	0.1	0.4	83.8	0.6	15.6	0.069	0.506	20.049599	-100.701259

Figura 1.6 Aforos de la Carretera Federal Libre MEX-120 La Noria-Acámbaro. Fuente: Datos viales, SCT.

P1	Sentido 1						Sentido 2					
	A	B	C	M	Bi	TOTAL	A	B	C	M	Bi	TOTAL
12:00 - 12:15	34	1	3	1	0	39	42	0	6	0	0	48
12:15 - 12:30	48	1	6	1	0	56	62	0	11	0	0	73
12:30 - 12:45	34	0	8	0	0	42	43	2	11	0	0	56
12:45 - 13:00	42	2	6	1	0	51	48	2	8	0	0	58
	158	4	23	3	0	188	195	4	36	0	0	235
P2												
13:00 - 13:15	57	1	9	1	0	68	58	2	8	0	0	68
13:15 - 13:30	64	2	5	1	0	72	52	5	4	1	0	62
13:30 - 13:45	62	2	4	0	0	68	65	4	4	0	0	73
13:45 - 14:00	49	1	4	0	0	54	61	3	11	0	0	75
	232	6	22	2	0	262	236	14	27	1	0	278
P3												
14:00 - 14:15	32	0	6	0	0	38	38	2	7	2	0	49
14:15 - 14:30	44	7	3	0	0	54	64	13	0	0	0	77
14:30 - 14:45	41	2	5	0	0	48	46	3	4	0	0	53
14:45 - 15:00	41	3	5	0	0	49	53	4	2	0	0	59
	158	12	19	0	0	189	201	22	13	2	0	238

A=Autos B=Autobuses C=Vehículos de carga M=Motos Bi=Bicicleta

Figura 1.7 Aforo vehicular en estación temporal. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.2 Conteo horario realizado por la estación especial temporal.

ESTACIÓN DE CONTEO ESPECIAL (Conteo diario)						
Hora	A	B	C	M	Otros	Tránsito Horario
12:00	353	8	59	3	0	423
13:00	468	20	49	3	0	540
14:00	359	34	32	2	0	427

Fuente: elaboración propia.

Se obtuvieron los factores de corrección horarios (H) de las estaciones mediante la ecuación que a continuación se muestra, los resultados de estas operaciones se encuentran en la Tabla 1.3.

$$H_{veh} = \frac{TD_{Mveh}}{TH_{Mveh}}$$

Dónde:

$H_{veh}$  = Factor de corrección horario del vehículo para la hora en que se realizó el conteo especial.

$TD_{Mveh}$  = Tránsito diario promedio de la estación maestra para un vehículo en específico, el mismo día en que se realizó el conteo especial.

$TH_{Mveh}$  = Tránsito horario de la estación maestra para un vehículo en específico, el mismo día y hora en que se realizó el conteo especial.

**Tabla 1.3 Cálculo del Factor Horario (H) para el periodo temporal de conteo.**

ESTACIÓN MAESTRA (Conteo diario) TD= vehículos					
	A	B	C	M	Otros
<b>TD M</b>	<b>7338</b>	<b>93</b>	<b>1723</b>	<b>111</b>	<b>0</b>
<b>Factor H 12:00</b>	20.79	11.63	29.20	37.00	0.00
<b>Factor H 13:00</b>	15.68	4.65	35.16	37.00	0.00
<b>Factor H 14:00</b>	20.44	2.74	53.84	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia.

A continuación se determinó, mediante el empleo del Tránsito Horario (TH) y los factores de corrección horario (H), el Tránsito Diario Promedio (TDP) para cada una de las horas registradas, de acuerdo a la siguiente ecuación, la

Tabla 1.4 muestra los resultados obtenidos de la estimación del TDP.

$$TDP_{veh} = TH_{veh} * H_{veh}$$

Dónde:

$TDP_{veh}$ = Tránsito diario promedio por clasificación vehicular para la estación de conteo especial en el día de análisis.

$TH_{veh}$ = Tránsito Horario para un vehículo en específico contabilizado por la estación de conteo especial.

$H_{veh}$ = Factor de corrección horario del vehículo en la hora en que se realizó el conteo especial.

Tabla 1.4 Cálculo del TDP para la estación de conteo temporal.

ESTIMACIÓN DEL TRÁNSITO DIARIO PROMEDIO					
	A	B	C	M	Otros
TH 12:00	353	8	59	3	0
Factor H 12:00	20.79	11.63	29.20	37.00	0
TDP 12:00	7338	93	1723	111	0
TH 13:00	468	20	49	3	0
Factor H 13:00	15.68	4.65	35.16	37.00	0
TDP 13:00	7338	93	1723	111	0
TH 14:00	359	34	32	2	0
Factor H 14:00	20.44	2.74	53.84	0.00	0
TDP 14:00	7338	93	1723	0	0

Fuente: elaboración propia.

#### 1.3.1.1.1 Factor K.

Debido a la necesidad de obtener el TDPA para el cálculo del factor K, este parámetro solo se puede calcular en las estaciones maestras. La necesidad de conocer este factor para los conteos temporales ha generado métodos de aproximación. A continuación, se describe el utilizado en este estudio.

Primero, se realizó una aproximación al factor K de la estación temporal mediante el cálculo de K, este valor se expresa:

$$K' = \frac{TH_{MAX}}{TDPA_m}$$

Dónde:

K' = Relación entre el tránsito horario máximo de la estación temporal y el tránsito diario promedio anual estimado de la misma. Primera aproximación al factor K.

TDPA<sub>m</sub> = Tránsito diario promedio anual estimado de la estación temporal.

TH<sub>MAX</sub> = Volumen horario máximo medido en la estación temporal.

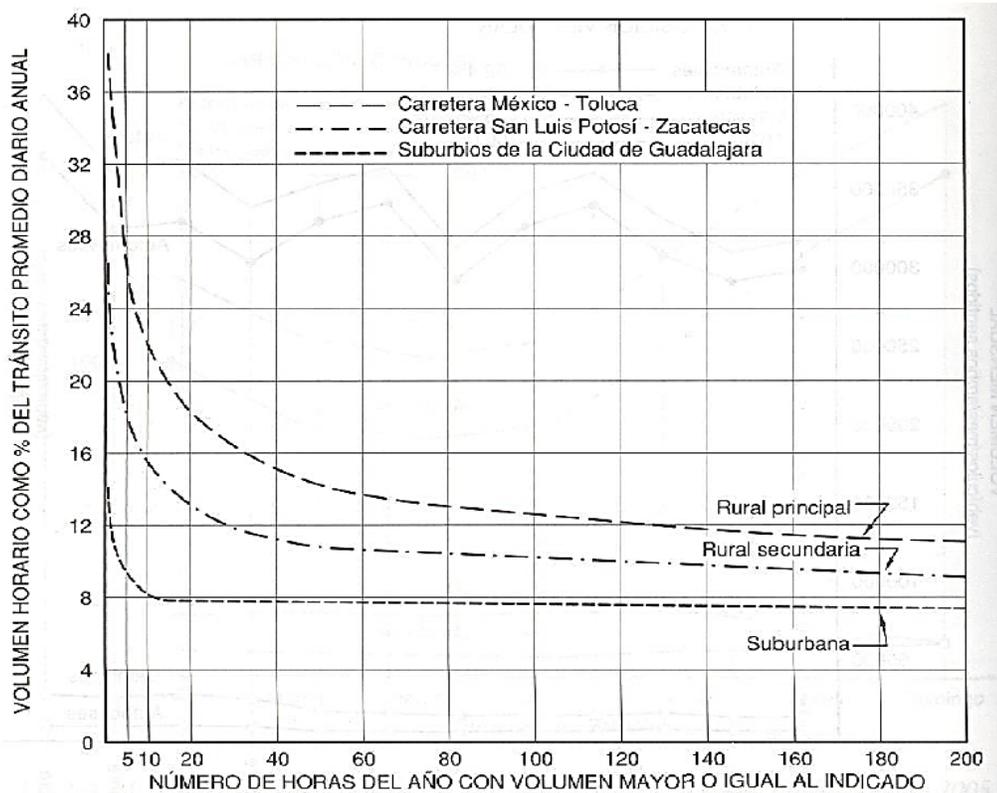
$$K' = \frac{TH_{MAX}}{TDPA_m} = \frac{540}{9154} = 5.90 \text{ del TDPA}$$

Si se hiciera un listado de volúmenes de tránsito horario que se presentan en el año, en orden descendente, sería posible determinar los volúmenes horarios de la 10ª, 20ava, 30ava, 50ava, 70ava o 100ava hora de máximo volumen. Lo anterior puede

expresarse como una gráfica que indique la variación del tránsito horario durante todo el año, como se muestra en la Figura 1.8 que presenta la relación entre 3 curvas, que relacionan los volúmenes horarios más altos del año y el TPDA de las carreteras nacionales.

Estas curvas muestran la variación que pueden tener los volúmenes de tránsito horario durante el año, observándose que la mayor parte del tránsito ocurre en una baja cantidad de horas durante el año.

Para fines de proyecto, normalmente se utiliza el volumen de la hora 30. Así, el volumen horario para esta hora estará comprendido entre el 8% y el 16% del TPDA. Entonces, para carreteras suburbanas, el volumen de proyecto de la hora 30 es aproximadamente el 57% de la hora de máximo volumen (8% - 14%), para carreteras rurales secundarias el 46% (12% - 26%) y para carreteras rurales principales el 42% (16% - 38%).



**Figura 1.8 Relación entre los volúmenes horarios más altos del año y el TPDA.**

Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. México, 1991.

De acuerdo con lo anterior, en los proyectos de carreteras, el Volumen Horario de Proyecto (VHP), para el año de proyecto en función del TPDA, se expresa como:

$$VHP = k(TPDA)$$

Donde:

$k$  = Valor esperado de la relación entre el volumen de la n-ava hora seleccionada y el TPDA del año de proyecto.

Tomando en cuenta la Figura 1.8, si se selecciona la hora 30 como la de proyecto, para proyecciones a años futuros se recomienda considerar los siguientes valores de  $K$ :

Para carreteras suburbanas:  $k=0.08$

Para carreteras rurales secundarias:  $k=0.12$

Para carreteras rurales principales:  $k=0.16$

En este caso de estudio el valor  $K$  de 5.90% se obtuvo del procedimiento anterior para determinar el TDPA, mientras que el valor  $K$  de los datos viales obtenidos de la carretera de referencia es de 7.90%, por lo que se decidió tomar en cuenta el factor  $K$  obtenido en el primer proceso para calcular el TDPA de la carretera en estudio. A continuación, se muestra la fórmula y el resultado.

$$TDPA = \frac{VHP}{K} = \frac{540}{0.0590} = \mathbf{9,152 \text{ Vehículos}}$$

Para corroborar los datos anteriores, los autores del presente trabajo buscaron información de aforos realizados por diferentes dependencias estatales o alguna otra institución. La empresa ZUBIQ Ingeniería en Movilidad Integral proporcionó datos de aforo llevados a cabo el 20 de febrero de 2018, obtuvieron para el Sentido A (El Colorado – Galindo) un total de VHP= 531 vehículos en el horario de máxima demanda que fue de las 07:30 a las 8:30 horas y para el Sentido B (Galindo – El Colorado) un total de VHP= 548 vehículos en el horario de máxima demanda que fue de las 17:15 a las 18:15 horas. Con esta información se corrobora la coherencia de los aforos realizados para este trabajo y se observa una similitud en la cantidad de vehículos que circulan por el tramo auditado ya que para el aforo realizado a finales de 2019 el VHP fue de 540 vehículos para cada sentido según el cálculo mediante la metodología de la SCT publicado en el Manual para obtener los Volúmenes de Tránsito en Carreteras.

Respecto a la composición vehicular, durante el aforo realizado en la estación temporal, se clasificaron los tipos de vehículos que circulan por la vía auditada, siendo la mayoría vehículos ligeros (Tipo A), 86.8% en el Sentido 1 y 84.2% en el Sentido 2; seguidos por los vehículos de carga (agrupando todas las configuraciones con la nomenclatura “Tipo C”), 9.3% en el Sentido 1 y 10.1% en el Sentido 2; en tercer lugar se encuentran los autobuses (Tipo B), 3.2 % en el Sentido 1 y 5.3% en el Sentido 2; y por último se reporta una pequeña presencia de motocicletas (Tipo M), 0.7% en el Sentido 1 y 0.4% en el Sentido 2.

### 1.3.2 Velocidades de punto.

La velocidad se define como la relación entre la distancia que recorre un vehículo en una determinada cantidad de tiempo. La velocidad de los vehículos que circulan por una vía es uno de los parámetros más utilizados para el cálculo de la mayoría de los elementos de proyecto de un sistema vial.

De acuerdo con Cal y Mayor et. al. (2007) “La velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin de que origine un perfecto equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía, de tal manera que siempre se garantice la seguridad”.

La velocidad de punto de un vehículo cualquiera se define como la velocidad al momento de pasar por un determinado punto o sección transversal de una vía y está diseñada para medir las características de la velocidad en un lugar específico, bajo condiciones prevalecientes de tránsito y de las condiciones climatológicas del sitio al momento de realizar el estudio. En este estudio, el análisis de velocidades de punto busca determinar la relación de la velocidad de los vehículos con la ocurrencia de percances en la carretera en estudio, además de servir para caracterizar la operación de la misma, de forma que se puedan proponer medidas de mejoramiento que reduzcan la accidentalidad y sus causas.

Los parámetros a considerar en el análisis de velocidades se describen a continuación:

Percentil 85 (P-85): Se refiere a la velocidad de operación del sitio en estudio e indica la velocidad máxima a la que viajan el 85% de los vehículos, es decir el 85% de los conductores deciden viajar a esa velocidad o a velocidades menores.

Percentil 15 (P-15): Representa el límite inferior de la velocidad e indica la velocidad máxima a la que viajan el 15% de los vehículos

Velocidad mínima (V<sub>mín</sub>): Se trata de la mínima velocidad registrada por alguno de los vehículos que circulaban por el sitio donde se llevó a cabo el levantamiento de datos.

Velocidad máxima (V<sub>máx</sub>): Es la máxima velocidad registrada por alguno de los vehículos que circulaban por el sitio donde se llevó a cabo el levantamiento de datos.

Velocidad ponderada o media aritmética: es la suma de todas las velocidades dividida en el número de observaciones y representa la velocidad media temporal.

Mediana: Es el valor de velocidad correspondiente al 50% de frecuencia acumulada, es decir, la velocidad máxima que adopta el 50% de los conductores, su valor se obtiene del histograma de frecuencia.

Moda: Valor que más se repite, es decir, la velocidad que presentaron la mayor cantidad de vehículos al hacer el aforo.

Desviación estándar. Debido a que no todos los vehículos viajan a la misma velocidad, existe una dispersión de sus velocidades alrededor de la media, siendo la Desviación estándar una medida estadística de dispersión.

A continuación, se presenta el análisis de velocidades para el tramo carretero evaluado, caracteriza el comportamiento de los usuarios de la carretera mediante la toma de datos en cinco sitios distribuidos a lo largo de los nueve kilómetros auditados. Para cada sitio se registraron las velocidades de 240 vehículos (120 para cada sentido de circulación).

### **1.3.2.1 Punto 1.**

El Punto 1 se localiza en un tramo recto ubicado en el segmento comprendido entre el final de la Planta Procesadora de Pilgrim's Prime y el Centro Nacional de Metrología (CENAM), el límite de velocidad máximo permitido en esta tangente es de 80 km/h. Analizando la totalidad de registros se observa que la velocidad de operación del tramo para ambos sentidos es de 89 km/h (Percentil 85). El 35% de los vehículos registrados exceden el límite de velocidad permitido. Analizando cada sentido de circulación, se observa que los vehículos que viajan hacia Galindo son para los que se registran mayores velocidades, alcanzando un P-85 de 90 km/h y un exceso de velocidad en 45% de los vehículos estudiados en ese sentido de circulación. Por otro lado, los vehículos que circulan en el Sentido 2 (hacia El Colorado) obtienen un P-85 de 85 km/h y sólo el 25% de las mediciones es mayor que el límite máximo permitido. De acuerdo al tipo de vehículos que circulan por este tramo carretero, los vehículos ligeros (Tipo A) son para los que se detectan las mayores velocidades, con una velocidad de operación de 90km/h, siendo también un vehículo de este tipo el que registró la mayor velocidad registrada, 126 km/h; mientras que los vehículos de carga (Tipo C) son los que reportan la menor velocidad de operación con un P-85 de 78 km/h. En la Tabla 1.5 se presentan los principales parámetros estadísticos obtenidos para caracterizar el comportamiento de los conductores al circular por este punto del tramo carretero auditado.

### **1.3.2.2 Punto 2.**

El Punto 2 se localiza en un tramo recto ubicado en el segmento comprendido entre el Parque Industrial PyME y el entronque a la Población San Antonio la Galera, el límite de velocidad de esta tangente es de 70 km/h. Analizando la totalidad de registros para ambos sentidos, se observa que la velocidad de operación del tramo es de 83 km/h (Percentil 85) siendo el 45% de los vehículos registrados los que exceden el límite de velocidad permitido. Analizando cada sentido de circulación se observa que los vehículos que viajan hacia Galindo son los que reportan mayores velocidades alcanzando un P-85 de 86 km/h, y reportando un exceso de velocidad el 55% de los vehículos registrados en ese sentido de circulación. Por otro lado, los vehículos que circulan en el Sentido 2 (hacia El Colorado) reportan un P-85 de 79 km/h y sólo el 35% de los registros es mayor que el límite permitido. De acuerdo al tipo de vehículos que circulan por este tramo carretero, los vehículos ligeros (Tipo A) son los que reportan las mayores velocidades, con una velocidad de operación de 84 km/h, también un vehículo de este tipo registró la mayor velocidad al circular

a 104 km/h; mientras que los motociclistas son para los que se observa la menor velocidad de operación con un P-85 de 68 km/h. En este punto se detectó que los vehículos de carga (Tipo C) reportan una velocidad de operación superior a la máxima permitida, con un P-85 de 80 km/h, rebasando el límite permitido el 39% de este tipo de vehículos. En la Tabla 1.6 se presentan los principales parámetros estadísticos obtenidos para caracterizar el comportamiento de los conductores al circular por este punto del tramo carretero auditado.

### **1.3.2.3 Punto 3.**

El Punto 3 se localiza en un tramo recto ubicado en el segmento comprendido entre la Hacienda San Antonio la Galera, entronque a Los Cues y el poblado de San Fandila, el límite de velocidad máximo permitido en esta tangente es de 70 km/h. Analizando la totalidad de registros para ambos sentidos, se observa que la velocidad de operación del tramo es de 90 km/h (Percentil 85) siendo el 67% de los vehículos registrados los que exceden el límite de velocidad máximo permitido. Analizando cada sentido de circulación se observa que los vehículos que viajan hacia Galindo son los que reportan mayores velocidades alcanzando un P-85 de 91 km/h, y reportando un exceso de velocidad el 76% de los vehículos registrados en ese sentido de circulación. Por otro lado, para los vehículos que circulan en el Sentido 2 (hacia El Colorado) se obtiene un P-85 de 87 km/h y el 57% de los registros es mayor que el límite permitido. De acuerdo al tipo de vehículos que circulan por este tramo carretero, son los vehículos ligeros para los que se obtuvieron las mayores velocidades, con una velocidad de operación de 91 km/h, siendo también un vehículo de este tipo el que registró la mayor velocidad al circular a 126 km/h; mientras que los motociclistas son los que reportan la menor velocidad de operación con un P-85 de 77 km/h. En este punto también se observó que los vehículos de carga reportan una velocidad de operación superior a límite permitido, con un P-85 de 80 km/h, rebasando el límite permitido el 48% de este tipo de vehículos. En la Tabla 1.7 se presentan los principales parámetros estadísticos obtenidos para caracterizar el comportamiento de los conductores al circular por este punto del tramo carretero auditado.

Tabla 1.5 Parámetros estadísticos de las velocidades del Punto 1.

Parámetro estadístico	Unidad	SI 03/18 - Punto1														
		Total de Vehículos			Vehículos Tipo A			Vehículos Tipo Moto			Vehículos Tipo B			Vehículos Tipo C		
		Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2
Tamaño de la muestra	Veh	240	120	120	193	101	92	3	1	2	5	1	4	39	17	22
Velocidad Media Temporal	km/h	76.39	78.77	73.70	78.38	81.03	75.47	61.67	70.00	57.50	70.60	85.00	67.00	67.46	65.47	69.00
Desviación estándar	km/h	13.38	12.99	12.58	12.73	12.28	12.65	10.41	-	10.61	15.11	-	14.76	9.59	9.15	9.85
Moda	km/h	77.00	87.00	75.00	77.00	87.00	75.00	-	-	-	-	-	-	60.00	56.00	64.00
Mediana	km/h	77.00	79.00	75.00	78.00	81.00	75.50	65.00	70.00	57.50	75.00	85.00	73.50	66.00	62.00	70.50
Velocidad Mínima	km/h	45.00	51.00	45.00	51.00	51.00	52.00	50.00	70.00	50.00	45.00	85.00	45.00	48.00	55.00	48.00
Velocidad Máxima	km/h	126.00	126.00	115.00	126.00	126.00	115.00	70.00	70.00	65.00	85.00	85.00	76.00	85.00	79.00	85.00
P-15	km/h	62.00	66.00	61.00	65.00	68.00	62.00	54.50	70.00	52.25	61.20	85.00	57.15	57.70	56.40	60.30
P-50	km/h	77.00	79.00	75.00	78.00	81.00	75.50	65.00	70.00	57.50	75.00	85.00	73.50	66.00	62.00	70.50
P-85	km/h	89.00	90.00	85.00	90.00	93.00	86.35	68.50	70.00	62.75	79.60	85.00	75.55	78.00	78.00	77.00
P-98	km/h	103.00	103.00	101.24	103.48	103.00	102.72	69.80	70.00	64.70	84.28	85.00	75.94	85.00	79.00	85.00
Límite de Velocidad	km/h	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
% Vehículos exceden Lim.Vel.	%	35.00	45.00	25.00	41.97	52.48	30.43	0.00	0.00	0.00	20.00	100.00	0.00	5.13	0.00	9.09

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 1.6 Parámetros estadísticos de las velocidades del Punto 2.**

Parámetro estadístico	Unidad	SI 03/18 - Punto 2														
		Total de Vehículos			Vehículos Tipo A			Vehículos Tipo MOTO			Vehículos Tipo B			Vehículos Tipo C		
		Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2
Tamaño de la muestra	Veh	240	120	120	194	97	97	4	3	1	8	3	5	34	17	17
Velocidad Media Temporal	km/h	70.07	72.88	66.48	70.86	74.11	67.61	61.75	63.33	57.00	62.75	67.00	60.20	65.50	68.59	62.41
Desviación estándar	km/h	12.88	13.17	11.85	12.82	12.68	12.18	6.80	7.37	-	13.53	20.78	9.09	12.49	14.55	9.47
Moda	km/h	65.00	65.00	62.00	67.00	73.00	62.00	-	-	-	55.00	55.00	-	60.00	65.00	61.00
Mediana	km/h	69.00	73.00	65.00	70.00	73.00	67.00	61.50	66.00	57.00	57.00	55.00	59.00	63.00	65.00	61.00
Velocidad Mínima	km/h	35.00	43.00	35.00	35.00	43.00	35.00	55.00	55.00	57.00	50.00	55.00	50.00	43.00	44.00	43.00
Velocidad Máxima	km/h	104.00	104.00	104.00	104.00	104.00	104.00	69.00	69.00	57.00	91.00	91.00	74.00	94.00	94.00	83.00
P-15	km/h	57.00	59.00	55.85	58.00	61.00	57.00	55.90	58.30	57.00	55.00	55.00	53.00	54.85	53.20	55.40
P-50	km/h	69.00	73.00	65.00	70.00	73.00	67.00	61.50	66.00	57.00	57.00	55.00	59.00	63.00	65.00	61.00
P-85	km/h	83.15	86.30	79.00	84.00	87.20	80.60	67.65	68.10	57.00	73.45	80.20	67.40	80.05	82.80	72.20
P-98	km/h	99.22	99.62	91.24	100.00	100.00	92.72	68.82	68.88	57.00	88.62	89.56	73.12	93.34	93.68	81.08
Límite de Velocidad	km/h	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
% Vehículos exceden Lim.Vel.	%	45.00	55.00	35.00	49.48	60.82	38.14	0.00	0.00	0.00	25.00	33.33	20.00	29.41	35.29%	23.53%

Fuente: elaboración propia.

Tabla 1.7 Parámetros estadísticos de las velocidades del Punto 3.

Parámetro estadístico	Unidad	SI 03/18 - Punto 3														
		Total de Vehículos			Vehículos Tipo A			Vehículos Tipo MOTO			Vehículos Tipo B			Vehículos Tipo C		
		Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2
Tamaño de la muestra	Veh	240	120	120	192	97	95	2	0	2	23	9	14	23	14	9
Velocidad Media Temporal	km/h	76.31	78.65	74.17	78.15	80.62	75.62	70.50	-	70.50	73.09	78.89	69.36	65.74	64.86	67.11
Desviación estándar	km/h	15.41	16.05	13.41	14.65	15.05	13.86	13.44	-	13.44	12.14	17.50	4.78	15.56	16.27	15.23
Moda	km/h	66.00	74.00	66.00	66.00	74.00	66.00	-	-	-	67.00	-	67.00	64.00	78.00	-
Mediana	km/h	76.00	80.00	72.50	78.50	81.00	74.00	70.50	-	70.50	69.00	82.00	68.50	66.00	68.50	66.00
Velocidad Mínima	km/h	28.00	28.00	40.00	45.00	46.00	45.00	61.00	0.00	61.00	53.00	53.00	63.00	28.00	28.00	40.00
Velocidad Máxima	km/h	126.00	126.00	120.00	126.00	126.00	120.00	80.00	0.00	80.00	103.00	103.00	80.00	87.00	87.00	86.00
P-15	km/h	62.85	61.00	63.00	64.00	66.00	63.10	63.85	-	63.85	64.00	56.40	64.00	50.60	51.65	52.60
P-50	km/h	77.00	80.00	72.50	78.50	81.00	74.00	70.50	-	70.50	69.00	82.00	68.50	66.00	68.50	66.00
P-85	km/h	90.00	91.15	87.00	91.00	92.60	89.00	77.15	-	77.15	86.90	91.60	74.05	80.00	78.10	82.40
P-98	km/h	111.00	117.20	104.10	112.62	121.24	106.36	79.62	-	79.62	98.16	101.24	78.70	86.56	85.18	85.52
Límite de Velocidad	km/h	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
% Vehículos exceden Lim.Vel.	%	66.67%	75.83%	57.50%	71.35%	80.41%	62.11%	50.00%	-	50.00%	47.83%	66.67%	35.71%	47.83%	50.00%	44.44%

Fuente: elaboración propia.

#### **1.3.2.4 Punto 4.**

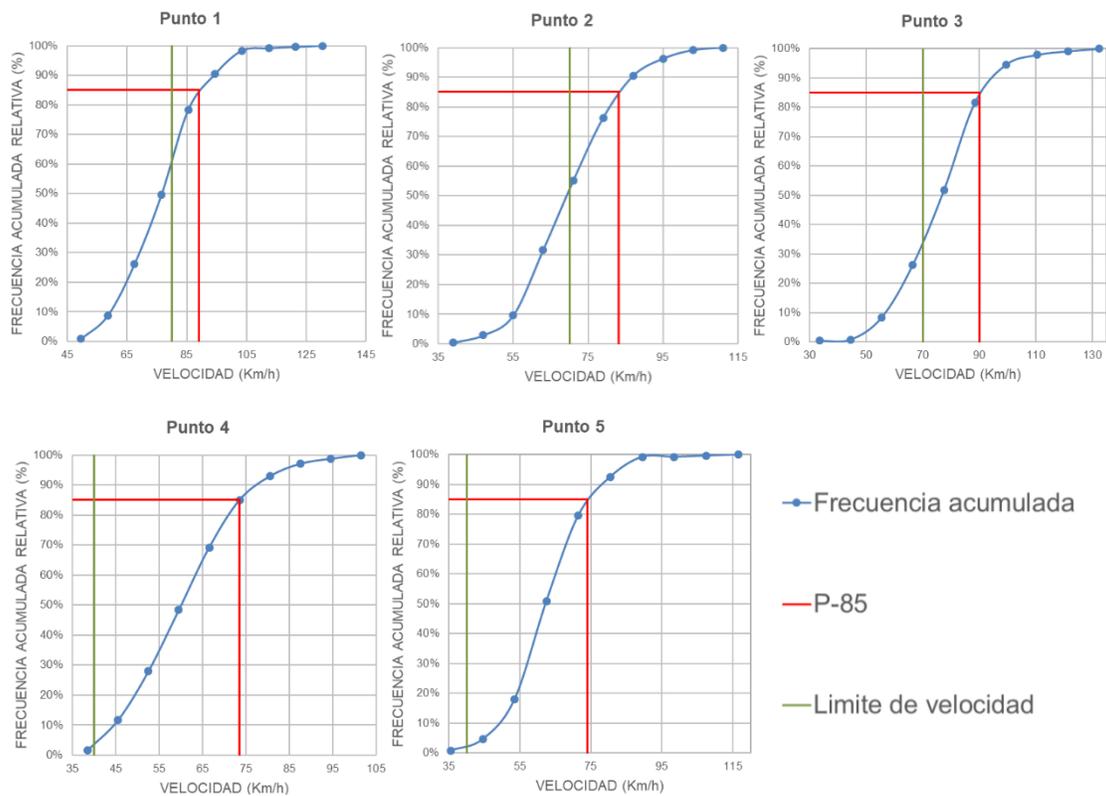
El Punto 4 se localiza en un tramo recto ubicado en el segmento comprendido en el poblado de San Fandila, entre la calle donde se ubica el kínder y la calle principal (ambas intersecciones de la Calle Hidalgo con la Carretera Estatal No. 431), tiene una pendiente ascendente en el Sentido 1 y descendente en el Sentido 2, el límite de velocidad máximo permitido es de 40 km/h ya que se encuentra en una pequeña zona urbana. Analizando la totalidad de registros para ambos sentidos, se observa que la velocidad de operación del tramo es de 73 km/h (Percentil 85) siendo el 96% de los vehículos registrados los que exceden el límite de velocidad permitido. Analizando cada sentido de circulación se observa que los vehículos que viajan hacia Galindo son los que reportan mayores velocidades alcanzando un P-85 de 75 km/h, y reportando un exceso de velocidad el 97% de los vehículos registrados en ese sentido de circulación. Por otro lado, los vehículos que circulan en el Sentido 2 (hacia El Colorado) reportan un P-85 de 72 km/h y el 94% de los registros es mayor que el límite permitido. De acuerdo con los tipos de vehículos que circulan por este tramo carretero, los vehículos ligeros (Tipo A) son los que reportan las mayores velocidades, con una velocidad de operación de 75 km/h, siendo también un vehículo de este tipo el que registró la mayor velocidad al circular a 96 km/h; mientras que los vehículos del transporte de carga (Tipo C) son los que reportan la menor velocidad de operación con un P-85 de 63 km/h, siendo esta cifra superior a la velocidad límite permitida, rebasando ésta el 88% de los vehículos. En la Tabla 1.8 se presentan los principales parámetros estadísticos obtenidos para caracterizar el comportamiento de los conductores al circular por este punto del tramo carretero auditado.

#### **1.3.2.5 Punto 5.**

El Punto 5 se localiza en un tramo recto ubicado en el segmento comprendido en el poblado de San Fandila, entre la calle principal y la entrada al Instituto Mexicano del Transporte, el límite de velocidad máximo permitido es de 40 km/h ya que se encuentra en una pequeña zona urbana. Analizando la totalidad de registros para ambos sentidos, se observa que la velocidad de operación del tramo es de 74 km/h (Percentil 85) siendo el 97% de los vehículos registrados los que exceden el límite de velocidad permitido. Analizando cada sentido de circulación se observa que los vehículos que viajan hacia El Colorado reportan mayores velocidades alcanzando un P-85 de 79 km/h, y registrando un exceso de velocidad el 97% de los vehículos estudiados en ese sentido de circulación. Por otro lado, los vehículos que circulan en el Sentido 1 (hacia Galindo) reportan un P-85 de 69 km/h y el 97% de los registros es mayor que el límite permitido. De acuerdo a los tipos de vehículos que circulan por este tramo carretero, los vehículos ligeros (Tipo A) son los que reportan las mayores velocidades, con una velocidad de operación de 76 km/h, siendo también un vehículo de este tipo el que registró la mayor velocidad al circular a 108 km/h; mientras que son los motociclistas los que reportan la menor velocidad de operación con un P-85 de 66 km/h, siendo esta cifra superior a la velocidad límite permitida, rebasando ésta el 75% de los vehículos. En la Tabla 1.9 se presentan los principales

parámetros estadísticos obtenidos para caracterizar el comportamiento de los conductores al circular por este punto del tramo carretero auditado.

Comparando las velocidades de operación de todo el tramo auditado, se observa que los conductores circulan a mayor velocidad en zonas rurales donde no hay presencia de poblaciones aledañas visibles, pero si hay una pequeña reducción una vez que se encuentran zonas pobladas. En general se observó que para los vehículos que viajan en dirección a Galindo (Sentido 1) se detectan mayores velocidades de operación antes de llegar a San Fandila (Puntos 1 a 4), mientras que en el Punto 5, pasando San Fandila, se observa que es en el Sentido 2 (hacia El Colorado) en el que se reportan las mayores velocidades de operación. Respecto a la velocidad de operación, se observa que la mayor velocidad se observa en el Punto 3 con un P-85 de 90 km/h, sin embargo, es en los puntos 4 y 5, ubicados en la pequeña zona urbana de San Fandila, en los que se alcanza el mayor porcentaje de vehículos circulando a exceso de velocidad (siendo más del 95% de los vehículos los que circulan a velocidades mayores a los 40 km/h permitidos como límite máximo) al registrar un P-85 de 73 km/h y 74 km/h, respectivamente. En la Figura 1.9 se presenta el comparativo de velocidades de los cinco puntos.



**Figura 1.9 Comparativa de comportamiento de velocidades de operación en los cinco puntos evaluados.**

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 1.8 Parámetros estadísticos de las velocidades del Punto 4.**

Parámetro estadístico	Unidad	SI 03/18 - Punto 4														
		Total de Vehículos			Vehículos Tipo A			Vehículos Tipo MOTO			Vehículos Tipo B			Vehículos Tipo C		
		Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2
Tamaño de la muestra	Veh	240	120	120	186	96	90	6	4	2	14	3	11	34	17	17
Velocidad Media Temporal	km/h	60.73	63.27	58.28	62.27	64.59	59.79	60.17	63.00	54.50	57.64	60.00	57.00	54.00	56.41	51.59
Desviación estándar	km/h	12.83	12.43	12.47	12.90	12.62	12.81	16.49	16.75	20.51	11.30	15.72	10.70	8.61	7.59	9.10
Moda	km/h	62.00	62.00	59.00	59.00	55.00	59.00	-	-	-	49.00	-	49.00	52.00	62.00	52.00
Mediana	km/h	60.00	63.00	57.00	62.00	65.00	59.00	57.00	57.00	54.50	60.00	63.00	59.00	54.50	59.00	52.00
Velocidad Mínima	km/h	35.00	35.00	37.00	35.00	35.00	39.00	40.00	51.00	40.00	37.00	43.00	37.00	38.00	40.00	38.00
Velocidad Máxima	km/h	96.00	95.00	96.00	96.00	95.00	96.00	87.00	87.00	69.00	74.00	74.00	72.00	69.00	65.00	69.00
P-15	km/h	47.00	49.00	46.00	47.00	53.00	47.00	48.25	51.45	44.35	47.75	49.00	48.50	43.90	47.80	40.80
P-50	km/h	60.00	63.00	57.00	62.00	65.00	59.00	57.00	57.00	54.50	60.00	63.00	59.00	54.50	59.00	52.00
P-85	km/h	73.50	75.00	72.00	75.00	76.75	72.00	73.50	75.75	64.65	72.00	70.70	67.50	63.00	63.00	60.80
P-98	km/h	91.00	89.48	88.62	91.00	91.00	90.32	85.20	85.50	68.42	73.48	73.56	72.00	66.36	65.00	67.72
Límite de Velocidad	km/h	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
% Vehículos exceden Lim. Vel.	%	95.83	97.50	94.17	97.85	97.92	97.78	83.33	100.00	50.00	92.86	100.00	90.91	88.24	94.12	82.35

Fuente: elaboración propia.

Tabla 1.9 Parámetros estadísticos de las velocidades del Punto 5.

Parámetro estadístico	Unidad	SI 03/18 - Punto 5														
		Total de Vehículos			Vehículos Tipo A			Vehículos Tipo MOTO			Vehículos Tipo B			Vehículos Tipo C		
		Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2	Ambos Sentidos	S1	S2
Tamaño de la muestra	Veh	240	120	120	183	95	88	4	3	1	22	5	17	31	17	14
Velocidad Media Temporal	km/h	63.03	60.13	66.16	64.60	61.55	67.90	51.25	42.67	77.00	61.95	61.20	62.18	56.90	54.94	59.29
Desviación estándar	km/h	11.78	10.24	11.86	11.37	9.81	12.06	19.26	10.69	-	8.98	4.76	10.00	9.77	9.82	9.51
Moda	km/h	62.00	62.00	59.00	62.00	62.00	59.00	-	-	-	60.00	-	60.00	45.00	53.00	60.00
Mediana	km/h	62.00	60.00	66.00	63.00	61.00	66.00	48.50	45.00	77.00	64.00	60.00	66.00	56.00	53.00	60.00
Velocidad Mínima	km/h	31.00	31.00	38.00	35.00	35.00	38.00	31.00	31.00	77.00	39.00	57.00	39.00	38.00	38.00	40.00
Velocidad Máxima	km/h	108.00	108.00	105.00	108.00	108.00	105.00	77.00	52.00	77.00	73.00	69.00	73.00	72.00	71.00	72.00
P-15	km/h	52.00	50.00	55.85	55.00	53.10	58.05	37.30	35.20	77.00	57.15	57.60	53.00	45.50	45.40	50.70
P-50	km/h	62.00	60.00	66.00	63.00	61.00	66.00	48.50	45.00	77.00	64.00	60.00	66.00	56.00	53.00	60.00
P-85	km/h	74.00	69.00	79.15	76.00	71.70	81.95	65.75	49.90	77.00	69.00	64.80	69.60	68.50	68.00	69.05
P-98	km/h	87.00	79.00	87.62	87.36	79.36	88.00	75.50	51.72	77.00	72.58	68.44	72.68	71.40	70.68	71.48
Límite de Velocidad	km/h	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
% Vehículos exceden Lim.Vel.	%	97.08	97.50	96.67	98.36	98.95	97.73	75.00	66.67	100.00	95.45	100.00	94.12	93.55	94.12	92.86

Fuente: elaboración propia.



## 2 Auditoría de Seguridad Vial y sus principales hallazgos

---

Considerando la problemática que representan los accidentes de tránsito, desde la década de 1980 Reino Unido ha implementado la realización de Auditorías de Seguridad Vial (ASVs). “Las ASVs son un examen formal de un proyecto vial o de tránsito existente o futuro, o de cualquier proyecto que tenga influencia sobre una vía, donde un equipo de profesionales calificado e independiente informa sobre el riesgo de ocurrencia de accidentes y del comportamiento del proyecto desde la perspectiva de la seguridad vial” (AustRoads, 2002).

Las ASVs son aplicables en diferentes etapas de una vialidad que van desde la factibilidad, el anteproyecto y el proyecto definitivo hasta la preapertura y operación de la vía. En general, las ASVs tienen como objetivo garantizar que las vialidades, desde sus primeras etapas, se diseñen con los criterios óptimos de seguridad para todos los usuarios verificando que se mantengan dichos criterios durante todas las etapas.

El principal objetivo de las ASVs realizadas a vialidades en operación es identificar deficiencias de seguridad en la infraestructura vial que puedan desencadenar accidentes, para que se adopten oportunamente las medidas de mejora preventivas.

El proceso de las ASVs se compone de ocho pasos, descritos a continuación:

- Paso 1. Identificar el proyecto que será auditado. Durante este paso se justifica la realización de la ASV.
- Paso 2. Seleccionar el equipo auditor. La ASV se debe llevar a cabo por un equipo auditor independiente, experimentado y multidisciplinario.
- Paso 3. Realizar una reunión previa a la visita de campo para revisar la información disponible. En este paso se obtiene y analiza toda la información base (planos de localización y del proyecto geométrico de la vía, planos de señalamiento, aforos de tránsito, registros de velocidades, información de accidentes, etc.). El propósito principal es verificar que la vía cumple con los conceptos básicos de seguridad vial.
- Paso 4. Realizar la visita de campo bajo diferentes condiciones. Se lleva a cabo mediante una inspección de campo o in situ a través de recorridos diurnos y nocturnos en ambos sentidos. En este paso se analiza la información base y se cruza con la información obtenida en campo. El objetivo es analizar las condiciones de operación, identificar y localizar aquellos elementos de la vía que pudieran representar un riesgo potencial para los usuarios (tanto los

relacionados con la operación de la vía como los que se refieren a infraestructura, señalamiento y entorno).

Paso 5. Analizar la información de campo y preparar el reporte de hallazgos. Mediante el análisis en gabinete de toda la información recabada in situ se identifican los factores de riesgo para los usuarios y se jerarquizan de acuerdo con la peligrosidad que puedan representar.

Paso 6. Presentar los hallazgos. Se elabora el informe final de la ASV, que incluye los hallazgos identificados y sus respectivas recomendaciones de solución (medidas de mejora).

Paso 7. El solicitante de la ASV da respuesta al informe de auditoría. Se tiene una reunión de retroalimentación en la que se despejan las dudas que pudieran surgir de los hallazgos y las medidas de mejora propuestas por el equipo auditor.

Paso 8. Incorporar los hallazgos en el proyecto cuando sea apropiado. Una vez aceptadas las observaciones, el responsable de la vialidad definirá un programa para la implementación de las medidas de mejora propuestas.

Atendiendo el Paso 4 de las ASVs, se han desarrollado diversas metodologías para realizar la inspección de campo y medir el nivel de seguridad de la infraestructura, entre las que destacan el método tradicional (realización de recorridos a pie) y la inspección basada en video (levantamiento fotográfico georreferenciado con vehículo equipado con sistema Hawkeye o similar), ambas implementadas exitosamente en México.

Para el presente estudio se combinaron ambas metodologías, haciéndose un levantamiento en video y complementando la información con recorridos a pie. Además, el desarrollo de este proyecto se llevó a cabo por iniciativa propia, por lo que no se cumplen algunos pasos del proceso de una ASV, sin embargo, se gestionará el envío de los resultados del presente proyecto a la dependencia correspondiente de operar la vía auditada.

Como se mencionó anteriormente, para el presente proyecto se utilizó el vehículo de inspección de campo del IMT, equipado con el Sistema Hawkeye 2000, mediante el cual se hace un levantamiento fotográfico georreferenciado, con imágenes cada 10 metros, mismas que se procesan en gabinete, para lo cual se elaboraron tres plantillas de codificación, distribuyendo los atributos de la vía auditada en ocho grupos:

- Proyecto geométrico: se revisaron los principales elementos geométricos que influyen en la seguridad vial, como son las intersecciones, el control de accesos, las curvas y la sección transversal.
- Superficie de rodamiento: las características de la superficie tienen un gran impacto en la seguridad vial, ya que aquellos pavimentos que proporcionan una mayor adherencia disminuyen el riesgo de colisión.
- Señalamiento horizontal y vertical: el señalamiento horizontal comprende una de las medidas que ha probado ser eficiente en la reducción de accidentes y que tiene un bajo costo de implementación, mientras que el señalamiento

vertical es fundamental para la seguridad vial ya que sirve para alertar a los usuarios de situaciones potencialmente peligrosas.

- **Mobiliario vial:** son aquellos elementos de la vía que ayudan al conductor a identificar las condiciones particulares de la vía y advertir y proteger de los riesgos, los elementos más importantes considerados en la auditoría son la iluminación, los paraderos o estacionamientos, las barreras, entre otros.
- **Gestión del tránsito:** los principales aspectos de la gestión del tránsito que impactan más en la seguridad vial es la velocidad, el ordenamiento en las intersecciones, los cruces peatonales y el control de estacionamientos.
- **Trabajos en la vía:** las zonas de obras se deben considerar zonas potenciales de accidentes, por lo que se debe poner especial atención en el señalamiento y ubicación del equipo de apoyo.
- **Usuarios de la vía:** en México se reporta que entre el 77% y el 91% de los accidentes son causados por el factor humano, mientras que a la vía y al vehículo se le atribuye muy poca responsabilidad (2 – 3% y 1 – 6%, respectivamente). Al ser considerado el factor humano el mayor causante de los accidentes de tránsito es que se ponen en marcha mucho programas y proyectos orientados a los usuarios de la vía. Se deben considerar tanto programas que incidan directamente en el comportamiento de los usuarios (educación, fiscalización, información, etc.) como acciones que modifiquen el comportamiento de los conductores mediante el diseño de la vía y vehículos más seguros.
- **Vehículos en la vía:** la composición del flujo vehicular es un factor que impacta la seguridad vial y que se debe tener en consideración al hacer una Auditoría, ya que es necesario analizar la interacción entre los diferentes tipos de vehículos circulando por la vía auditada, así como considerar las capacidades operativas, en especial del transporte de carga.

Considerando estos ocho grupos, se elaboraron tres plantillas de codificación: la primera contiene los atributos referentes al proyecto geométrico y a la superficie de rodamiento; la segunda incluye los atributos del señalamiento horizontal y vertical y el mobiliario vial; y la tercera plantilla contiene los atributos respecto a la gestión del tránsito, los trabajos en la vía, los usuarios de la vía y los vehículos en la vía. En las Figura 2.1, Figura 2.2 y Figura 2.3 se presentan las plantillas mencionadas.

The screenshot shows a software window titled "Clasificaciones de fotogramas (#54)". The left sidebar contains navigation icons and the text "ASV\_guia chilena". The main content area is divided into two columns. The left column is titled "DISEÑO GEOMÉTRICO" and includes sections for "Intersecciones" (with dropdowns for intersection type, canalization, and visibility questions) and "Sección Transversal" (with dropdowns for lane width, shoulder width, and median type). The right column is titled "SUPERFICIE DE RODADO" and includes sections for "Textura" (with radio buttons for deficient or adequate resistance) and "Observaciones de Superficie de rodado" (with radio buttons for complete coding). A "CODIFICACIÓN COMPLETA" section is at the bottom right.

**Figura 2.1** Plantilla de codificación de los atributos de Proyecto geométrico y Superficie de rodamiento.

Fuente: elaboración propia.

The screenshot shows the same software window "Clasificaciones de fotogramas (#54)". The left sidebar now shows "Atras" and "ASV\_guia chilena". The main content area is divided into two columns. The left column is titled "SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL" and includes sections for "Demarcaciones" (with radio buttons for visibility and condition), "Botones y dispositivos" (with dropdowns for reflective buttons), "Delineadores / Fantasma" (with dropdowns for collapse and reflective material), and "Señalización Vertical" (with radio buttons for vertical signs and dropdowns for color, condition, and visibility). The right column is titled "MOBILIARIO VIAL" and includes sections for "Iluminación" (with dropdowns for post visibility and protection), "Barreras de seguridad" (with dropdowns for barrier presence and impact absorbers), "Vallas peatonales" (with dropdowns for installation and condition), and "Obstáculos visuales" (with dropdowns for obstacles and removal). A "CODIFICACIÓN TERMINADA" section is at the bottom right.

**Figura 2.2** Plantilla de codificación de los atributos de Señalamiento y Mobiliario vial.

Fuente: elaboración propia.

Clasificaciones de fotogramas (#54)

ASV\_guia chilena

**GESTIÓN DE TRÁNSITO**

Limite y control de Velocidad

Cuál es el límite de velocidad? (en Km/h)

Se aprecia que se respete el límite de velocidad?

Considera que la velocidad de operación es segura de acuerdo a las ca

Regulación de las intersecciones

Queda Clara la prioridad de paso?

Se respeta la prioridad de paso?

Cruces peatonales

Hay infraestructura para peatones en intersecciones?

Hay vallas peatonales?

Los cruces peatonales están en tramos rectos?

Estacionamiento en calzada

Hay vehículos estacionados al costado de / sobre la vía

Circulación de vehículos pesados

Hasta que tipo de vehículos pesados están permitidos a circular por la v

Se observa circulación de vehículo pesados mayores a los per...

No  
 Si

Observaciones Gestión de Tránsito

**TRABAJOS EN LA VÍA**

Zona de obras

Hay alguna zona de obras en la vía?

Está bien señalizada y protegida la zona de obras?

Observaciones Trabajos en la vía

**USUARIOS DE LA VÍA**

Peatones

Hay presencia de peatones a lo largo de la vía?

Hay peatones atravesando la vía?

Hay zonas escolares cercanas / sobre la vía?

Se cuenta con infraestructura para protección de peatones?

Ciclistas

Hay ciclistas a lo largo de la vía?

Hay ciclistas atravesando la vía?

Hay ciclovías?

Condición de la ciclovía (superficie de rodamiento / señalización / mantenim

Factor humano

Se cuenta con la distancia de visibilidad suficiente para las maniobras pre

Hay elementos que ocasionen confusión o mala interpretación de la vía?

Hay alguna inconsistencia en la vía (cuestión fuera de la lógica de diseño)?

Observaciones de Usuarios de la vía

**VEHÍCULOS EN LA VÍA**

Participación

Se conoce la clasificación vehicular? capture los porcentajes en caso afirm

Automoviles  %

Motocicletas (M)  %

Autobuses (B)  %

Camiones Unitarios (C)  %

Articulados  %

Doblemente articulados (Fulles)  %

Otros  %

**Autobuses**

Se cuenta con paradas de transporte público?

Calidad de la parada de autobus (Bahía / Señal / Caseta protectora)?

Motociclistas

Se tiene presencia de motociclistas en la vía (a lo largo y/o atravesando)?

¿Se cuenta con motovías?

Observaciones Vehículos en la vía

**CODIFICACIÓN COMPLETA**

Si  
 No

**Figura 2.3 Plantilla de codificación de los atributos de Gestión de tránsito, Trabajos en la vía, Usuarios de la vía y Vehículos en la vía.**

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se hace un compendio general de los principales hallazgos detectados en la auditoría de seguridad vial realizada al tramo evaluado, se clasifican de acuerdo con cada grupo descrito anteriormente.

## 2.1 Proyecto geométrico.

En lo que se refiere al proyecto geométrico, se auditaron las características de cuatro elementos: intersecciones, control de accesos, curvas horizontales y verticales y la sección transversal.

### 2.1.1 Intersecciones.

A lo largo del tramo auditado se detectaron 29 intersecciones (22 intersecciones de tres ramas, cinco salidas, una intersección de cuatro ramas y una incorporación); para estos elementos geométricos se revisaron las condiciones de visibilidad, el señalamiento, si está bien diseñada para el viraje de los vehículos, si existen cruces de mediana en la intersección, si el diseño de la intersección cuenta con elementos que mejoren la seguridad vial de la mismas (tales como semáforos, señales de ceda el paso, entre otras), y si cuenta con cruces de calzada para usuarios vulnerables. En la Tabla 2.1 se enlistan el concentrado de los hallazgos correspondientes a intersecciones.

**Tabla 2.1 Hallazgos referentes a Intersecciones.**

<b>Característica de la intersección</b>	<b>Descripción de hallazgos</b>
Buena visibilidad	Sólo ocho de las 29 intersecciones tienen buena visibilidad, dos de las cuales son salidas.
Canalización adecuada (señalamiento y carriles de aceleración y deceleración)	Sólo tres intersecciones cuentan con la canalización adecuada.
Virajes bien diseñados	Sólo dos intersecciones cuentan con carriles de viraje bien diseñados.
Cruces de mediana restringidos	En 23 intersecciones no se permite el cruce de mediana.
Sistema de control de intersección (semáforo, señal de ceda el paso, señalamiento horizontal, etc.)	Sólo una de las 29 intersecciones cuenta con un sistema de control que favorece la seguridad vial.

Fuente: elaboración propia.

## 2.1.2 Control de accesos.

Al incrementarse la cantidad de accesos directos a una vía se incrementan los sitios de conflicto y, por consiguiente, se incrementa la posibilidad de accidentes viales en dichos accesos directos, con la finalidad de reducir esa probabilidad es que se debe tener un control de accesos, razón por la cual durante la auditoría realizada al tramo se tuvo especial atención a los accesos directos presentes. En la Tabla 2.2 se presenta el resumen de hallazgos referentes a los accesos directos.

**Tabla 2.2 Hallazgos referentes a los accesos directos.**

<b>Característica de los accesos</b>	<b>Descripción de hallazgos</b>
Presencia de accesos directos y frontales	Se localizaron 58 accesos directos y frontales a ambos lados de la vía auditada.
Posibilidad de minimizar / eliminar los accesos	Se estima que se pueden reducir o eliminar 57 de los 58 accesos directos detectados en el tramo.
Ubicación de los accesos	Se detectaron 14 accesos directos ubicados en tramo en curva.

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.3 Curvas horizontales y verticales.

El diseño de las curvas horizontales y verticales puede generar deficiencias en la visibilidad e interpretación de la vía, es por eso que es importante revisarlas durante una auditoría. Adicionalmente, una mala combinación de alineamientos (vertical y horizontal) también puede generar este tipo de problemas, así como acumulación de agua. Durante una Auditoría de Seguridad Vial se deben revisar estos elementos geométricos y su combinación para prevenir la ocurrencia de accidentes viales en estos puntos. En la Tabla 2.3 se presentan los hallazgos referentes a las curvas verticales, curvas horizontales y a la combinación de ambas.

**Tabla 2.3 Hallazgos referentes a curvas verticales, curvas horizontales y la combinación de éstas.**

Características de las curvas	Descripción de hallazgos
Presencia de curvas horizontales cerradas que dificulten la visibilidad	Se detectaron cuatro curvas horizontales que por sus características geométricas ocasionan problemas de visibilidad, una de estas curvas pertenece a un arreglo de curvas inversas consecutivas.
Presencia de curvas verticales que originan pendientes ascendentes y descendentes prolongadas	Se presentan siete sitios con pendientes prolongadas, que en conjunto suman una longitud de 2.5 kilómetros. Cuatro de estos sitios corresponden a curvas en cresta con problemas de visibilidad.
Presencia de combinación de curvas horizontal y vertical que pueden originar problemas de percepción en los conductores	Se reportan tres sitios en donde coincide la curvatura vertical y horizontal, presentándose problemas de visibilidad, repercutiendo esta situación en la pobre interpretación de un tramo con curvas.

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.4 Sección transversal.

Se ha visto que algunas características de la sección transversal de una carretera impactan directamente en la seguridad vial. Algunas de esas características son el ancho de carriles y acotamientos, el espacio libre que existe al costado de la carretera, el tipo de mediana y si es traspasable o no, y si la vía cuenta con bandas alertadoras. En la Tabla 2.4 se enlistan los hallazgos correspondientes a la sección transversal.

**Tabla 2.4 Hallazgos referentes a la sección transversal.**

Característica de la sección transversal	Descripción de hallazgos
Ancho de carril de 3.5 metros	Se midieron los carriles del tramo carretero auditado y se observó que a lo largo de la mayoría de la longitud del tramo los carriles de circulación son menores a los 3.5 metros recomendados por el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras 2018.
Presencia de acotamientos pavimentados	Todo el tramo evaluado presenta un pequeño acotamiento pavimentado, no supera en ningún momento el medio metro de ancho, en la mayor parte del tramo auditado el acotamiento consiste en un pequeño espacio por el que no se puede circular o detener ningún vehículo.
Mediana, tipo de separador central	La vía está separada por una línea divisoria central que en algunas zonas ya no es visible (800 m)
Bandas alertadoras	La vía no cuenta con bandas alertadoras.

Fuente: elaboración propia.

## 2.2 Superficie de rodamiento.

Respecto a la superficie de rodamiento se revisaron dos características: la textura y la uniformidad y perfil de la superficie de rodamiento.

### 2.2.1 Textura.

Respecto a la textura, se revisa que la superficie de rodamiento cuente con la suficiente macro-textura para que se tenga poca probabilidad de que se presente acuaplaneo en situaciones de pavimento mojado, adicionalmente se revisa que se tenga la mínima mega-textura para que no se genere mucho ruido de rodamiento. En la Tabla 2.5 se presentan los hallazgos referentes a la textura de la superficie de rodamiento.

**Tabla 2.5 Hallazgos referentes a la textura de la superficie de rodamiento.**

Característica de la textura de la superficie de rodamiento	Descripción de hallazgos
Suficiente Macrotextura	Se detectó que, en general, el tramo presenta una superficie de rodamiento deficiente, siendo 8.5 km evaluados en los que se reportan resistencia al deslizamiento que puede llegar a generar acuaplaneo.
Mínima Megatextura	No se identificaron tramos carreteros en los que se genere mucho ruido de rodadura.

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.2 Uniformidad y perfil.

Respecto a la uniformidad y perfil, se revisaron los perfiles longitudinal y transversal de la superficie de rodamiento. En la Tabla 2.6 se presentan las características auditadas y los hallazgos detectados en el tramo auditado.

**Tabla 2.6 Hallazgos referentes a la uniformidad y perfil de la superficie de rodamiento.**

Característica de la uniformidad y perfil de la superficie de rodamiento	Descripción de hallazgos
Perfil longitudinal: presencia de baches a lo largo de la vía, roderas y desprendimientos	Se reportan baches y desprendimientos longitudinales en 6.6 kilómetros de la vía auditada.
Perfil transversal: presencia de baches, acumulación de agua sobre la carpeta, desprendimiento de material en los hombros de la vía	Se reportan desprendimientos de material en los hombros en 6.9 kilómetros de la vía auditada.

Fuente: elaboración propia.

### 2.3 Señalamiento horizontal y vertical.

En relación con el señalamiento se revisaron algunas características importantes como: del señalamiento horizontal: presencia, condición y visibilidad de marcas, botones y delineadores; y del señalamiento vertical: presencia, condición y visibilidad; y para ambos se verificó el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2011, señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas (NOM-034), en lo referente a tamaño, forma y color.

### 2.3.1 Señalamiento horizontal.

Respecto al señalamiento horizontal se revisaron aspectos relacionados con la visibilidad bajo cualquier condición (tanto pavimento seco como mojado o en condiciones de lluvia), si hay presente algún defecto, la resistencia al deslizamiento y si el mensaje es claro y preciso. En la Tabla 2.7 se presenta el concentrado de hallazgos referentes al señalamiento horizontal.

**Tabla 2.7 Hallazgos referentes al señalamiento horizontal.**

Característica del señalamiento horizontal	Descripción de hallazgos
Visibilidad bajo cualquier circunstancia	Se observa que en 6.6 kilómetros del tramo auditado no hay presencia visible de señalamiento horizontal.
Presencia de defectos en el señalamiento horizontal	En 2.8 kilómetros del tramo auditado las marcas encontradas y visibles sobre el pavimento están en malas condiciones por falta de mantenimiento.
Resistencia al deslizamiento	Esta característica no fue posible evaluarla debido a la poca presencia de señalamiento horizontal y las malas condiciones del existente.
Mensaje claro y preciso	Se detectó que en todo el tramo auditado las marcas sobre el pavimento son confusas y poco claras, cuando hay presencia de las mismas.

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.2 Botones.

Los botones contribuyen a que el señalamiento horizontal sea visible en cualquier circunstancia, tales como horario nocturno y en presencia de lluvia, es por esta razón que durante una auditoría se revisan estos elementos. En la Tabla 2.8 se presentan los hallazgos referentes a botones con los que cuenta el tramo.

**Tabla 2.8 Hallazgos referentes a botones.**

Característica de los botones	Descripción de hallazgos
Visibilidad bajo cualquier circunstancia	En los 9.4 kilómetros evaluados no se detectó presencia de botones o cualquier otro dispositivo de seguridad.
Durabilidad / Buen mantenimiento	No aplica.
Instalación segura para motociclistas	No aplica.

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.3 Delineadores.

Como se mencionó, los delineadores ayudan a los usuarios de la vía a visualizar el espacio del que disponen para circular por una vialidad, es por eso que durante una auditoría se deben revisar las características de los delineadores presentes; si son abatibles, visibles, si cuentan con material reflejante para aumentar su visibilidad en horario nocturno y si tienen el mantenimiento adecuado que asegure su efectividad. A continuación, en la Tabla 2.9 se presentan los hallazgos relacionados con los delineadores.

**Tabla 2.9 Hallazgos referentes a delineadores.**

<b>Característica de delineadores</b>	<b>Descripción de hallazgos</b>
Presencia de Delineadores	No se detectó presencia de delineadores en todo el tramo auditado.
Son Abatibles	No aplica.
Son Visibles	No aplica.
Presencia de material reflejante	No aplica.
Mantenimiento adecuado para asegurar su efectividad	No aplica.

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.4 Señalamiento vertical.

Las señales verticales sirven para restringir, alertar e informar a los conductores, de acuerdo con las condiciones de la vía por la que circulan. Durante una auditoría, es importante verificar la presencia de señalamiento vertical en los sitios donde es necesario, corroborar que el señalamiento colocado cumpla con los colores y tamaño estipulados en la Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2011, señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas (NOM-034), revisar que las señales sean visibles, verificar las buenas condiciones de las mismas, la claridad de éstas, si están colocadas de acuerdo a la jerarquización estipulada en la norma y si hay presencia de zonas sobre-saturadas de señales verticales. En la Tabla 2.10 se presentan los hallazgos detectados durante la auditoría realizada en el desarrollo del presente trabajo.

**Tabla 2.10 Hallazgos referentes al señalamiento vertical.**

<b>Característica del señalamiento vertical</b>	<b>Descripción de hallazgos</b>
Presencia de Señales Verticales	Se detectaron 26 sitios en los que es necesaria la colocación de señalamiento vertical.
Las señales verticales cumplen con los colores y tamaño estipulados en la norma	De los sitios donde si hay señalamiento vertical, se detectaron 63 sitios en los que la señal no cumple con el tamaño y color estipulado en la NOM-034.
Son Visibles	Se detectaron 22 sitios en los que las señales verticales están obstruidas o tienen problemas de visibilidad.
Se encuentran en buenas condiciones	En general, en todo el tramo auditado el señalamiento vertical está en mal estado, y hay presencia de postes de señales tipo bandera sin protección. Particularmente, se detectaron 67 sitios en los que el señalamiento vertical está en malas condiciones.
El señalamiento vertical es claro	Se detectaron señales confusas en 56 sitios.
Señales colocadas de acuerdo a jerarquización estipulada en la NOM-034	No se detectaron señales verticales que no cumplan con la jerarquización.
Presencia de saturación de señales verticales	No se detectaron zonas sobresaturadas de señales verticales.

Fuente: elaboración propia.

## 2.4 Mobiliario vial y zonas laterales.

El mobiliario vial se refiere a aquellos elementos adicionados a la vía que sirven para incrementar la seguridad de la misma. En este caso, se revisaron seis elementos: iluminación de la vía, pantalla anti-deslumbramiento, barreras de seguridad, amortiguadores de impacto y otros dispositivos de protección, vallas peatonales y zonas laterales (se revisó la presencia de obstáculos visuales sobre la vía y en las zonas laterales). En la Tabla 2.11 se presentan los hallazgos referentes al mobiliario vial y zonas laterales.

**Tabla 2.11 Hallazgos referentes a Mobiliario vial y zonas laterales.**

<b>Característica del mobiliario vial y de las zonas laterales</b>	<b>Descripción de hallazgos</b>
Iluminación de la vía	No hay presencia de luminaria en todo el tramo auditado.
Pantalla anti-deslumbramiento	No hay presencia de pantalla anti-deslumbramiento en todo el tramo auditado. Se presentan problemas de deslumbramiento en horario nocturno por el uso luces altas por parte de algunos de los usuarios de la vía.
Barreras de seguridad	Se detectó que en 3.8 km de la vía auditada es necesaria la colocación de barrera de seguridad.
Amortiguadores de impacto y otros dispositivos protectores	Se detectó que hay un inicio de barrera sin protección y varios postes de señales tipo bandera que no cuentan con protección.
Vallas peatonales	No se cuenta con vallas peatonales en todo el tramo auditado.
Zonas laterales: presencia de obstáculos	A lo largo de 8.9 kilómetros se detectó la presencia de objetos en la vía que pueden dificultar la visibilidad y/o represente algún peligro para los usuarios; se recomienda colocar protección en 8.5 kilómetros y se considera viable retirar los obstáculos en los restantes 400 metros.

Fuente: elaboración propia.

## 2.5 Gestión de tránsito.

La seguridad de una vía también depende de la forma en la que está operando, es por esto, que durante la auditoría realizada al tramo de la carretera 431, se observaron cinco características de la gestión del tránsito: los límites máximos permitidos de velocidad y el control de la misma, la regulación de las intersecciones, los cruces peatonales, la presencia de vehículos estacionados en la calzada o al costado de la misma y la circulación de vehículos pesados.

### 2.5.1 Límites de velocidad y control de velocidades.

Respecto al límite de velocidad máximo permitido se verificó que hubiera presencia de señalamiento vertical que indique el límite de velocidad. En general, se observó que hace falta reforzar los límites de velocidad con mayor presencia de señales

restrictivas SR-9 “Velocidad”, especialmente en la proximidad a la zona urbana de San Fandila. En la Tabla 2.12 se enlistan los hallazgos relacionados con el límite de velocidad y el control de ésta.

**Tabla 2.12 Hallazgos relacionados con el límite de velocidad y el control de velocidades.**

Característica del límite de velocidad y el control de velocidades	Descripción de hallazgos
Límites de velocidad permitidos	40 km/h en los 2.1 kilómetros de la zona urbana de San Fandila. 70 km/h en 4.4 kilómetros. 80 km/h en 3.1 kilómetros.
Respeto del límite de velocidad	En 8.2 km se observa que no se respeta el límite de velocidad. Del análisis de velocidades se sabe que una gran mayoría de los vehículos que circulan por el tramo auditado lo hacen a exceso de velocidad.
Concordancia del límite de velocidad y las características de la vía	En 7.7 km se considera que el límite de velocidad permitido es inadecuado.
Presencia de reductores de velocidad	Se detectaron únicamente tres reductores de velocidad tipo tope, el primero se encuentra a la altura de la parada de transporte ubicada fuera de la planta de pollos Pilgrim’s (km 3+200 aproximadamente); los otros dos se localizan en la zona urbana de San Fandila (entre kilómetros 10+000 y 12+000).  Se detectó que se requiere colocar más dispositivos reductores de velocidad, por lo menos en otros cuatro sitios.

Fuente: elaboración propia.

## 2.5.2 Regulación de las intersecciones.

El buen diseño de una intersección debe estar acompañado del señalamiento adecuado que indique la prioridad de paso de los usuarios y de una buena visibilidad. En la Tabla 2.13 se presentan los hallazgos referentes a la regulación de las intersecciones, al evaluar la prioridad de paso, el respeto a dicha prioridad por parte de los usuarios y las condiciones de visibilidad.

**Tabla 2.13 Hallazgos referentes a la regulación de las intersecciones.**

<b>Característica de la regulación de las intersecciones</b>	<b>Descripción de hallazgos</b>
Claridad en la prioridad de paso	Se identificaron 14 sitios donde no se tiene clara la prioridad de paso, algunas de estas intersecciones son irregulares, por lo que representan un mayor riesgo al no contar con señalamiento alguno que advierta de su presencia.
Respeto a la prioridad de paso en las intersecciones	Se detectaron tres intersecciones que sí especifican la prioridad de paso, pero se observó que los usuarios no la cumplen.
Buena visibilidad	Se detectó que hay entradas y salidas que se ubican en curva dificultando la visibilidad.

Fuente: elaboración propia.

### 2.5.3 Cruces peatonales en intersecciones.

Respecto a los cruces peatonales en intersecciones se revisó primero la existencia de infraestructura diseñada para proteger a estos usuarios más vulnerables y si están ubicados en secciones rectas que favorezcan la visibilidad tanto para los peatones como para los usuarios de vehículos. En la Tabla 2.14 se muestran los hallazgos.

**Tabla 2.14 Hallazgos referentes a los cruces peatonales en intersecciones.**

<b>Característica de los cruces peatonales en intersecciones</b>	<b>Descripción de hallazgos</b>
Existencia de infraestructura para peatones en intersecciones	Hay presencia de pasos de cebrá en dos intersecciones y tres más cuentan con isla de refugio peatonal. Se localizaron 21 intersecciones (formales e informales) con cruces peatonales informales. No hay ningún paso a desnivel para peatones (puente peatonal o paso inferior para peatones).
Presencia de vallas peatonales	No hay presencia de vallas peatonales en el tramo carretero auditado.
Localización de los cruces peatonales en tramos rectos	Se detectó que hay dos sitios que presentan cruce de peatones no formales, localizados en curva.

Fuente: elaboración propia.

## 2.5.4 Estacionamiento en la calzada o al costado.

La presencia de vehículos estacionados sobre la calzada o a un costado de la misma incrementa el riesgo de colisiones. En el tramo auditado se detectó la presencia de vehículos estacionados al costado de la vía en una longitud de 2.2 kilómetros; algunos de estos corresponden a la zona urbana de San Fandila, y se detectaron otros vehículos estacionados en zonas donde hay presencia de comercios formales e informales al costado de la vía.

## 2.5.5 Circulación de vehículos pesados.

Como se mencionó anteriormente, de acuerdo al Manual de Proyecto Geométrico de la SCT y a las características geométricas de la vía auditada, la carretera es Tipo C; por lo que de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal, los vehículos doblemente articulados (comúnmente llamados “fulles” con configuración vehicular T3S2R4 o similar) o la composición vehicular camión unitario-remolque (por ejemplo el C3R3), no están autorizados a circular por este tipo de carreteras. Sin embargo, el tramo carretero auditado pertenece a una vía de jurisdicción estatal, en cuyo reglamento de tránsito no estipula nada respecto a los permisos de circulación para los camiones de carga; por lo que el análisis se rige únicamente por el señalamiento colocado en el tramo auditado. En la Tabla 2.15 se enlistan los hallazgos correspondientes a la circulación de vehículos pesados.

**Tabla 2.15 Hallazgos referentes a la Circulación de vehículos pesados.**

Característica de la circulación de vehículos pesados	Descripción de hallazgos
Se permite la circulación de vehículos pesados	No hay reglamento estatal que prohíba la circulación de algún tipo de vehículo, sin embargo, en el kilómetro 12+300 hay un señalamiento que restringe la circulación de vehículos de largo itinerario.
Se observan circulación de vehículos pesados mayores a los permitidos	Se detectó la presencia de vehículos doblemente articulados circulando por el tramo auditado; esto puede deberse a que en el tramo auditado se localizan un parque industrial (PyME) y de otras empresas que mueven mercancía en vehículos de gran tamaño.

Fuente: elaboración propia.

## 2.6 Trabajos en la vía.

Cuando se audita una vía, no se deben considerar aquellas secciones que se encuentren en mantenimiento (zona de obras), sin embargo, si se debe auditar el arreglo de la zona de obras, es decir si cuenta con el diseño adecuado y no representa un peligro para los usuarios de la vía. Para esta revisión se utiliza como referencia lo estipulado en la normativa vigente, Norma Oficial Mexicana NOM-086-SCT2-2015, Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales (NOM-086). En la Tabla 2.16 se presentan los hallazgos referentes a trabajos en la vía.

**Tabla 2.16 Hallazgos referentes a Trabajos en la vía.**

Característica de la circulación de vehículos pesados	Descripción de hallazgos
Presencia de zona de obras	Se tiene presencia de dos zonas de obra, la primera es en los primeros 200 metros del tramo auditado (km 12+000 al 12+200) y la segunda a la mitad del tramo (Km 7+340), se trata de una obra en el derecho de vía del lado derecho, actualmente está cancelada, pero dejaron algunos objetos que pueden generar problemas de visibilidad y representan un peligro.
Señalamiento y protección de la zona de obras	Las zonas de obras presentes en el tramo auditado carecen de señalamiento adecuado (señales preventivas de zona de obras), y dispositivos de protección de la zona de obras. En general se observa que las zonas de obras presentes en la vía no cumplen con lo dispuesto en la normativa vigente (NOM-086).

Fuente: elaboración propia.

## 2.7 Usuarios de la vía.

En una auditoría es importante determinar los diferentes tipos de usuarios de la vía y considerar si la infraestructura está diseñada para satisfacer sus necesidades. En este rubro se analizan las características de la vía disponibles para atender las necesidades de tres diferentes usuarios de la vía: Peatones, Ciclistas y Ocupantes de vehículos (incluidos motociclistas).

## **2.7.1 Peatones y ciclistas.**

Entre mayor sea la cantidad de peatones y ciclistas presentes a los costados de la vía y atravesándola, mayor debe ser la cantidad de infraestructura disponible para ellos, considerando su vulnerabilidad; es por esto que es necesario analizar su presencia y comportamiento en la vía y su interacción con los otros usuarios. En la Tabla 2.17 se presentan los hallazgos referentes a peatones y en la

Tabla 2.18 se presentan los hallazgos referentes a ciclistas.

**Tabla 2.17 Hallazgos referentes a peatones.**

<b>Característica de los peatones</b>	<b>Descripción de hallazgos</b>
Presencia de peatones a lo largo de la vía	A lo largo de 3.4 kilómetros se detectó la presencia de peatones a los costados de la vía, un tramo significativo corresponde a la zona urbana de San Fandila.
Presencia de peatones atravesando la vía	Se detectaron 20 sitios en los que los peatones atraviesan la vía (que no son intersecciones), 4 de ellos si tienen infraestructura de cruce peatonal y 16 no están señalizados como cruce peatonal.
Presencia de zonas escolares sobre la vía o cercanas a ella	Se detectaron tres zonas escolares que carecen del señalamiento y el límite de velocidad del tramo no es adecuado.
Infraestructura para protección de los peatones (banquetas, cruces peatonales, semáforos peatonales, puentes peatonales, vallas peatonales, etc.)	Se tienen sólo 4 cruces peatonales con un mínimo de infraestructura, uno de ellos sólo cuenta con señalamiento SP-32 "Peatones" y los otros tres únicamente tienen demarcado el paso de cebra.

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2.18 Hallazgos referentes a Ciclistas.**

<b>Característica de los peatones</b>	<b>Descripción de hallazgos</b>
Presencia de ciclistas a lo largo de la vía	Se detectó la presencia de ciclistas a lo largo de la vía, en 2.6 kilómetros.
Presencia de ciclistas atravesando la vía	Se detectaron 19 sitios con posible cruce de ciclistas.
Infraestructura para protección de los ciclistas (ciclopista)	Hay una ciclopista de terracería en 1.4 km a un costado de la vía auditada, inicia en la población de San Fandila y llega hasta el final del tramo auditado, la ciclopista pierde continuidad en una alcantarilla por lo que los ciclistas invaden el carril vehicular sin previo aviso, en temporadas de lluvias la ciclopista se cubre de vegetación y pierde material.

Fuente: elaboración propia.

## 2.7.2 Factor humano.

Para que una carretera sea perdonadora debe considerar en su diseño los parámetros límite de los usuarios respecto a tres aspectos: los tiempos de reacción, el campo visual y la lógica de la carretera. En la Tabla 2.19 se presentan los hallazgos encontrados respecto al factor humano.

**Tabla 2.19 Hallazgos respecto al Factor humano.**

<b>Característica del Factor humano</b>	<b>Descripción de hallazgos</b>
Tiempo de reacción: distancia de visibilidad disponible	Se detectó que a lo largo de 2.8 km hay problemas de distancia de visibilidad, ya sea por combinación de curvas horizontales y verticales, o la presencia de intersecciones en curva.
Campo visual: presencia de elementos que ocasionen confusión o mala interpretación de la vía y sus condiciones operacionales	Se detectaron 10 sitios con problemas de interpretación debido a la falta de señalamiento horizontal y vertical.
Lógica de la carretera: presencia de inconsistencias en la vía que generen confusión en cuanto a su diseño	Se detectó que la intersección de Los Cues (Km 7+340) tiene problemas de lógica por falta de señalamiento. En el sentido hacia Galindo, no se sabe cuál de los ramales es el que conduce a Galindo y cuál a Los Cues dando la impresión que la vía principal continua recto. En el sentido hacia El Colorado no está correctamente señalizada la intersección hacia Los Cues y el giro izquierdo no cuenta con carril auxiliar.

Fuente: elaboración propia.

## 2.8 Vehículos en la vía.

El nivel de riesgo al que están expuestos los usuarios de una vía depende también del tipo de vehículos que circulen por la misma, ya que, entre otras cosas, puede impactar en los diferenciales de velocidad desarrollados. Por esta razón es importante conocer el tipo de vehículo que circulan por la vía auditada. En la Tabla 2.20 se encuentran los hallazgos detectados referentes a los vehículos en la vía.

**Tabla 2.20 Hallazgos referentes a vehículos en la vía.**

Característica de los vehículos en la vía	Descripción de hallazgos
Participación vehicular	A partir de la observación diaria de los investigadores, se reporta presencia de los tipos de vehículos más comunes, incluidos los doblemente articulados. Del aforo vehicular realizado se estima que circulan por la vía 9 mil 152 vehículos diarios, cifra que se incrementa cuando hay algún accidente en la carretera federal MEX-057 México-Querétaro.
Autobuses: presencia de paradas de transporte público	En ambos sentidos de la vía auditada, se encontraron 9 paradas de transporte público. Se encuentran en malas condiciones, carecen de señalamiento y espacio seguro para el ascenso y descenso de pasaje.
Motociclistas: presencia de alto número de motociclistas e infraestructura para estos usuarios (motovías, barreras con dispositivos de protección para motociclistas)	Se detectaron motociclistas únicamente en la zona inicial del tramo auditado No hay presencia de vías para motociclistas.

Fuente: elaboración propia.

## 2.9 Clasificación de hallazgos.

De las tablas anteriores se resume que los hallazgos detectados durante la Auditoría de Seguridad Vial al tramo carretero de nueve kilómetros de longitud (entre el km 3+000 y el 12+000) de la Carretera Estatal No. 431 El Colorado – Galindo se pueden resumir en 18 grandes rubros, mismos que intervienen, directa o indirectamente, en la ocurrencia de accidentes de tránsito y su gravedad. Es por esta razón que es conveniente clasificar dichos hallazgos y estimar el nivel de riesgo que representa cada uno de ellos para los problemas de seguridad vial.

La Asociación de Transportes de Canadá desarrollo una guía para la evaluación del nivel de riesgo de cada hallazgo, misma que se utilizó en el presente proyecto para definir el nivel de riesgo de los 18 diferentes rubros en los que se agruparon los hallazgos detectados.

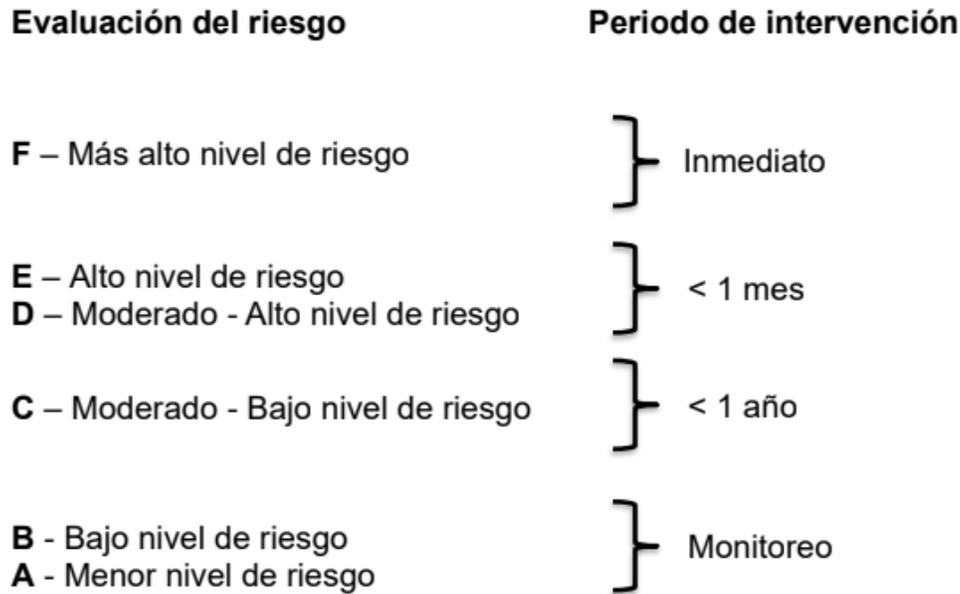
La metodología consiste en asignar un indicador de frecuencia y un indicador de severidad al riesgo de colisión asociado a cada uno de los hallazgos detectados durante la Auditoría. El primer indicador se refiere a la frecuencia de colisión debido a la problemática identificada y el segundo se refiere a los tipos de colisiones típicas que se presentan debido a la problemática identificada. Una vez obtenidos estos dos índices, se utiliza la matriz mostrada en la Figura 2.4 para determinar el nivel de riesgo correspondiente a cada hallazgo (problema de seguridad vial detectado en la ASV).

Índice de Frecuencia	Índice de Severidad			
	Bajo	Medio	Alto	Extremo
Frecuente	D	E	F	F
Ocasional	C	D	E	F
Poco frecuente	B	C	D	E
Raro	A	B	C	D

**Figura 2.4 Matriz de evaluación del nivel de riesgo de colisión.**

Fuente: Transportation Association of Canada. The Canadian Guide to In-Service Road Safety Operational Reviews. 2003.

Dependiendo del nivel de riesgo de colisión que se estime para cada hallazgo, se elabora el plan de implementación de las medidas de mejora que se propongan, siendo necesario atender primero la problemática con más altos niveles de riesgo. En la Figura 2.5 se presentan los niveles de riesgo con su respectivo periodo de intervención para implementar las medidas de mejora propuestas.



**Figura 2.5 Periodos de intervención, de acuerdo al nivel de riesgo de los hallazgos.**

Fuente: Transportation Association of Canada. The Canadian Guide to In-Service Road Safety Operational Reviews. 2003.

Siguiendo esta metodología es que se determinaron los niveles de riesgo para cada grupo de hallazgos detectados durante la Auditoría; se consideraron los accidentes reportados en el tramo, así como la presencia de usuarios vulnerables. Los resultados se presentan en la Tabla 2.21.

A partir de los hallazgos, se observa que muchos de ellos se podrían mejorar con un programa de mantenimiento periódico que incluya la colocación de señalamiento horizontal (marcas sobre el pavimento) con botones y otros elementos reflejantes, así como la colocación del señalamiento vertical faltante y el mantenimiento del existente. Hay otros hallazgos que requieren de medidas de mejora mayores, tal como el rediseño de algunas intersecciones y el control de accesos.

Las medidas de mejora propuestas para remediar la problemática de seguridad vial detectada se describen a detalle y con algunos ejemplos en el Capítulo 4 de esta publicación.

A partir de la información presentada en la Tabla 2.21, se observa que los grupos de hallazgos que se tienen que atender primero corresponden a la problemática detectada respecto a: visibilidad en curvas, sección transversal, señalamiento horizontal y vertical, velocidad excesiva y lo relacionado con los usuarios vulnerables (cruces peatonales y ciclistas, paradas de transporte público, entre otros). Es a partir de esta tabla que se recomienda hacer el plan de acción, considerando el nivel de riesgo de cada grupo de hallazgos.

**Tabla 2.21 Nivel de riesgo para los hallazgos detectados.**

Hallazgos	Indicador de frecuencia	Indicador de severidad	Nivel de Riesgo
Intersecciones: mal diseño y poca visibilidad	Ocasional	Alta	E
Control de accesos	Ocasional	Alta	E
Problemas de visibilidad en curvas	Frecuente	Alta	F
Sección Transversal: poco ancho de carriles, inexistencia de acotamientos, vía No separada, sin bandas de alerta	Frecuente	Alta	F
Pavimento: baches, desprendimientos y grietas superficiales	Ocasional	Baja	C
Señalamiento horizontal: en malas condiciones, inexistente, no hay presencia de botones y delineadores	Frecuente	Alta	F
Señalamiento vertical: en malas condiciones, inexistente, confuso, sin información de destino	Frecuente	Alta	F
Falta de luminarias	Ocasional	Media	D
Falta de barreras de protección para los objetos laterales	Ocasional	Alta	E
No hay amortiguadores de impacto	Poco Frecuente	Alta	D
Velocidad excesiva	Frecuente	Extrema	F
Mala gestión y regulación de las intersecciones	Ocasional	Alta	E
Cruces peatonales: sin protección, zonas escolares no señalizadas, poco visibles	Frecuente	Extrema	F
Vehículos estacionados a los costados	Poco Frecuente	Baja	B
No regulación de vehículos de carga	Poco Frecuente	Extrema	E
Zonas de obras mal señalizadas	Raro	Media	B
Ciclopista en malas condiciones y sin continuidad	Ocasional	Extrema	F
Paradas de autobús mal señalizadas y sin protección	Ocasional	Extrema	F

Fuente: elaboración propia.

### **3 Hallazgos específicos y sus recomendaciones de mejora de la seguridad vial**

---

En este trabajo se analizó la información recopilada y se encontraron algunos problemas específicos de seguridad vial. En este capítulo se presentan los principales hallazgos específicos con su respectiva medida de mejora propuesta. Los hallazgos se clasificaron de acuerdo a cada grupo y se presentan a continuación acomodados de acuerdo con la plantilla en la que se recopiló la información. En cada tabla se indica, para cada hallazgo: el cadenamiento (kilometraje), el sentido de circulación, el grupo al que pertenece, una fotografía, una breve descripción y una propuesta de medida de mejora.

#### **3.1 Proyecto geométrico y superficie de rodamiento.**

A continuación, de la Tabla 3.1 a la Tabla 3.25, se presentan los hallazgos principales referentes al Proyecto Geométrico (PG) y a la Superficie de Rodamiento (SuRo), con algunas medidas de mejoramiento propuestas para eliminar el riesgo o reducir sus consecuencias más relevantes.

**Tabla 3.1 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 3+000 – 3+060.**

<b>Cadenamiento:</b>	3+000 – 3+060	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
1. Diseño no adecuado de la intersección, con espacios reducidos y poca visibilidad.		Adecuación de las islas de refugio y canalización adecuada	
2. Acceso irregular después del carril de incorporación de la intersección (lado derecho)		Control de accesos	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.2 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 3+160.**

<b>Cadenamiento:</b>	3+160	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
1. Accesos no adecuados, sin canalizar y movimientos libres y confusos.		Canalización de los accesos a los comercios	
2. Paradas de autobuses no diseñadas adecuadamente		Paradas de autobuses bien canalizadas.	
3. Falta de acotamientos		Pavimentar los acotamientos, así como los carriles de entrada y salida	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.3 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 3+620 – 3+660.**

<b>Cadenamiento:</b>	3+620 – 3+660	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
1. Curva cerrada con poca visibilidad, riesgo de colisiones frontales o salidas de camino		Realineamiento de la vía e incrementar el radio de la curva. Ampliar los carriles y reducir las velocidades de aproximación.	
2. Accesos irregulares antes, durante y después de la curva		Mejorar las laterales de la vía, controlar los accesos y construir una vía lateral	

Fuete: elaboración propia.

**Tabla 3.4 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 4+650.**

<b>Cadenamiento:</b>	4+650	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Delineación confusa y carriles angostos		Instalación de nuevas islas de tránsito, alumbrado público, señalamiento horizontal y señales verticales anticipadas de advertencia a los conductores sobre la proximidad del acceso.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.5 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 4+800.**

<b>Cadenamiento:</b>	4+800	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
1. Acceso irregular no controlado		Eliminar el punto de acceso o reubicarlo	
2. Curva horizontal cerrada y curva vertical con poca visibilidad		Incrementar el radio de la curva y reducir la pendiente.	
3. Carriles angostos y sin acotamientos pavimentados		Ampliación de carriles y pavimentar los acotamientos.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.6 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 5+000 – 5+200.**

<b>Cadenamiento:</b>	5+000 – 5+200	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
1. Curva horizontal cerrada y curva vertical con poca visibilidad		Realineamiento vertical y horizontal e incrementar el radio de la curva. Reducir la pendiente.	
2. Carriles angostos, sin acotamientos pavimentados		Ampliación de carriles, pavimentación de acotamientos y colocación de barrera central o central para evitar choques frontales	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.7 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 5+900.**

<b>Cadenamiento:</b>	5+900	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Acceso no canalizado		Rediseño del acceso, instalación de carriles de incorporación y salida canalizados adecuadamente.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.8 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 6+490 – 6+560.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+490 – 6+560	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Acceso irregular no canalizado adecuadamente.		Canalización adecuada de accesos, delineación de carriles, colocación de barrera central o achurado central, colocación de islas de refugio y control de accesos.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.9 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 6+840.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+840	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Intersección no adecuada, ni canalizada, carriles de giro no adecuados. Pendiente longitudinal prolongada.</p>		<p>Delineación adecuada y clara que informe a los usuarios que hay una intersección y las maniobras permitidas. Colocación de islas divisorias cerca de las intersecciones para mejorar su visibilidad y considerar la mejora del alumbrado público. Reducir la pendiente longitudinal.</p>	

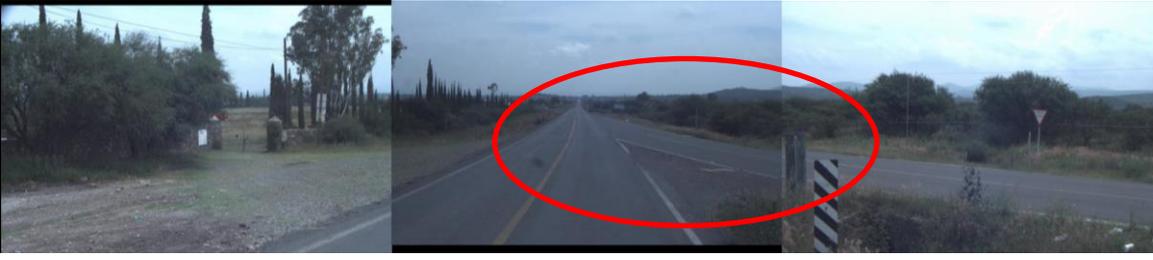
Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.10 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 7+340.**

<b>Cadenamiento:</b>	7+340	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Intersección peligrosa, no delineada con curva cerrada y con pendiente ascendente</p>		<p>Rediseño de la intersección. Canalización adecuada del carril de salida de la intersección a Los Cues, ampliación de carriles y realineamiento horizontal y vertical. Pavimentación de acotamientos y colocación de barrera central o achurado central</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.11 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 7+780.**

<b>Cadenamiento:</b>	7+780	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Carril de incorporación a la vía no delineado adecuadamente, acceso a la salida de la curva.</p>		<p>Delineación adecuada del carril de incorporación y control de accesos.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.12 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 8+050 – 8+800.**

<b>Cadenamiento:</b>	8+050 8+160 8+370 8+800	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Accesos irregulares		Reemplazar estos puntos de acceso con un solo punto de acceso a una vía principal.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.13 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 8+850 – 9+190.**

<b>Cadenamiento:</b>	8+850 9+080 9+190	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Accesos irregulares		Reemplazar estos puntos de acceso con un solo punto de acceso a una vía principal, o eliminarlos.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.14 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 10+340 – 10+380.**

<b>Cadenamiento:</b>	10+340 – 10+380	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Intersección no adecuada, ni canalizada, carriles de giro no adecuados. Pendiente longitudinal prolongada.</p>		<p>Delineación adecuada y clara para informar a los usuarios que hay una intersección y las maniobras permitidas. Colocación de islas divisorias cerca de las intersecciones para mejorar su visibilidad y considerar mejorar el alumbrado público. Reducir la pendiente longitudinal.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.15 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 10+680.**

<b>Cadenamiento:</b>	10+680	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Accesos a comercios y zona habitacional.		<p>Construir un camino de servicio lateral que sólo tenga una incorporación y salida a la vía principal. En este camino se dará servicio a las entradas y salidas de las propiedades aledañas.</p> <p>Cerrar las intersecciones secundarias con las calles locales que tienen acceso alternativo a la red vial local del vecindario.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.16 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 11+040 – 11+090.**

<b>Cadenamiento:</b>	11+040 – 11+060 11+090	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>1. Intersecciones no adecuadas, ni canalizadas, carriles de giro no adecuados.</p>		<p>Delineación adecuada y de manera clara para informar a los usuarios que hay una intersección, y sobre las maniobras permitidas.</p>	

2. Accesos a comercios y zona habitacional.	Construir una vía de acceso o un carril de acceso que combine caminos de entrada a varias propiedades. Cerrar las intersecciones secundarias con las calles locales que tienen acceso alternativo a la red vial local del vecindario.
3. Paradas de autobús no canalizadas ni seguras	Colocación de carriles de incorporación y salida de los autobuses

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.17 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 11+470 – 11+540.**

<b>Cadenamiento:</b>	11+470 – 11+540	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Accesos irregulares y no controlados		Construir una vía de acceso o un carril de acceso que combine caminos de entrada a varias propiedades.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.18 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 11+760.**

<b>Cadenamiento:</b>	11+760	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Intersección no canalizada adecuadamente, carriles de giro no adecuados y poca visibilidad.</p>		<p>Delineación adecuada de la intersección, ampliación de carriles y eliminación de las obstrucciones para una buena visibilidad.</p>	

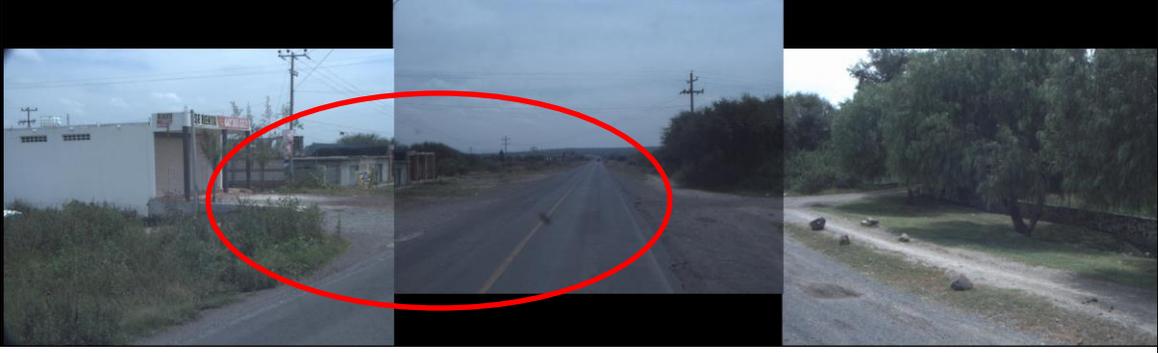
Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.19 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 11+800.**

<b>Cadenamiento:</b>	11+800	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
1. Intersección no canalizada adecuadamente, carriles de giro no adecuados y poca visibilidad.		Delineación adecuada de la intersección, ampliación de carriles y eliminación de las obstrucciones para una buena visibilidad.	
2. Paradas de autobús peligrosas		Colocación de paradas de autobús adecuadas y canalizadas	
3. Pavimento deteriorado		Repavimentación de la superficie de rodamiento	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.20 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 11+890.**

<b>Cadenamiento:</b>	11+890	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Intersección no canalizada adecuadamente y carriles de giro no adecuados y poca visibilidad.</p>		<p>Delineación adecuada de la intersección, ampliación de carriles y eliminación de las obstrucciones para una buena visibilidad.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.21 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 12+220.**

<b>Cadenamiento:</b>	12+220	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Proyecto Geométrico</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
1. Cruce de bicicleta no canalizado adecuadamente.		Canalización y señalización del cruce de bicicletas.	
2. Carriles angostos y sin acotamientos pavimentados.		Ampliación de carriles, colocación de acotamientos pavimentados y barrera central o achurado central para la correcta división de los sentidos de circulación	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.22 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 6+380.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+380	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Superficie de Rodamiento</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Superficie presenta desprendimientos y poca resistencia al deslizamiento.		Remoción del material de la superficie de la vía o agregar sustancias químicas para que la superficie esté más áspera. Mantenimiento de la superficie de rodamiento	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.23 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 6+710.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+710	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Superficie de Rodamiento</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Pavimento deteriorado, con presencia de desprendimientos y agrietamientos en la superficie.		Reconstrucción de la carpeta asfáltica y mantenimiento rutinario.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.24 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 9+000.**

<b>Cadenamiento:</b>	9+000	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Superficie de Rodamiento</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Presencia de roderas a lo largo de la superficie		Repavimentación de la superficie de rodamiento.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.25 Principales hallazgos de PG y SuRo, Km 12+040.**

<b>Cadenamiento:</b>	12+040	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Superficie de Rodamiento</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Pavimento deteriorado, con desprendimientos longitudinales y en los hombros de la corona. Así como poca resistencia al deslizamiento.		Remoción del material de la superficie de la vía o agregar sustancias químicas para que la superficie esté más áspera. Repavimentar la superficie de la vía.	

Fuente: elaboración propia.

## 3.2 Señalamiento y mobiliario vial

A continuación, de la Tabla 3.26 a la Tabla 3.42, se presentan los hallazgos principales referentes al Señalamiento Horizontal y Vertical (SHV) y al Mobiliario Vial (MV), con algunas medidas de mejoramiento propuestas para eliminar el riesgo o reducir sus consecuencias más relevantes.

**Tabla 3.26 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 3+000.**

<b>Cadenamiento:</b>	3+000	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Señalamiento horizontal y delineadores</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
1. Falta de señalamiento horizontal.		Aplicación de pintura para señalamiento horizontal de acuerdo a la normativa.	
2. Falta de mantenimiento en señalamiento vertical.		Implementación de conservación en señales en buen estado y supervisar tamaños y colores de acuerdo a la normativa.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.27 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 3+400.**

<b>Cadenamiento:</b>	3+400	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Señalamiento Vertical</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
1. Señalamiento de paso peatonal a desnivel de mal estado.		Aplicación de pintura para señalamiento horizontal de acuerdo a la normativa.	
2. Falta de mantenimiento en señales verticales.		Implementación de conservación en señales en buen estado y supervisar tamaños y colores de acuerdo a la normativa.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.28 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 3+800.**

<b>Cadenamiento:</b>	3+800	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Mobiliario Vial</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Objeto rígido peligroso en laterales de la corona.		Retirar los objetos rígidos que puedan ocasionar un accidente.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.29 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 5+400.**

<b>Cadenamiento:</b>	5+400	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Mobiliario Vial</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
1. Falta de barrera de contención en curva cerrada.		Colocar barrera de seguridad para vehículos de acuerdo a la normativa.	
2. Falta de mantenimiento en señales verticales.		Implementación de conservación en señales en buen estado y supervisar tamaños y colores de acuerdo a la normativa.	
3. Falta de visibilidad en curva.		Realizar trabajos de mantenimiento como recorte de árboles y quitar obstáculos laterales para mayor visibilidad.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.30 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 5+600.**

<b>Cadenamiento:</b>	5+600	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Señalamiento Vertical</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Falta de señalamiento vertical y horizontal para anunciar la intersección		Implementación de conservación en señales en buen estado y supervisar tamaños y colores, como también las características de señalamiento en intersecciones a nivel de acuerdo a la normativa	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.31 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 5+900.**

<b>Cadenamiento:</b>	5+900	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Señalamiento horizontal y delineadores</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Falta de señalamiento horizontal y delineadores.		Implementación de pintura para señalamiento horizontal de acuerdo a la normativa.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.32 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 6+300.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+300	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Señalamiento horizontal y delineadores</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Confusión en señalamiento horizontal y delineadores.		Mejorar la calidad de señalamiento horizontal en la intersección de acuerdo a la normativa.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.33 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 6+900.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+900	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Señalamiento Vertical</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Señalamiento vertical inadecuado que genera confusión para el conductor. No se cumple con la jerarquización y separación de las señales verticales presentes.		Proponer las señales necesarias y colocarlas conforme a la normativa.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.34 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 7+050.**

<b>Cadenamiento:</b>	7+050	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Señalamiento horizontal y delineadores</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
1. Falta de señalamiento horizontal y vertical en la intersección.		Implementar señalamiento adecuado tanto horizontal como vertical para la intersección de acuerdo a la normativa.	
2. Falta de señalamiento horizontal y delineadores.		Implementar señalamiento horizontal y delineadores de acuerdo a la normativa.	
3. Falta de dispositivos de seguridad como barreras y terminales de impacto.		Colocación de barrera de seguridad junto con la terminal de impacto en la bifurcación.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.35 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 9+500.**

<b>Cadenamiento:</b>	9+500	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Mobiliario Vial</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
1. Deterioro del señalamiento horizontal y delineadores.		Implementación de nuevo señalamiento horizontal de acuerdo a la normativa.	
2. Falta de barrera de seguridad en elemento rígido (alcantarilla).		Colocación de barrera de seguridad en objeto rígido peligroso.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.36 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 11+800.**

<b>Cadenamiento:</b>	11+800	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Mobiliario Vial</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Señalamiento vertical en mal estado.		Conservación del señalamiento e implementación de un nuevo señalamiento de acuerdo a la normativa.	
Poste de señalamiento sin protección.		Proteger el poste rígido para impactos.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.37 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 1+850.**

<b>Cadenamiento:</b>	11+850	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Mobiliario Vial</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Alcantarilla expuesta como objeto rígido peligroso.		Colocar barrera de seguridad en alcantarilla.	
Falta de señalamiento horizontal en la intersección.		Implementar el señalamiento horizontal y vertical adecuado para la intersección de acuerdo a la normativa.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.38 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 11+900.**

<b>Cadenamiento:</b>	11+900	<b>Sentido:</b>	2
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Mobiliario Vial</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Señalamiento vertical en mal estado y oculto por vegetación.		Conservación del señalamiento e implementación de un nuevo señalamiento de acuerdo a la normativa.	
Poste de señalamiento sin protección de impacto.		Proteger el poste rígido para impactos.	
Falta de señalamiento horizontal y vertical en la intersección.		Implementar el señalamiento horizontal y vertical adecuado para la intersección de acuerdo a la normativa.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.39 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 9+900.**

<b>Cadenamiento:</b>	9+900	<b>Sentido:</b>	2
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Señalamiento horizontal y delineadores</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
1. Falta de señalamiento horizontal y vertical en la intersección.		Implementar el señalamiento horizontal y vertical adecuado para la intersección de acuerdo a la normativa.	
2. Alcantarilla expuesta como objeto rígido peligroso.		Clocar barrera de seguridad en alcantarilla.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.40 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 6+930.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+930	<b>Sentido:</b>	2
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Señalamiento horizontal y delineadores</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Falta de señalamiento horizontal y vertical en la intersección.		Implementar el señalamiento horizontal y vertical adecuado para la intersección de acuerdo a la normativa.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.41 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 5+350.**

Fuente: elaboración propia.

<b>Cadenamiento:</b>	5+350	<b>Sentido:</b>	2
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Señalamiento Vertical</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Mal estado de conservación de señalamiento vertical en curva cerrada.		Colocar señalamiento vertical conforme a la normativa.	
Falta de barreras de protección para no salirse de la curva.		Colocar barrera de seguridad en los tramos adecuados de acuerdo con la normativa.	

**Tabla 3.42 Principales hallazgos de SHV y MV, Km 4+760.**

<b>Cadenamiento:</b>	4+760	<b>Sentido:</b>	2
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Mobiliario Vial</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Obra de drenaje expuesta como objeto rígido peligroso.		Colocar barrera de seguridad en la sección para proteger a los conductores.	

Fuente: elaboración propia.

### 3.3 Gestión de tránsito, trabajos en la vía, usuarios de la vía y vehículos en la vía

A continuación, de la Tabla 3.43 a la Tabla 3.76, se presentan los hallazgos principales referentes a Gestión de tránsito (GT), Trabajos en la vía (TV), Usuarios de la vía (UV) y Vehículo en la vía (VV), con algunas medidas de mejoramiento propuestas para eliminar el riesgo o reducir sus consecuencias más relevantes.

**Tabla 3.43 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 4+300.**

<b>Cadenamiento:</b>	4+300	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Gestión de Tránsito</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Falta de reductor de velocidad por proximidad de intersección.		Colocar señalamiento preventivo de proximidad a intersección y evaluar la factibilidad de colocar rayas logarítmicas para promover la reducción de velocidades.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.44 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 6+200.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+200	<b>Sentido:</b>	2
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Gestión de Tránsito</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Vehículo pesado estacionado sobre carril auxiliar de entrada y salida a parque industrial PyME.</p>		<p>Colocar señalamiento que prohíba a los vehículos estacionarse en el acotamiento y mejorar el control policial en el tramo carretero.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.45 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 6+500.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+500	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Gestión de Tránsito y Usuarios de la vía (Factor Humano)</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Intersección mal señalizada que cuenta con carriles auxiliares para vuelta izquierda al centro y carril de aceleración y deceleración en el Sentido 1. Debido a la falta de señalamiento la intersección se vuelve confusa y no se establece la prioridad de paso en la misma.</p>		<p>Colocar señalamiento horizontal y vertical para definir la prioridad de paso en la intersección y colocar iluminación para mejorar la visibilidad.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.46 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 6+800.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+800	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Gestión de Tránsito</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
1. Falta de elementos de control de velocidad próximos a la intersección de tres ramas.		Colocar señalamiento preventivo para alertar a los conductores de la proximidad de la intersección y señalamiento restrictivo para delimitar el derecho de paso en la misma. Evaluar la factibilidad de colocar rayas logarítmicas o algún otro reductor de velocidad.	
2. Vehículos estacionados al costado de la vía.		Colocar señalamiento restrictivo para evitar estacionamiento en acotamiento y reforzar la vigilancia policial en el tramo carretero.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.47 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 7+800.**

Cadenamiento:	7+800	Sentido:	Ambos
Elemento de seguridad:		Gestión de Tránsito	
Riesgo Identificado		Medida de mejora propuesta	
1. Intersección a la misma altura que acceso a propiedad privada.		Reubicar el acceso a la propiedad privada y señalizarlo de manera adecuada de forma que sea visible para los conductores.	
2. No se cuenta con señalamiento que establezca prioridad de paso.		Colocar señalamiento preventivo antes de la intersección y restrictivo para definir la prioridad de paso.	
3. Ocasionalmente hay presencia de vehículos estacionados en costado izquierdo de la vía por acceso a propiedad.		Colocar señalamiento restrictivo para evitar estacionamiento en acotamiento y reforzar la vigilancia policial en el tramo carretero.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.48 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 9+000.**

<b>Cadenamiento:</b>	9+000	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Gestión de Tránsito</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Instalación de comercio improvisado sobre derecho de vía.		Verificar que el comercio no se encuentre establecido sobre el derecho de vía y de ser así, retirarlo.	
Vehículos estacionados a un costado de la vía.		Retirar vehículos estacionados en derecho de vía o en su caso señalizar correctamente la zona de estacionamiento.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.49 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 10+300.**

<b>Cadenamiento:</b>	10+300	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Gestión de Tránsito</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Carencia de dispositivos reductores de velocidad por proximidad a intersección.		Colocar señalamiento preventivo para alertar a los conductores de la proximidad de la intersección y evaluar la factibilidad de colocar rayas logarítmicas o algún otro reductor de velocidad.	
Carencia de señalamiento de entrada a zona urbana (Sentido 1).		Reducir el límite de velocidad y colocar señalamiento que indique la proximidad de una zona urbana.	
Carencia de señalamiento de zona escolar.		Colocar señalamiento de zona escolar y colocar reductores de velocidad.	
Carencia de señalamiento que indique la prioridad de paso en la intersección.		Colocar señalamiento restrictivo para delimitar el derecho de paso en la intersección.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.50 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 11+500.**

<b>Cadenamiento:</b>	11+500	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Gestión de Tránsito</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Carencia de dispositivos reductores de velocidad por proximidad a intersección.		Colocar señalamiento preventivo para alertar a los conductores de la proximidad de la intersección y evaluar la factibilidad de colocar rayas logarítmicas o algún otro reductor de velocidad.	
Carencia de señalamiento que indique la prioridad de paso en la intersección.		Colocar señalamiento restrictivo para delimitar el derecho de paso en intersección.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.51 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 11+700.**

<b>Cadenamiento:</b>	11+700	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Gestión de Tránsito</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Carencia de señalamiento que indique la presencia de la intersección.		Colocar señalamiento preventivo para alertar a los conductores de la proximidad de la intersección y señalamiento restrictivo para delimitar el derecho de paso en la misma. Evaluar la factibilidad de colocar rayas logarítmicas o algún otro reductor de velocidad.	
Carencia de señalamiento que indique la prioridad de paso en la intersección.			
Carencia de dispositivos reductores de velocidad por proximidad a intersección.			

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.52 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 11+900.**

<b>Cadenamiento:</b>	11+900	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Gestión de Tránsito</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Carencia de señalamiento que indique la presencia de incorporaciones en ambos sentidos.		Colocar señalamiento preventivo para alertar a los conductores de la presencia de accesos por estar dentro de la pequeña zona urbana y señalamiento restrictivo para delimitar el derecho de paso en las incorporaciones. Evaluar la factibilidad de colocar rayas logarítmicas o algún otro reductor de velocidad en la zona de accesos.	
Carencia de señalamiento que indique la prioridad de paso en las incorporaciones.			
Carencia de dispositivos reductores de velocidad por proximidad a incorporaciones.			

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.53 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 12+000.**

<b>Cadenamiento:</b>	12+000	<b>Sentido:</b>	2
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Gestión de Tránsito</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Carencia de reductores de velocidad por proximidad a intersección e inicio de zona urbana.</p>		<p>Colocar señalamiento preventivo para alertar a los conductores de la proximidad de la intersección y señalamiento restrictivo para delimitar el derecho de paso en la misma. Evaluar la factibilidad de colocar rayas logarítmicas o algún otro reductor de velocidad.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.54 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 4+500.**

<b>Cadenamiento:</b>	4+500	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Usuarios de la vía</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
No hay cruce peatonal señalizado en la intersección de un centro de investigación (CENAM).		Colocar señal SP-32 "Peatones" para indicar la presencia de peatones.	
No hay dispositivos de protección para peatones en las zonas aledañas y cruzando la vía.		Colocar un cruce peatonal, por lo menos un paso de cebra bien señalizado para que los conductores se percaten de la presencia de peatones atravesando la vía. Combinar con infraestructura para reducción de velocidad.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.55 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 4+900.**

<b>Cadenamiento:</b>	4+900	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Usuarios de la vía</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Visibilidad carente por combinación de curvas horizontal y vertical.</p>		<p>Rectificar el trazo de la vía, de forma que la curva horizontal no coincida con la curva vertical en cresta y se mejore la visibilidad. Otra medida de mejora a corto plazo es señalar la curva horizontal para mejorar la interpretación de la vía.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.56 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 5+700.**

<b>Cadenamiento:</b>	5+700	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Usuarios de la vía</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Falta de visibilidad en curva vertical.		Rectificar el trazo de la vía (nivel de la rasante), de forma que la curva vertical en cresta no dificulte la visibilidad. Una medida a corto plazo sería reducir la velocidad del tramo para compensar la visibilidad deficiente.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.57 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 5+800.**

<b>Cadenamiento:</b>	5+800	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Usuarios de la vía</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Falta de visibilidad en curva vertical.		Rectificar el trazo de la vía, de forma que la curva vertical en cresta no dificulte la visibilidad. Una medida a corto plazo sería reducir la velocidad del tramo para compensar la visibilidad deficiente.	
Punto peligroso por entrada y salida de vehículos procedentes de parque industrial PyME. Intersección en salida de curva horizontal.		Rediseñar el acceso al parque industrial PyME, modificando la geometría del mismo. A corto plazo, señalar adecuadamente el acceso y reducir la velocidad de los vehículos que circulan en sentido del Colorado a Galindo.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.58 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 6+000.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+000	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Usuarios de la vía</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Cruce peatonal / ciclista no provisto de seguridad (informal).		Colocar un reductor de velocidad y el señalamiento horizontal (paso de cebra) y vertical (SP-32 "Peatones") en la zona para advertir a los conductores de la presencia de peatones y ciclistas atravesando la vía. Colocar alumbrado en el cruce peatonal.	
Presencia de peatones y/o ciclistas en los costados de la vía debido a comercio.		Verificar que el comercio no se encuentre establecido sobre el derecho de vía y de ser así, retirarlo. Avisar a los conductores de la presencia de peatones a lo largo de la vía.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.59 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 6+200.**

Cadenamiento:	6+200	Sentido:	Ambos
<i>Elemento de seguridad:</i>		<i>Usuarios de la vía</i>	
			
Riesgo Identificado		Medida de mejora propuesta	
<p>Intersección no señalizada que crea confusión en los conductores sobre la prioridad de paso y movimientos de los otros conductores.</p>		<p>Colocar señalamiento preventivo para alertar a los conductores de la proximidad de la intersección y evaluar la factibilidad de colocar rayas logarítmicas o algún otro reductor de velocidad y colocar señalamiento restrictivo para delimitar el derecho de paso en la intersección.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.60 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 6+400.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+400	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Usuarios de la vía</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Ampliación de la vía a cuatro carriles que ocasionan confusión en los conductores al no estar demarcado para que es cada uno y al no estar señalizado el carril de vuelta izquierda.		Colocar señalamiento horizontal y vertical para delimitar adecuadamente los carriles de circulación y el carril de vuelta izquierda.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.61 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 6+800.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+800	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Usuarios de la vía</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Falta de infraestructura segura para peatones.		Colocar un reductor de velocidad y el señalamiento horizontal (paso de cebra) y vertical (SP-32 "Peatones") en la zona para advertir a los conductores de la presencia de peatones y ciclistas atravesando la vía. Colocar alumbrado en el cruce peatonal y en la intersección.	
Problemas de visibilidad desde y hacia la carretera secundaria por vegetación de gran tamaño y por edificación.		Retirar la vegetación y colocar señalamiento preventivo para alertar a los conductores de la proximidad de la intersección y evaluar la factibilidad de colocar rayas logarítmicas o algún otro reductor de velocidad.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.62 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 6+900 – 7+100.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+900 al 7+100	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Usuarios de la vía</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Problema de visibilidad por curva vertical en cresta en el sentido 1 con pendiente ascendente.</p>		<p>Rectificar el trazo de la vía, de forma que la curva horizontal no coincida con la curva vertical en cresta y se mejore la visibilidad. Otra medida de mejora a corto plazo es señalar la curva horizontal para mejorar la interpretación de la vía.</p>	

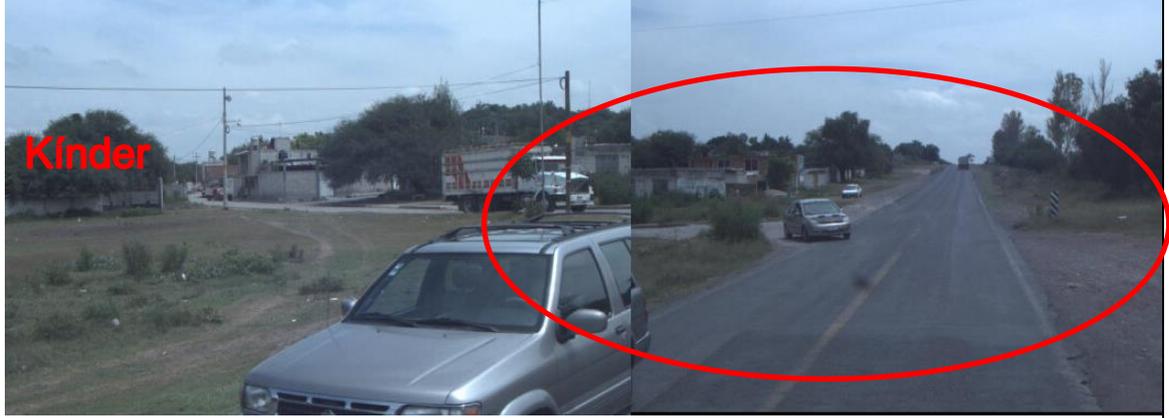
Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.63 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 7+200.**

<b>Cadenamiento:</b>	7+200	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Usuarios de la vía</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Problema de visibilidad por curva vertical en cresta en el Sentido 1 en combinación con curvas horizontales y una intersección.</p>		<p>Rectificar el trazo de la vía, de forma que la curva horizontal no coincida con la curva vertical en cresta y se mejore la visibilidad. Otra medida de mejora a corto plazo es señalar la curva horizontal para mejorar la interpretación de la vía.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.64 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 10+300.**

<b>Cadenamiento:</b>	10+300	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Usuarios de la vía</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Carencia de señalamiento de zona escolar cercana (SP-33 "Escolares").		Colocar señalamiento horizontal y vertical que advierta a los conductores de la presencia de una zona escolar cercana.	
No hay infraestructura para protección de peatones y ciclistas, ni advertencia de la presencia de éstos (falta señal SP-32 "Peatones").		Colocar señalamiento preventivo de la presencia de peatones a lo largo de la vía, colocar un cruce peatonal e iluminación en el tramo.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.65 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 7+300.**

Cadenamiento:	7+300	Sentido:	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Gestión del tránsito y Usuarios de la vía (factor humano)</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
No se define la prioridad de paso en la intersección.		Colocar señalamiento restrictivo para delimitar el derecho de paso en la intersección. Evaluar la factibilidad de colocar rayas logarítmicas o algún otro reductor de velocidad.	
Carencia de visibilidad por curvas horizontales en los ramales de la bifurcación.		Mejorar el diseño geométrico de la intersección modificando las curvas verticales para mejorar la visibilidad al reducir la cresta.	
Problema de lógica de la carretera que causa confusión debido a la falta de señalamiento informativo de decisión en la bifurcación. No se sabe si la vía principal es la que continua recto o la de la izquierda.		Colocar señalamiento vertical para señalar adecuadamente la intersección instalando señales de destino (previa, decisiva y confirmativa) para mejorar la interpretación de la vía.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.66 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 10+500 al 10+600.**

<b>Cadenamiento:</b>	10+500 al 10+600	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Usuarios de la vía (factor humano)</b>	
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Carencia en visibilidad por curva vertical en cresta, se incrementa el riesgo por estar dentro de zona urbana.</p>		<p>Mejorar el diseño geométrico de la intersección modificando las curvas verticales para mejorar la visibilidad al reducir la cresta. Reducir la velocidad mediante la colocación de señalamiento y dispositivos reductores de velocidad.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.67 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 11+000 al 12+400.**

Cadenamiento:	11+000 al 12+400	Sentido:	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Usuarios de la vía</b>	
			
Riesgo Identificado	Medida de mejora propuesta		
<p>Ciclopista en malas condiciones, con superficie de tierra que presenta invasión de vegetación y se detecta falta de mantenimiento.</p>	<p>Dar mantenimiento a la ciclopista. Retirar la vegetación de los costados de la ciclopista y colocar señalamiento que advierta a los conductores de la presencia de ciclistas a lo largo de la vía y atravesándola. Se recomienda colocar un recubrimiento en la superficie de rodamiento (pavimento) para que la ciclopista sea transitable todo el año.</p>		

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.68 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 11+400.**

<b>Cadenamiento:</b>	11+400	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Usuarios de la vía</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Los ciclistas no hacen uso de la ciclopista.		Colocar un cruce ciclista en la zona urbana de San Fandila. Motivar mediante programas de concientización el uso de la ciclopista entre los pobladores.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.69 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 11+700.**

Cadenamiento:	11+700	Sentido:	1
<i>Elemento de seguridad:</i>		<i>Usuarios de la vía</i>	
			
			
Riesgo Identificado		Medida de mejora propuesta	
<p>La ciclista pierde continuidad por presencia de alcantarilla.</p>		<p>Darle continuidad a la ciclista mediante la colocación de un puente aldaño a la alcantarilla, que también cuente con espacio para el tránsito de peatones.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.70 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 4+500.**

<b>Cadenamiento:</b>	4+500	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Vehículos en la vía</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Parada de transporte público sin infraestructura adecuada y sin protección.</p>		<p>Colocar parada de transporte público que cuente con Señalamiento horizontal y vertical, bahía para ascenso y descenso seguros (a un costado de la vía) y caseta de protección para los peatones que esperan el transporte público.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.71 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 6+100.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+100	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Vehículos en la vía</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Parada de transporte público sin infraestructura adecuada y sin protección.</p>		<p>Colocar parada de transporte público que cuente con Señalamiento horizontal y vertical, bahía para ascenso y descenso seguros (a un costado de la vía) y caseta de protección para los peatones que esperan el transporte público.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.72 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 6+500.**

<b>Cadenamiento:</b>	6+500	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Vehículos en la vía</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
Posible parada de transporte público sin infraestructura adecuada y sin protección.		Colocar parada de transporte público que cuente con Señalamiento horizontal y vertical, bahía para ascenso y descenso seguros (a un costado de la vía) y caseta de protección para los peatones que esperan el transporte público.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.73 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 6+800.**

Cadenamiento:	6+800	Sentido:	Ambos
<i>Elemento de seguridad:</i>		<i>Vehículos en la vía</i>	
			
Riesgo Identificado		Medida de mejora propuesta	
<p>Paradas de transporte público de ambos lados de la vía que no cuentan con infraestructura de protección para peatones.</p>		<p>Colocar parada de transporte público que cuente con Señalamiento horizontal y vertical, bahía para ascenso y descenso seguros (a un costado de la vía) y caseta de protección para los peatones que esperan el transporte público.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.74 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 7+400.**

<b>Cadenamiento:</b>	7+400	<b>Sentido:</b>	1
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Vehículos en la vía</b>	
			
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>1. Paradas de transporte público en curva y que carece de cualquier dispositivo de protección tales como bahía, banqueteta y señalamiento preventivo.</p>		<p>Colocar parada de transporte público que no se ubique en curva horizontal, que cuente con señalamiento horizontal y vertical, bahía para ascenso y descenso seguros (a un costado de la vía) y caseta de protección para los peatones que esperan el transporte público.</p>	
<p>2. Carencia de visibilidad por curva horizontal en combinación con curva vertical.</p>		<p>Rectificar el trazo de la vía, de forma que la curva horizontal no coincida con la curva vertical en cresta y se mejore la visibilidad. Otra medida de mejora a corto plazo es señalar la curva horizontal para mejorar la interpretación de la vía.</p>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.75 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 10+300.**

Cadenamiento:	10+300	Sentido:	Ambos
<i>Elemento de seguridad:</i>		<i>Vehículos en la vía</i>	
			
Riesgo Identificado	Medida de mejora propuesta		
<p>Paradas de transporte público que carecen de cualquier dispositivo de protección tales como bahía, banqueta y señalamiento preventivo.</p>	<p>Colocar parada de transporte público que cuente con señalamiento horizontal y vertical, bahía para ascenso y descenso seguros (a un costado de la vía) y caseta de protección para los peatones que esperan el transporte público.</p>		

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.76 Principales hallazgos de GT, TV, UV y VV, Km 11+000 al 11+800.**

<b>Cadenamiento:</b>	11+010 11+090 11+800	<b>Sentido:</b>	Ambos
<b>Elemento de seguridad:</b>		<b>Vehículos en la vía</b>	
<b>Riesgo Identificado</b>		<b>Medida de mejora propuesta</b>	
<p>Paradas de transporte público que carecen de dispositivos de protección tales como bahía, banqueta y/o señalamiento preventivo.</p>		<p>Colocar parada de transporte público que cuente con señalamiento horizontal y vertical, bahía para ascenso y descenso seguros (a un costado de la vía) y caseta de protección para los peatones que esperan el transporte público.</p>	

Fuente: elaboración propia.



## **4 Principales recomendaciones de medidas de mejora**

---

Con base en los principales hallazgos detectados durante la Auditoría de Seguridad Vial realizada en el tramo carretero de nueve kilómetros y en la experiencia del equipo auditor, a continuación, se describen las principales recomendaciones de medidas de mejora, que se recomiendan llevar a cabo para incrementar la seguridad vial del tramo del km 3+000 al km 12+000 de la Carretera Estatal QRO-431 El Colorado – Galindo, del estado de Querétaro.

De igual forma que los hallazgos, se describen las medidas de mejora propuestas para cada uno de los ocho grupos de atributos auditados.

### **4.1 Proyecto geométrico.**

Las medidas de mejora que buscan mitigar los hallazgos referentes al proyecto geométrico pueden ser las de mayor costo y mayor tiempo de ejecución, sin embargo, es importante implementar medidas que mejoren la seguridad vial de las zonas que presentan mayor riesgo debido a sus características geométricas.

El objetivo es que la carretera y sus alrededores cuenten con un diseño que proporcione mayor claridad y que las secciones sean fáciles de comprender, perceptibles y reconocibles, es decir, que la vía cuente con un diseño vial autoexplicativo y perdonador.

El objetivo del enfoque de diseño vial autoexplicativo es aumentar la "legibilidad" inconfundible de las características de la carretera aún sin ningún tipo de señalamiento. Un diseño vial de fácil entendimiento y autoexplicativo debería traducirse directamente en una reducción de la frecuencia y gravedad de los accidentes.

Por otro lado, el diseño de una "vía perdonadora" implica advertencias de peligro avanzadas para el conductor, p. e. en forma de bandas de alerta. El objetivo es darle al conductor tiempo y/o espacio para corregir los errores de conducción. Un ejemplo para esta práctica es la zona lateral libre de obstáculos.

Aplicando estos dos conceptos, es que se proponen las medidas de mejora, mismas que tienen el siguiente orden prioritario de implementación:

1. Eliminar el riesgo (eliminar el elemento).
2. Reducir el riesgo (proteger el elemento).
3. Minimizar el impacto (que el elemento sea visible).

Al alcance de este orden prioritario, en el presente trabajo se proponen medidas de mejora pertenecientes a los tres grupos, pero es importante recalcar que la medida más efectiva siempre será la que elimine el riesgo. Adicional al orden prioritario de implementación, se procuró recomendar medidas de mejora integrales que pueden representar largo periodo de implementación y altos costos, sin embargo, para las medidas de mejora orientadas a reducir y minimizar, se proponen medidas de mejora que pueden ser de menor costo y menor tiempo de implementación que las medidas propuestas para eliminar el riesgo.

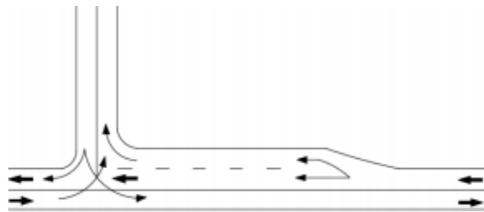
A continuación, se describen las medidas de mejora propuestas, ordenándolas de acuerdo a los cuatro elementos de proyecto geométrico considerados.

### 4.1.1 Intersecciones.

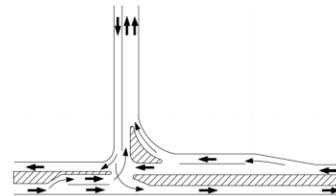
Como se describe en la Tabla 2.1, los hallazgos referentes a intersecciones consisten en problemas de visibilidad, falta de carriles auxiliares (aceleración, deceleración y viraje) y falta de sistemas de control de tránsito en la intersección. Al respecto, los autores recomiendan las siguientes medidas de mejora.

#### 1. Eliminar el riesgo:

- Reubicar y/o rediseñar las intersecciones que tienen problemas de visibilidad: reubicar las intersecciones que se encuentran cercanas a una curva horizontal y/o alargar o tender las curvas verticales en cresta para tener una mejor visibilidad en la aproximación a las intersecciones.
- Construcción de carriles auxiliares: en los casos en que las intersecciones se ubiquen en tramos rectos, construir los carriles auxiliares de aceleración y deceleración de longitud adecuada de acuerdo a la velocidad de operación del tramo; construir los carriles de viraje, en especial aquellos para dar vuelta izquierda en las intersecciones de tres ramas que carecen del mismo. Asimismo, se recomienda la construcción de carriles auxiliares para vuelta a la derecha en intersecciones de tres ramas como se muestra en la Figura 4.1a) y de ser posible que tenga una canalización adecuada para reducir el riesgo separando los flujos de tránsito como se aprecia en la Figura 4.1b).



a) Intersección con carril auxiliar derecho



b) Intersección canalizada

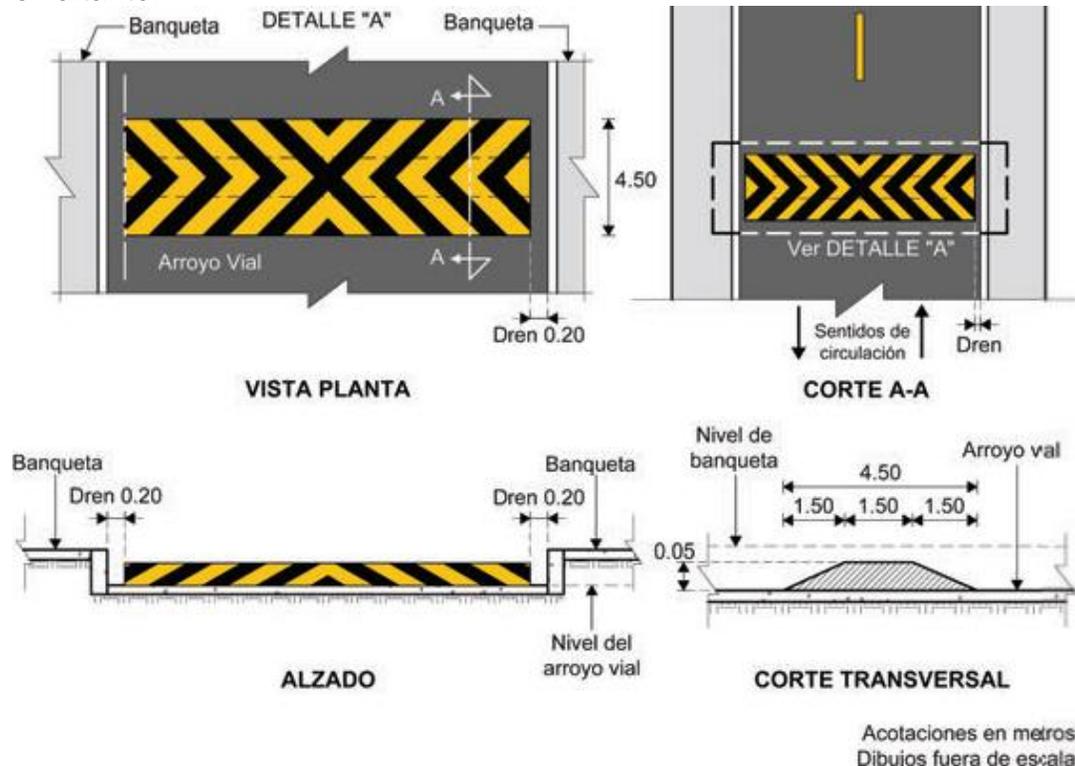
**Figura 4.1 Intersecciones de tres ramas.**

Fuente: Manual de proyecto geométrico de carreteras (2018).

- Colocar señalamiento horizontal y vertical nuevo que cumpla con las especificaciones de la normativa vigente.

## 2. Reducir el riesgo:

- Establecer sistemas efectivos de control de tránsito: en caso de que no se pueda modificar la geometría de las intersecciones, se recomienda colocar sistemas de control tales como reductores de velocidad (Figura 4.2), colocación de semáforos vehiculares y peatonales y señales de información de destino (previas, decisivas y de confirmación).
- Darle mantenimiento al señalamiento horizontal y vertical existente y colocar el faltante.



**Figura 4.2 Reductor de velocidad.**

Fuente: Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad (2014).

## 3. Minimizar el impacto:

- Mejorar el señalamiento: mejorar el señalamiento horizontal y vertical de las intersecciones, dándole mantenimiento a señalamiento existente y colocando el señalamiento faltante.
- Colocar señalamiento preventivo: colocar señales preventivas que indiquen la presencia de una intersección, de forma que se pueda alertar al conductor sobre la presencia de la misma en tramos con poca visibilidad.
- Establecer la prioridad de paso en las intersecciones: Colocar señales restrictivas SR-7 "Ceda el paso" o SR-6 "Alto" para regular el derecho de paso en las intersecciones.

- Colocar señalamiento que advierta de la presencia de usuarios vulnerables: Colocar señales preventivas de peatones, zona escolar y presencia de ciclistas.
- Gestionar la velocidad colocando señales que indiquen el límite de velocidad máximo permitido, con base en las velocidades reales de operación y en conciliación con las autoridades de tránsito competentes, se recomienda reducir dicho límite en aquellos tramos con presencia de intersecciones con factores de riesgo inherentes a su diseño geométrico y localización. Además, se recomienda colocar dispositivos que obliguen a los conductores a reducir la velocidad (p.e. rayas logarítmicas, botones reductores de velocidad, etc.).

Como ejemplo de aplicación de las medidas mencionadas en este punto, en la Figura 4.3 se muestra un esquema general del señalamiento horizontal y vertical adecuado para una intersección de tres ramas, en el tramo de estudio se tiene presencia de este tipo de intersección por lo que se presenta una idea de lo que será la medida de mejora en la vía.

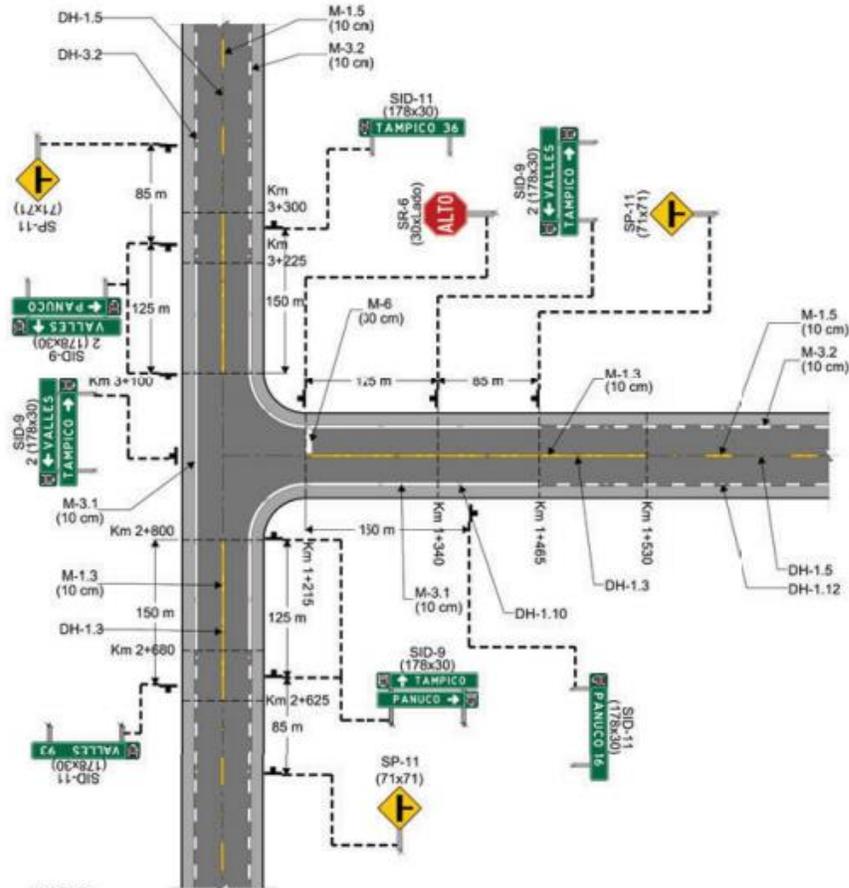


Figura 4.3 Representación del proyecto de señalamiento de una intersección de tres ramas.

Fuente: Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad (2014).

## 4.1.2 Control de accesos.

Como se describe en la Tabla 2.2, los hallazgos referentes a intersecciones consisten en presencia de accesos directos y frontales y su ubicación. Al respecto, se recomiendan las siguientes medidas de mejora, ya que se ha visto que la frecuencia de accesos es directamente proporcional al riesgo de colisión.

### 1. Eliminar el riesgo:

- Cerrar/eliminar los accesos: se recomienda eliminar 57 de los 58 accesos directos encontrados, iniciando con aquellos ubicados en curva. Ejemplo de la mejora se puede observar en la Figura 4.4 donde colocaron barreras metálicas al costado de la vía donde había presencia de accesos irregulares.
- Diseñar/construir una intersección: para el acceso que no se considera viable eliminar, se recomienda realizar el diseño y construcción de una intersección que cuente con distancia de visibilidad suficiente y carriles auxiliares.



**Figura 4.4 Tramo carretero con control de accesos previo a una curva horizontal.**

Fuente: Mapas de Google.

### 2. Reducir el riesgo:

- Ordenar accesos continuos: en caso de que se presenten muchos accesos continuos y no sea posible eliminarlos, se recomienda la implementación de una calle colectoras para que el conjunto de accesos interseccione a la vía principal en un solo punto.

### 3. Minimizar el impacto:

- Reducir la velocidad del tramo: si no es posible eliminar u ordenar los accesos directos y frontales, se recomienda reducir la velocidad del tramo colocando el señalamiento restrictivo correspondiente, así como dispositivos reductores de velocidad.
- Colocar señalamiento preventivo y restrictivo: se recomienda colocar señalamiento preventivo que advierta a los conductores que circulan por la carretera sobre la presencia de accesos como se observa en la Figura 4.5,

se instala señalamiento preventivo para avisar al conductor sobre la presencia de un acceso próximo. Además, se recomienda la colocación de señalamiento restrictivo SR-7 “Ceda el paso” o SR-6 “Alto” en los accesos para dejar claro que la prioridad de paso la tienen los vehículos que circulan por la vía principal (carretera).



Figura 4.5 Ejemplo representativo para minimizar el impacto en un acceso.

### 4.1.3 Curvas horizontales y verticales.

Como se describe en la Tabla 2.3, los hallazgos referentes a las curvas horizontales, verticales y la combinación de éstas, consisten en la presencia de curvas que dificultan la visibilidad, curvas verticales que originan pendientes prolongadas y la coincidencia de curvas verticales y horizontales que causan problemas de visibilidad y pobre interpretación del tramo. Al respecto, se recomiendan las siguientes medidas de mejora.

#### 1. Eliminar el riesgo.

- Rectificar el trazo de las curvas horizontales: en los cuatro sitios donde se detectó la presencia de arreglo de curvas inversas consecutivas con problemas de visibilidad se recomienda rectificar el trazo de las curvas, asegurando la longitud mínima de tangente y eliminar los objetos que interfieren en el campo visual, como se observa en la Figura 4.6. También se recomienda rectificar el trazo en aquellas curvas horizontales que coinciden con curvas verticales y tienen problemas de visibilidad.
- Aumentar la longitud de curvas verticales: se recomienda reducir el nivel de la rasante en las curvas verticales en cresta que tienen problemas de visibilidad, y se recomienda realizar un estudio detallado para determinar si las pendientes prolongadas alcanzan la longitud crítica para los vehículos de carga, tanto en el sentido ascendente como en el descendente. Esta medida también se recomienda en las curvas verticales que coinciden con curvas horizontales, para eliminar los problemas de visibilidad y pobre interpretación del tramo carretero, ejemplo de la aplicación de las medidas de mejora sobre la curva, se observa en la Figura 4.6.



**Figura 4.6 Ejemplo de mejora en curva con problemas de visibilidad.**

## **2. Reducir el riesgo.**

- Cambiar la textura y el color del pavimento. Se recomienda cambiar la textura y el color del pavimento para alertar a los conductores sobre los tramos con problemas en la curvatura, se busca modificar el campo visual de los conductores atrayendo su atención a las zonas que representan un mayor riesgo por su acomodo geométrico.

## **3. Minimizar el impacto.**

- Colocar señalamiento: se recomienda la colocación de las señales adecuadas que indiquen el tipo de curva que se aproxima en función de su grado de curvatura y deflexión, poniendo especial atención en las curvas inversas consecutivas, señalizándolas adecuadamente con la señal preventiva correspondiente (SP-8 “Curva inversa”, SP-9 “Curva inversa Cerrada” o SP-10 “Zona de curvas”, según sea el caso). Ejemplo de aplicación de esta medida se muestra en la Figura 4.7 donde podemos observar la colocación de señalamiento preventivo en una curva horizontal con problema de trazo. También se recomienda reducir el límite de velocidad permitido, reforzando esto con la colocación de los señalamientos restrictivos correspondientes (SR-9 “Velocidad”), en los tramos próximos a la zona de curvas con problemas.
- Gestionar la velocidad colocando señales que indiquen el límite de velocidad máximo permitido, con base en las velocidades reales de operación y en conciliación con las autoridades de tránsito competentes, se recomienda disminuir los límites de velocidad recomendados, instalando adicionalmente dispositivos que obliguen a los conductores a reducir la velocidad mediante la colocación de rayas logarítmicas, cambio en la textura y color del pavimento, entre otros.



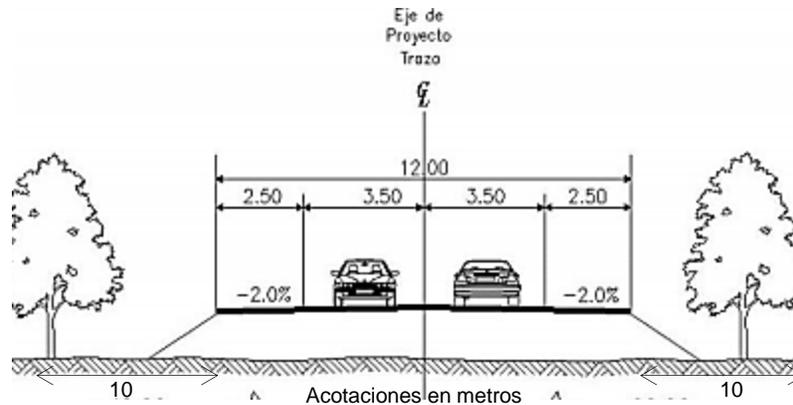
**Figura 4.7 Colocación de señalamiento preventivo para curva horizontal con trazado confuso.**

#### **4.1.4 Sección Transversal.**

Como se describe en la Tabla 2.4, los hallazgos referentes a la sección transversal consisten en la falta de espacio disponible pavimentado, es decir carriles angostos o de menor ancho que el recomendado, acotamientos pavimentados muy angostos o inexistentes, la mala condición e inexistencia de la línea separadora central e inexistencia de bandas alertadoras en el costado de la vía. Al respecto, se recomiendan las siguientes medidas de mejora, con el objetivo de que la vía sea autoexplicativa y perdonadora.

##### **1. Eliminar el riesgo (eliminar el elemento).**

- Gestión del derecho de vía: se recomienda verificar que el derecho de vía no esté invadido y se cuente con espacio suficiente para hacer ampliaciones; en caso de no contar con derecho de vía suficiente para una ampliación, la recomendación inicial es liberar el derecho de vía necesario para la ampliación de la sección transversal de la carretera.
- Ampliar los carriles: se recomienda que se amplíe el ancho de los carriles a 3.5 metros.
- Ampliar acotamiento pavimentado: se recomienda su ampliación a un ancho mayor de 2.5 metros, de forma que pueda ser una superficie de recuperación para vehículos que se salen del camino o una zona de estacionamiento temporal para aquellos vehículos que sufren alguna avería. También se recomienda despejar las zonas laterales por lo menos una longitud de 10 metros a partes del hombro del camino (Figura 4.8).



**Figura 4.8 Ejemplo representativo de la aplicación de medidas de mejora en la sección transversal del tramo en estudio.**

- Ampliación de faja separadora central: se recomienda su ampliación, y de ser posible la colocación de una barrera de concreto tipo New Jersey que separe los flujos vehiculares de ambos sentidos.
- Colocación de señalamiento horizontal: se recomienda que se pinten todas las marcas sobre el pavimento y se coloquen botones reflejantes para delimitar adecuadamente el ancho de la vía.
- Construcción de bandas alertadoras laterales: se recomienda la construcción de bandas alertadoras laterales para disminuir los accidentes por salida del camino, como se observa en la Figura 4.9.



**Figura 4.9 Bandas alertadoras.**

## **2. Reducir el riesgo (proteger el elemento).**

- Despejar de zonas laterales: se recomienda limpiar y despejar de objetos las zonas laterales de la vía, por lo menos una superficie de 2.5 metros de ancho, de forma que éstas puedan operar como acotamientos no pavimentados.
- Colocar postes flexibles delineadores / separadores de sentidos de circulación: se recomienda su utilización para contribuir a reducir la invasión del carril contrario en zonas donde no esté permitido el rebase (Figura 4.10).



**Figura 4.10 Delineadores en la faja separadora central.**

- Colocación de señalamiento horizontal: se recomienda que se pinten todas las marcas sobre el pavimento y se coloquen botones reflejantes para delimitar adecuadamente el ancho de la vía.
- 3. Minimizar el impacto (que el elemento sea visible).**
- Colocación de señalamiento horizontal: se recomienda que se pinten todas las marcas sobre el pavimento y se coloquen botones reflejantes para delimitar adecuadamente el ancho de cada carril y de la vía.

## **4.2 Superficie de rodamiento.**

Las medidas de mejora que buscan mitigar los hallazgos referentes a la superficie de rodamiento se enfocan en mejorar la interacción entre el vehículo y la vía, es importante implementar medidas que mejoren la seguridad vial de las zonas que presentan mayor riesgo debido al desgaste propio del camino, así como de eventos extraordinarios que puedan dañar la superficie de rodamiento de la vía. A continuación, se presentan medidas de mejora para dos aspectos de la superficie de rodamiento: Textura y Uniformidad y perfil.

### **4.2.1 Textura.**

Como se describe en la Tabla 2.5, los hallazgos referentes a la textura de la superficie de rodamiento se refieren a la macrotextura del pavimento, detectándose que en la mayoría del tramo carretero evaluado hay presencia de deficiencias generales en la textura del pavimento, y se considera que en 8.5 de los 9 kilómetros evaluados hay una gran probabilidad de presentar problemas de acuaplaneo.

Para mitigar este problema, la medida de mejora propuesta es el reemplazo superficial de la carpeta, es decir, llevar a cabo un proceso de fresado del pavimento de la superficie de rodamiento y la colocación de una capa de pavimento nuevo. También se recomienda crear y cumplir un programa de mantenimiento periódico

de la superficie de rodamiento, así como del señalamiento horizontal que se coloque, verificando que éste no promueva el acuaplaneo.

Algunas otras medidas de mejora que pueden ser propuestas, son las mencionadas por el Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (International Road Assessment Programme, iRAP), cuyo objetivo de aplicación es mejorar el coeficiente de fricción del pavimento para lograr una mejor interacción vehículo-vía. Estas medidas de mejora se refieren a la remoción del material de la superficie de rodamiento (agregando alguna sustancia química o mediante medios mecánicos, para hacer más áspera la superficie del pavimento) y a la adición de material a la superficie de rodamiento (por ejemplo, algún riego de sello con colocación de gravilla).

### **4.2.2 Uniformidad y perfil.**

Como se describe en la Tabla 2.6, los hallazgos referentes a la uniformidad y perfil de la superficie de rodamiento se refieren a la presencia de baches, roderas, desprendimiento de material y/o acumulación de agua en los perfiles longitudinal y transversal de la vía. De la auditoría, se reporta que en 6.6 kilómetros auditados hay presencia de baches y desprendimientos de material en el perfil longitudinal, mientras que en el perfil transversal se reporta presencia de desprendimiento de material en los hombros de la vía, en 6.9 kilómetros.

Al respecto, se recomiendan dos medidas de mejoramiento, la primera tiene un periodo de implementación más largo que la segunda, y tiene mayor costo, sin embargo, proporciona mayor durabilidad y soluciona el problema de fondo.

La primera medida de mejora propuesta es la reparación minuciosa de los baches, abriendo una caja y reparando la estructura del pavimento para que no se vuelva a formar la depresión y la consiguiente pérdida de material de la superficie de rodamiento. En este esquema también se propone la ampliación del acotamiento pavimentado para que en caso de presentarse desprendimientos en los hombros de la vía no lleguen a afectar la circulación de los vehículos.

La segunda medida de mejora propuesta es el reemplazo superficial de la carpeta, como en el caso anterior, se propone llevar a cabo un proceso de fresado de la superficie de rodamiento y colocación de pavimento nuevo sobre esa zona fresada.

## **4.3 Señalamiento horizontal y vertical.**

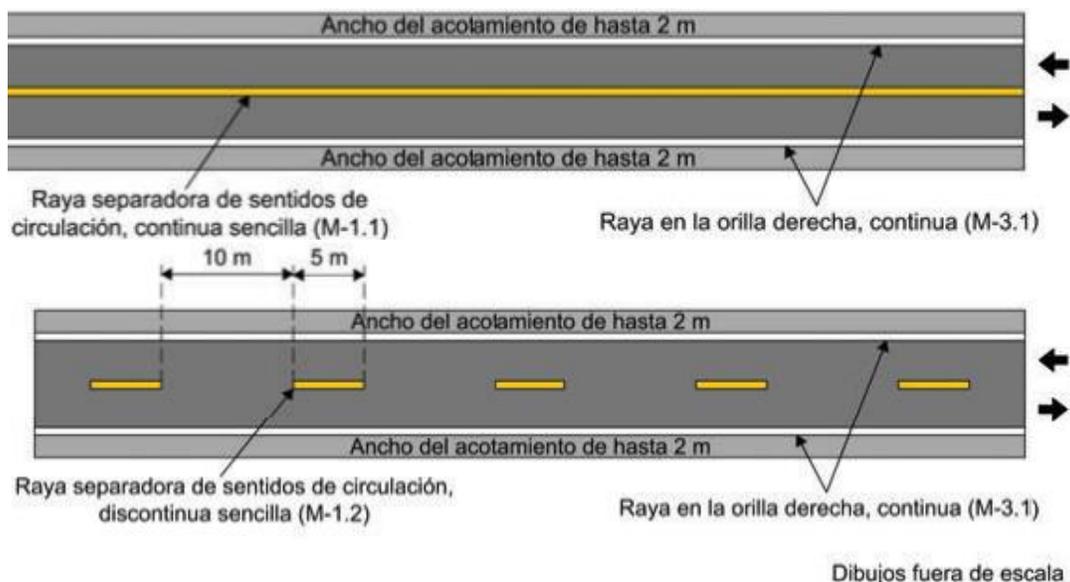
La importancia de contar con señalamiento claro y visible es proporcionar una guía a los usuarios de la vía, mejorando así la interpretación y previniéndolos de los elementos que pueden encontrar más adelante sin que estos representen un peligro. Por esta razón es que es importante contar con esta guía y lograr convertir la carretera en una vía autoexplicativa que no deje a interpretaciones las características del camino y el comportamiento esperado de los usuarios. A continuación, se presentan medidas de mejora para las cuatro características

evaluadas referentes al señalamiento: señalamiento horizontal, botones, delineadores y Señalamiento vertical.

### 4.3.1 Señalamiento horizontal.

Como se describe en la Tabla 2.7, los hallazgos referentes al señalamiento horizontal se refieren a la inexistencia y mal mantenimiento de las marcas que se pintan o colocan sobre el pavimento. Se observa que en más de seis kilómetros no hay presencia de señalamiento horizontal y en los casi tres kilómetros en los que si hay señalamiento horizontal, este está en malas condiciones, esto ocasiona que, durante todo el trayecto en el tramo auditado, las marcas sobre el pavimento son confusas y poco claras. Para solucionar este problema se recomiendan dos medidas de mejora:

1. Colocar señalamiento horizontal; se recomienda renovar todas las marcas sobre el pavimento existentes y colocar nuevas en los más de seis kilómetros que no cuentan con ellas, mismas que deben cumplir con los criterios de color, reflectividad y resistencia al deslizamiento estipulados en la normativa vigente (Figura 4.11).
2. Elaborar y seguir un programa de mantenimiento. Se recomienda elaborar un programa de mantenimiento periódico, así como de un programa de mantenimiento mayor, e implementar los mecanismos de seguimientos necesarios para asegurar su cumplimiento.



**Figura 4.11 Colocación de marcas en el pavimento, en zonas de no rebase (arriba) y en zonas de rebase (abajo).**

Fuente: Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad (2014).

### 4.3.2 Botones.

Como se describe en la Tabla 2.8, el hallazgo referente a los botones se refiere a la inexistencia de los mismos. Al respecto se proponen dos medidas de mejora:

1. Colocar botones reflejantes: se recomienda colocar botones que cumplan con los criterios de colocación y reflectividad estipulados en la normativa vigente.
2. Elaborar y seguir un programa de mantenimiento. Se recomienda elaborar un programa de mantenimiento periódico, así como de un programa de mantenimiento mayor, e implementar los mecanismos de seguimiento necesarios para asegurar su cumplimiento.

### 4.3.3 Delineadores.

Como se describe en la Tabla 2.9, el hallazgo referente a delineadores se refiere a la inexistencia de los mismos. Al respecto se proponen dos medidas de mejora:

1. Colocar delineadores con cinta reflejante: se recomienda colocar delimitadores que tengan reflejante para delimitar la orilla de la carretera y evaluar la posibilidad de colocarlos en la línea separadora central, así como en la ciclopista ubicada en el costado de la carretera, en las imágenes de la Figura 4.12 se aprecian ejemplos de colocación de delineadores.
2. Elaborar y seguir un programa de mantenimiento. Se recomienda elaborar un programa de mantenimiento periódico, así como de un programa de mantenimiento mayor, e implementar los mecanismos de seguimiento necesarios para asegurar su cumplimiento.



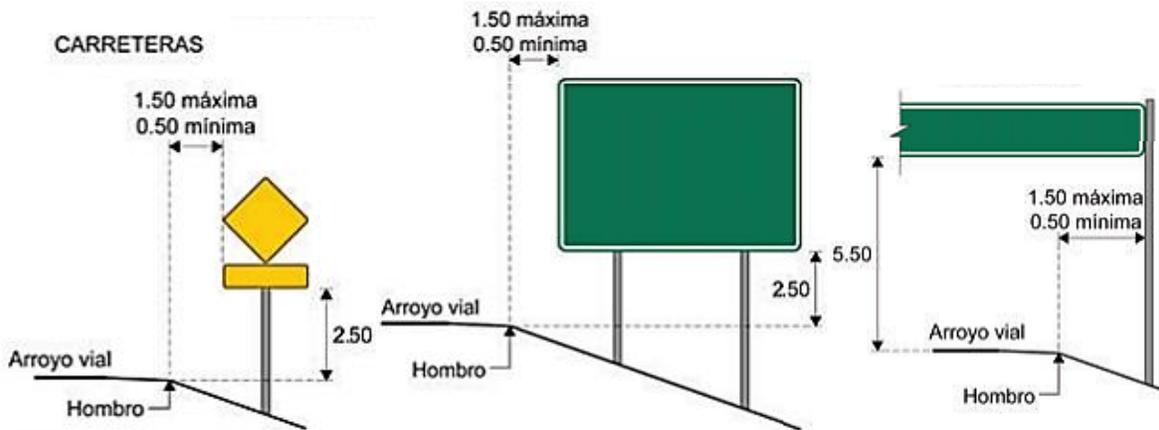
Figura 4.12 Delineadores sobre la vía y en la ciclopista.

### 4.3.4 Señalamiento vertical.

Como se describe en la Tabla 2.10, los hallazgos referentes al señalamiento vertical se refieren a la falta de señales, a la mala condiciones de las existentes, a la poca

visibilidad de algunas señales debido a la vegetación, y zonas sobresaturadas de señales que no cumplen con los criterios de distancia y jerarquización de colocación. Al respecto se proponen las siguientes medidas de mejora:

1. Realizar estudios para el proyecto e inventario de señalamiento vertical: se recomienda elaborar un proyecto de señalamiento vertical, que se complemente con un inventario de señales verticales existentes; con estos estudios se determinarán los sitios en los que es necesario colocar señales verticales nuevas y la reubicación y acomodo de las existentes.
2. Colocar y/o reubicar señales verticales: de acuerdo con el estudio y el inventario de señales hecho, se colocarán las señales verticales nuevas que se requieran y se reubicarán aquellas existentes que no cumplen con la jerarquización y criterios de colocación de la normativa vigente. Es importante verificar y asegurar que tanto las señales existentes como las nuevas cumplen con los criterios de color, tamaño, pictograma, localización, jerarquización y colocación estipulados en la normativa vigente (Figura 4.13).
3. Elaborar y seguir un programa de mantenimiento. Se recomienda elaborar un programa de mantenimiento periódico, así como de un programa de mantenimiento mayor, e implementar los mecanismos de seguimiento necesarios para asegurar su cumplimiento.



**Figura 4.13 Ejemplo de ubicación lateral de señales bajas y elevadas en carretera.**

Fuente: Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad (2014).

## 4.4 Mobiliario vial y zonas laterales.

Como se mencionó anteriormente, se busca modificar la infraestructura carretera para que la vía sea autoexplicativa y perdonadora; para que esto se logre se deben incluir elementos que ayuden a mejorar el comportamiento de los usuarios y que en caso de percance proporcionen seguridad y eviten de esta forma grandes pérdidas humanas y materiales. A partir de los hallazgos descritos en la Tabla 2.11, a continuación, se presentan las medidas de mejora para los seis elementos evaluados referentes al mobiliario vial y las zonas laterales: iluminación de la vía,

presencia de pantalla anti-deslumbramiento, presencia de barreras de seguridad, presencia de amortiguadores de impacto y otros dispositivos de protección, vallas peatonales y presencia de obstáculos visuales sobre la vía y en las zonas laterales.

1. Colocar luminarias: se recomienda colocar luminarias a lo largo del tramo carretero auditado, especialmente en las intersecciones, en las zonas donde hay presencia de usuarios vulnerables atravesando la vía y en la zona urbana de San Fandila; como se observa en las siguientes imágenes de la Figura 4.14.



**Figura 4.14 Luminarias en la vía y en las intersecciones.**

2. Colocar pantalla antideslumbramiento: en el caso que se logre hacer la ampliación a dos carriles por sentido y se coloque una barrera de seguridad en la mediana, se recomienda la colocación de pantalla antideslumbramiento (Figura 4.15) en todo el tramo carretero.



**Figura 4.15 Pantalla antideslumbramiento en la barrera central.**

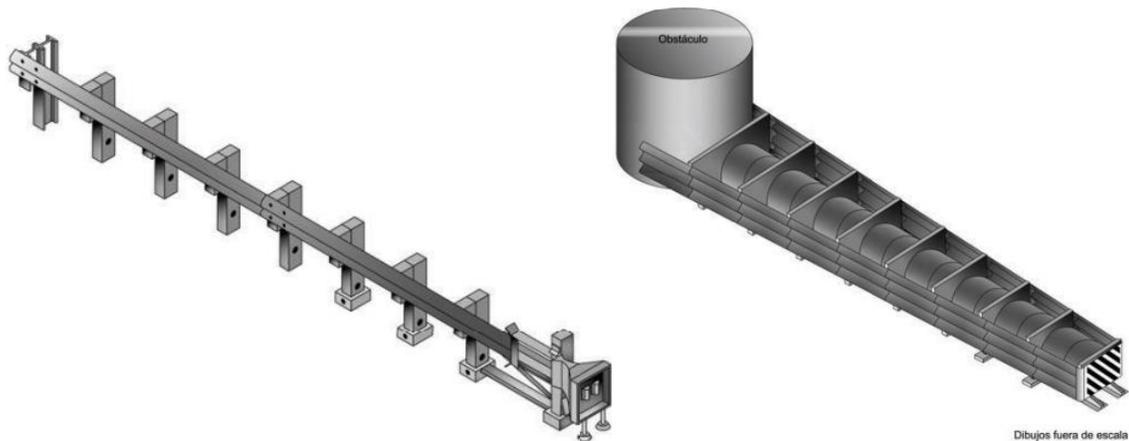
3. Colocar barreras de seguridad: Se recomienda colocar barreras de seguridad a los costados de la vía (Figura 4.16), en los 3.8 kilómetros en los que se

detectaron elementos peligrosos que es necesario proteger, estas barreras deben cumplir con los requisitos de contención estipulados en la normativa vigente (por el tipo de vehículos que circulan por esta carretera se recomienda que el Nivel de contención de las barreras sea por lo menos NC-4, de preferencia NC-5), adicionalmente se deben cumplir las instrucciones de colocación del fabricante, para asegurar el buen funcionamiento de las mismas.



**Figura 4.16 Ejemplo de barrera a los costados de la vía.**

4. Colocar amortiguadores de impacto: se recomienda colocar amortiguadores de impacto en las terminales de barrera, y en los sitios donde se requieran, tal como en bifurcaciones y para protección de señales tipo bandera; estos amortiguadores de impacto deben ser compatibles con el nivel de contención de las barreras colocadas, y deben de cumplir los requisitos tanto de la normativa vigente como del fabricante (Figura 4.17).



**Figura 4.17 Barrera de orilla de corona con amortiguador de impacto redireccionable, no traspasable y amortiguador de impacto redireccionable.**

Fuente: Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad (2014)

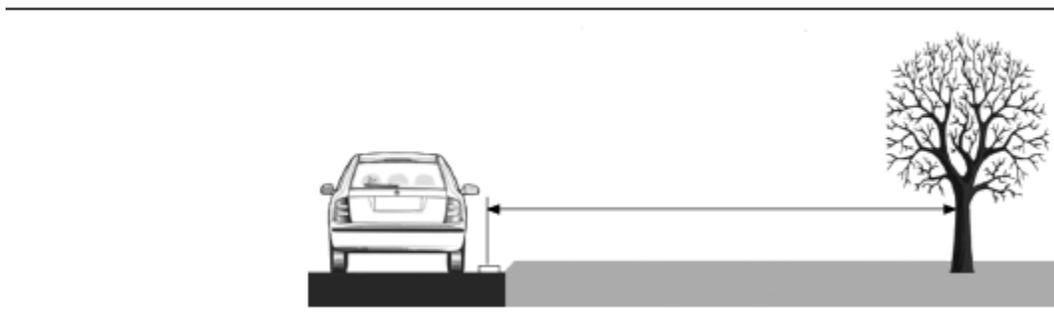
5. Colocar vallas peatonales (Figura 4.18): se recomienda la colocación de vallas peatonales que canalicen el flujo de peatones a los cruces seguros especialmente diseñados para ellos, sobre todo en la zona urbana por donde cruza la carretera auditada.



**Figura 4.18 Ejemplos de vallas peatonales.**

6. Despejar las zonas laterales: La importancia de contar zonas laterales libres de obstáculos, de al menos 10 m, radica en la disponibilidad de espacio seguro para que un vehículo pueda maniobrar en caso de salida del camino, se pueda recuperar y reincorporar de manera segura a la vía. Por esta razón, se recomienda despejar de obstáculos las zonas laterales del tramo carretero como se aprecia en el gráfico de la Figura 4.19, para esto se tendrían que retirar objetos rígidos, reubicar postes y árboles con diámetro superior a 10 cm. En caso de no ser posible contar con zonas laterales libres de obstáculos, se recomienda proteger con una barrera de seguridad y sus respectivos amortiguadores de impacto, aquellos elementos que representen un peligro y no se hayan podido retirar o reubicar.

Objeto a distancia efectiva de 10m o más



**Figura 4.19 Distancia libre de obstáculos recomendada de 10 metros o más.**

Fuente: Manual de codificación iRAP 2014.

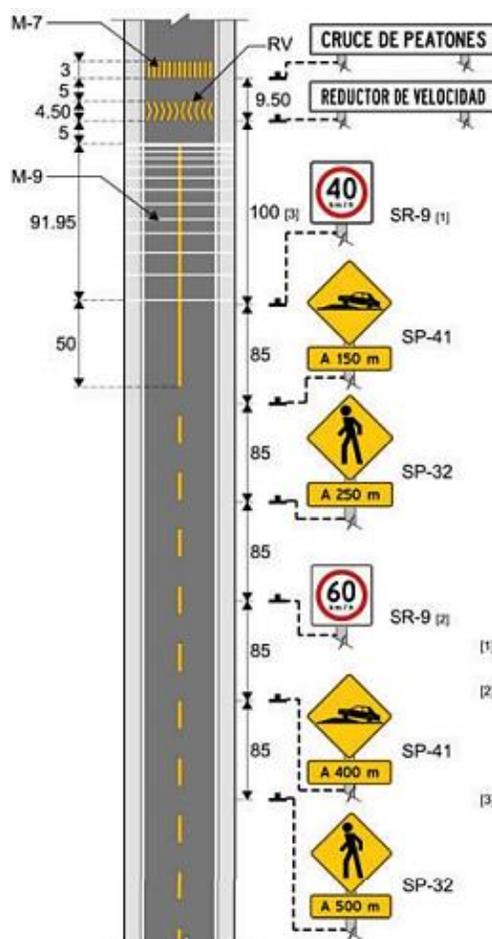
## **4.5 Gestión de tránsito.**

Complementando los elementos de la infraestructura diseñados para hacer una vía autoexplicativa y perdonadora, también se tienen que modificar los grados de libertad disponibles para los vehículos que circulan por la vía, esto se logra regulando el tránsito de los vehículos sobre el tramo carretero mediante la implementación de límites de velocidad, regulación de intersecciones, la colocación de cruces peatonales bien diseñados, la regulación de los espacios para estacionamiento a los costados de la vía y la circulación de vehículos pesados. A continuación, se presentan las medidas de mejora para los cinco elementos evaluados.

### **4.5.1 Límites de velocidad y control de velocidades.**

Como se describe en la Tabla 2.12, los hallazgos referentes al límite de velocidad y el control de velocidades se refieren a la falta de respeto por parte de los usuarios del límite de velocidad permitido, a la concordancia del límite con las características de la vía y a la falta de reductores de velocidad en las zonas con presencia de usuarios vulnerables. Al respecto se proponen las siguientes medidas de mejora, las cuales se representan gráficamente en la Figura 4.20 extracto del Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad de la SCT:

1. Reforzar los límites de velocidad: se recomienda colocar señalamiento vertical restrictivo SR-9 “Velocidad” en aquellos tramos donde se detectó el exceso de velocidad por parte de los conductores y en la proximidad a aquellos puntos críticos de la vía que tienen problemas de visibilidad y presencia de usuarios vulnerables. Esto acompañado de un mayor control policial en el tramo auditado.
2. Reducir el límite de velocidad: se recomienda reducir el límite de velocidad máximo permitido, en conciliación con las autoridades de tránsito competentes, en los 7.7 kilómetros en los que se detectaron incongruencias entre éste y las características geométricas de la vía.
3. Colocar reductores de velocidad: se recomienda colocar reductores de velocidad antes de los sitios con presencia de cruces peatonales y alta concentración de usuarios vulnerables, así como a aquellos sitios con carencias geométricas detectadas. Se recomienda la colocación de rayas logarítmicas con botones como método reductor de velocidad, este arreglo debe cumplir lo estipulado en la normativa vigente.



**Figura 4.20 Representación del control de velocidades en cruce de peatones próximo.**

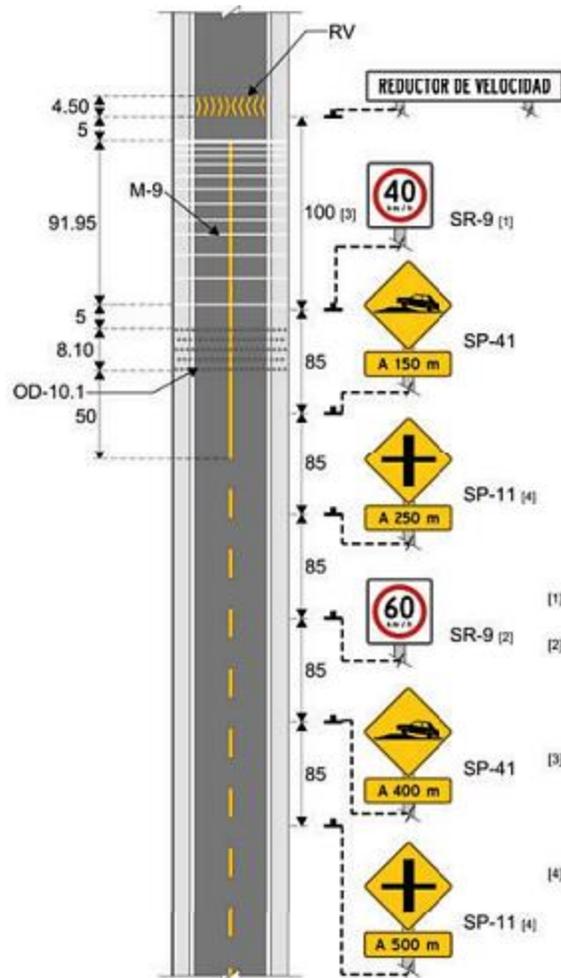
Fuente: Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad (2014).

## 4.5.2 Regulación de las intersecciones.

Como se describe en la Tabla 2.13, los hallazgos referentes a la regulación de las intersecciones se refieren a la falta de claridad en la prioridad de paso en las intersecciones y el respeto de la misma, y a la buena visibilidad de la intersección. Al respecto se proponen las siguientes medidas de mejora, se anexa la representación gráfica en la Figura 4.21 extracto del Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad de la SCT:

1. Colocar semáforos en las intersecciones más importantes: se recomienda la colocación de semáforos vehiculares y peatonales en aquellas intersecciones con mayor aforo en las vías que intersectan, así como en la zona urbana de San Fandila.
2. Colocar señales restrictivas: se recomienda colocar señales SR-6 "Alto" y/o SR-7 "Ceda el paso" en todas las intersecciones, así como la señal preventiva para cada tipo de intersección, en el ejemplo de la Figura 4.21 se

- tiene una intersección a nivel de dos vialidades por lo cual se utilizó la señal SP-11 “Intersección a nivel” previa a la misma.
3. Colocar reductores de velocidad: se recomienda la colocación de reductores de velocidad antes de las intersecciones, especialmente en las vías secundarias, obligando a los usuarios a detenerse casi por completo en la incorporación a la vía principal.
  4. Reubicación de entradas y salidas: se recomienda reubicar aquellas intersecciones ubicadas en curva, esto se complementa con las medidas de mejora propuestas para corregir los hallazgos detectados en la categoría de Proyecto Geométrico. En caso de que la acción anterior no sea posible, se recomienda la colocación de señalamiento preventivo que ayude a los usuarios a darse cuenta de la presencia de la intersección en curva.



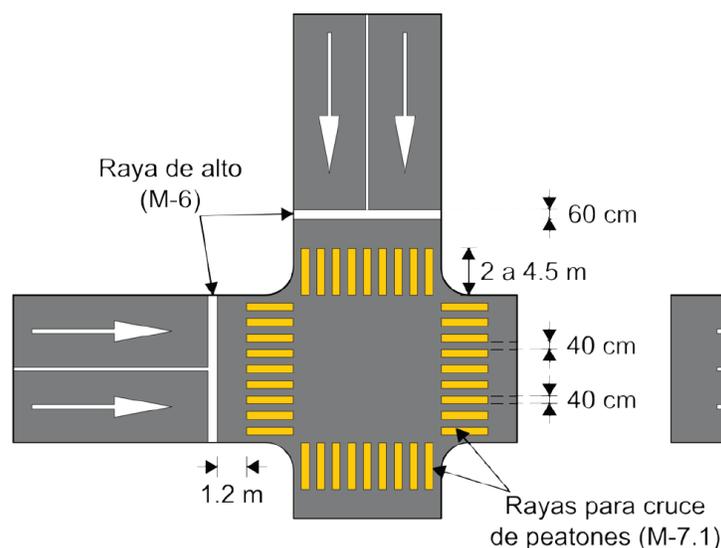
**Figura 4.21 Representación del sistema de control de velocidades en intersección próxima.**

Fuente: Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad (2014).

### 4.5.3 Cruces peatonales en intersecciones.

Como se describe en la Tabla 2.14, los hallazgos referentes a los cruces peatonales en intersecciones se refieren a la falta de infraestructura para peatones y a la localización de los cruces. Al respecto se proponen las siguientes medidas de mejora:

1. Colocar cruce peatonal formal: se recomienda formalizar los cruces peatonales en todas las intersecciones, delimitando un espacio seguro para el cruce de peatones, reforzándolo con la colocación de señales SP-32 “Peatones” para advertir a los conductores de la presencia del cruce peatonal y la presencia de reductores de velocidad, así como pintura en el pavimento para delimitar correctamente el paso de cebra mediante rayas para cruce de peatones (M-7), se muestra ejemplo de señalización de cruce peatonal con pintura para una intersección en la Figura 4.22.
2. Eliminar los cruces peatonales en curva y colocar vallas peatonales: se recomienda eliminar los cruces peatonales en curva, obligando a los peatones a trasladarse a un tramo recto para atravesar la vía en tramo recto, para esto se recomienda la colocación de vallas peatonales a los costados de la vía para canalizar a los usuarios vulnerables a un sitio seguro para atravesar la vía.



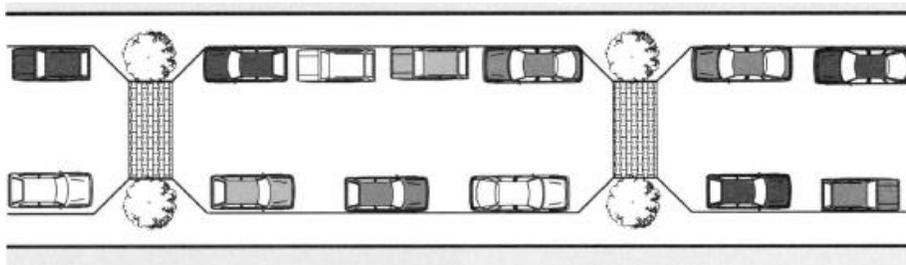
**Figura 4.22 Marcas de cruce peatonal en una intersección.**

Fuente: Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad (2014).

### 4.5.4 Estacionamiento en la calzada o al costado.

Se detectó la presencia de vehículos estacionados sobre la calzada o a un costado de la misma en 2.2 kilómetros del tramo auditado, las medidas de mejora propuestas para resolver esta situación son:

1. Colocar señal restrictiva: se recomienda colocar señales restrictivas SR-22 “Prohibido estacionarse” en los sitios que se ha detectado la presencia de vehículos estacionados a lo largo del tramo auditado, exceptuando la zona urbana de San Fandila.
2. Construir zona de estacionamientos: se recomienda asignar los espacios de estacionamiento a los costados de vía, en la zona urbana de San Fandila, construyendo y delimitando los espacios disponibles para este fin, como se muestra en la Figura 4.23.
3. Reforzar la vigilancia policial: se recomienda reforzar la vigilancia policial en el tramo auditado, para hacer cumplir las disposiciones hechas en materia de estacionamiento de vehículos en el derecho de vía.



**Figura 4.23 Imagen representativa de espacios para estacionamiento sobre la vía.**

#### **4.5.5 Circulación de vehículos pesados.**

Como se describe en la Tabla 2.15, los hallazgos referentes a la circulación de vehículos pesados por el tramo auditado se refieren a la falta de regulación y control de la circulación de vehículos pesados de gran tamaño por una carretera Tipo C cuya geometría no ofrece el espacio suficiente para este tipo de vehículos y el pavimento no está diseñado para la circulación de vehículos que llegan a tener un Peso Bruto Vehicular (PBV) de hasta 66.5 toneladas, como es el caso de los tractocamiones doblemente articulados. Al respecto se proponen las siguientes medidas de mejora:

1. Creación de reglamento estatal de pesos y dimensiones: se recomienda que el Gobierno del Estado cree un Reglamento que regule el paso de los vehículos de carga por carreteras estatales, de forma que los vehículos permitidos a circular por las diferentes carreteras estatales sean congruentes con las características geométricas y de diseño de pavimento de éstas. Para el caso del tramo auditado se recomienda restringir el paso de vehículos de carga, siendo los articulados con PBV igual o menor a 28 toneladas la configuración máxima permitida, es decir que se prohíba el paso de vehículos doblemente articulados y de vehículos cuyo PBV sea superior a las 28 toneladas.
2. Reforzar la vigilancia policial: se recomienda reforzar la vigilancia policial en el tramo auditado, para hacer cumplir las disposiciones hechas en materia de permisos de circulación de vehículos pesados (Figura 4.24).



**Figura 4.24 Vigilancia policial de circulación de vehículos pesados.**

## **4.6 Trabajos en la vía.**

Como se describe en la Tabla 2.16, los hallazgos referentes a trabajos en la vía se refieren a la presencia de dos zonas de obras que no cuentan con el señalamiento ni con los dispositivos de protección mínimos necesarios conforme a la NOM-086-SCT2-2015. Al respecto se proponen las siguientes medidas de mejora:

1. Diseño e implementación de zona de obras: se recomienda hacer el diseño de la zona de obra ubicada en los primeros 200 metros del tramo auditado (km 3+000 al 3+200), considerando las necesidades de todos los usuarios de la vía y las recomendaciones hechas en la normativa y manuales vigentes (Figura 4.25); una vez diseñada esta zona de obra, se recomienda la implementación del señalamiento y dispositivos de seguridad propuestos para que la zona de obra sea segura.
2. Retirar elementos de zona de obras: respecto a la segunda zona de obras detectada en la auditoría, se recomienda que se retiren todos los objetos abandonados en la obra cancelada, es importante limpiar la zona del derecho de vía y que no exista ningún elemento que pueda representar un peligro u obstruir la visibilidad de la zona, especialmente porque se ubica en curva y en el entronque con la carretera 430 a Los Cues.

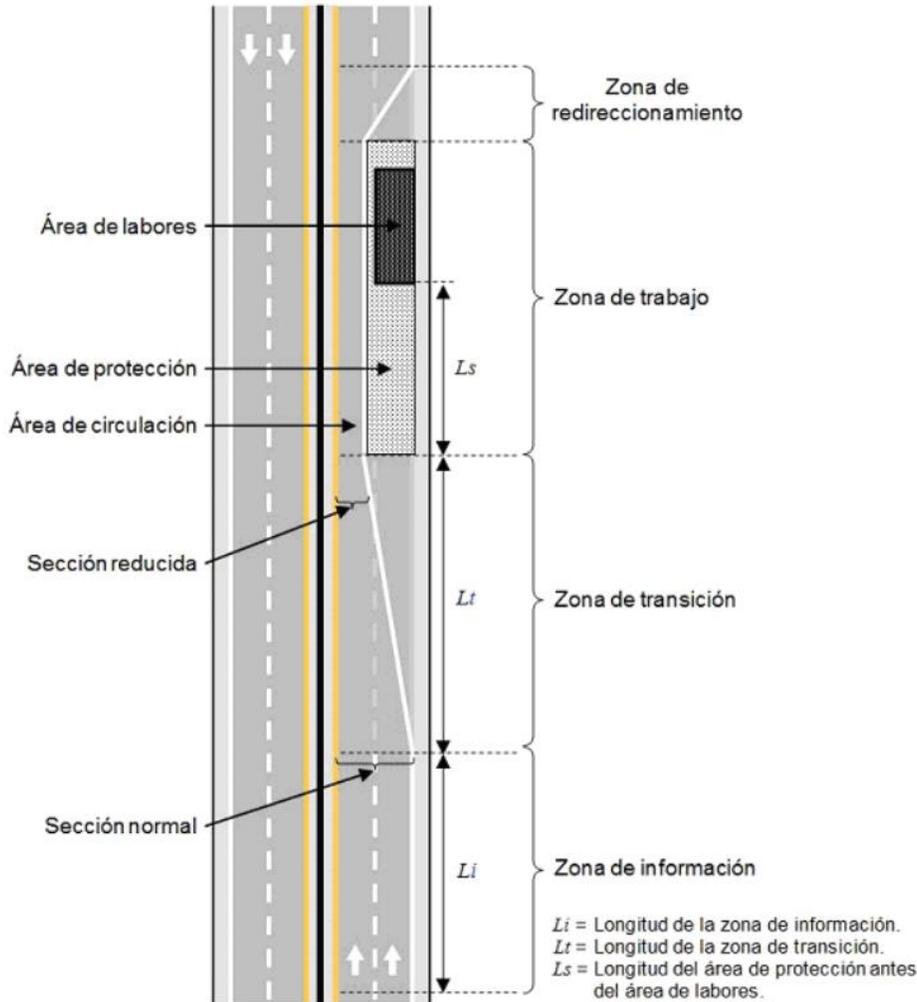
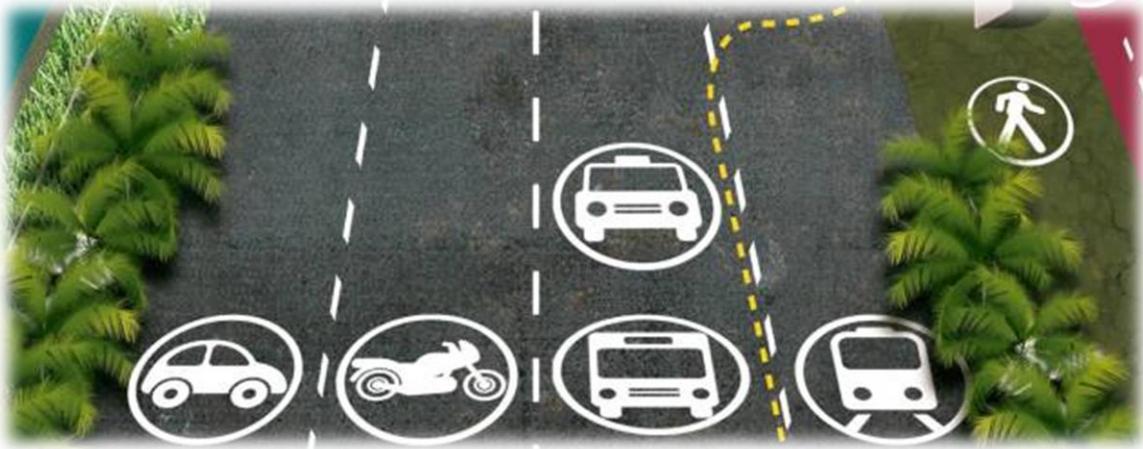


Figura 4.25 Diseño de la zona de obras.

## 4.7 Usuarios de la vía.

Para que sea una vía autoexplicativa y perdonadora, se deben tener en cuenta los tipos de usuarios presentes en la vía y considerar su grado de vulnerabilidad, así como las limitaciones del cuerpo humano para reaccionar e interpretar las condiciones de la vía. Los tipos de usuarios detectados en el tramo auditado se pueden agrupar en dos: vulnerables (peatones y ciclistas) y ocupantes de vehículos (incluidos los motociclistas). Para el primer grupo es indispensable tomar en cuenta su vulnerabilidad y por lo tanto las medidas de mejora propuestas se orientan en proporcionar espacios seguros para estos usuarios, como se muestra en la Figura 4.26; por su parte, para los ocupantes de vehículos es importante conocer la interacción que tienen estos usuarios con la vía, es decir las medidas de mejora propuestas se orientan a mejorar la percepción de estos usuarios de las condiciones de la vía y a que dispongan del tiempo necesario para reaccionar en caso de algún percance (Factor Humano). A continuación, se presentan las medidas de mejora para los tres tipos de usuarios.

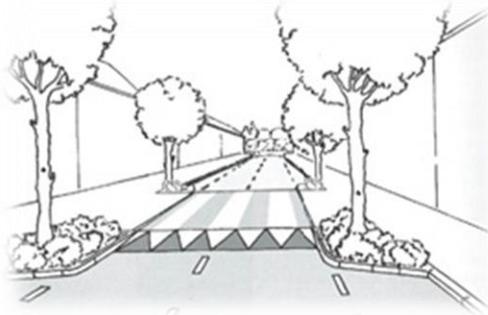


**Figura 4.26** Esquema representativo de espacio seguro para cada usuario de la vía.

### 4.7.1 Peatones.

Como se describe en la Tabla 2.17, los hallazgos referentes a peatones se refieren a la presencia de estos usuarios a lo largo de 3.4 km de la vía, la existencia de 16 sitios de cruce de peatones que carecen de señalamiento, a la presencia de tres zonas escolares que carecen de señalamientos y dispositivos de protecciones adecuados, y a la existencia de infraestructura para estos usuarios en sólo 4 de los 20 sitios en los que se detectó a peatones atravesando la vía. Al respecto se proponen las siguientes medidas de mejora:

1. Colocar banqueta: se propone colocar banqueteta en ambos costados de la vía en la zona urbana de San Fandila, como se muestra en la Figura 4.27.
2. Construir cruces peatonales formales: se recomienda formalizar los 20 cruces peatonales localizados a lo largo del tramo, colocando la señal SP-32 "Peatones" para advertir a los usuarios de vehículos, colocar el paso de cebra bien señalizado (Figura 4.27) y se recomienda colocar reductores de velocidad previos a los cruces establecidos.



**Figura 4.27** Imagen representativa de colocación de banquetas y cruces de peatones.

3. Demarcar la zona escolar: se recomienda colocar señales SP-33 “Escolares” en las zonas escolares detectadas, en conjunto con señales del cruce peatonal bien diseñado y de un reductor de velocidad previo a la zona (Figura 4.28).
4. Elaborar y seguir un programa de mantenimiento. Se recomienda elaborar un programa de mantenimiento periódico, así como de un programa de mantenimiento mayor para las zonas peatonales, e implementar los mecanismos de seguimiento necesarios para asegurar su cumplimiento.



**Figura 4.28 Señal SP-33 “Escolares” y ejemplo de aplicación de marcas previas a la zona escolar.**

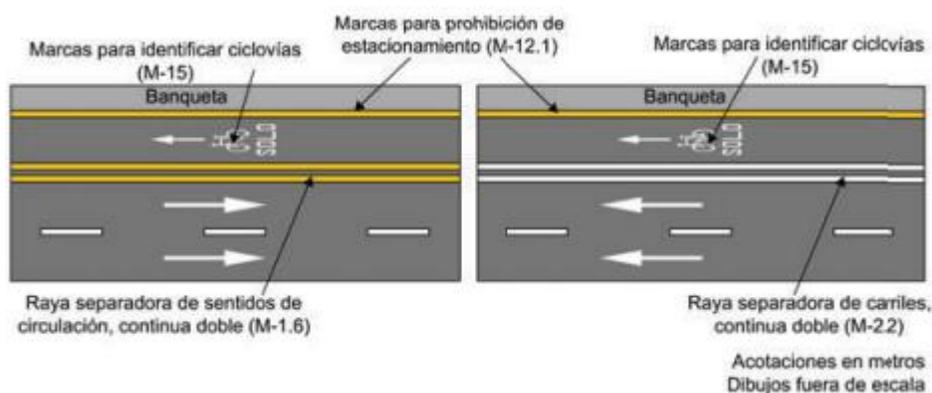
#### **4.7.2 Ciclistas.**

Como se describe en la

Tabla 2.18, los hallazgos referentes a ciclistas se refieren a la presencia de estos usuarios a lo largo de 2.6 km de la vía, la detección de 19 sitios con posible cruce de ciclistas y a las condiciones de la ciclopista de terracería de 1.4 km ubicada al costado de la vía y que carece de continuidad y señalamiento adecuado. Al respecto se proponen las siguientes medidas de mejora:

1. Colocar señalamiento SP-39 "Circulación de bicicletas": se recomienda colocar señalamiento preventivo SP-39 en las zonas donde se detectó la presencia de ciclistas, para advertir a los conductores de vehículos de la presencia de estos usuarios a lo largo de la vía.
2. Colocar cruce de ciclistas: se recomienda formalizar los cruces de ciclistas más importantes, colocando un reductor de velocidad previo al cruce y el señalamiento y cruce demarcado conforme a las recomendaciones de la normativa vigente.
3. Dar continuidad a la ciclopista: se recomienda dar continuidad a la ciclopista, construyendo un puente para circular sobre la alcantarilla y evitar con esto la invasión del carril vehicular, proporcionando un espacio seguro para los ciclistas que puede ser compartido con los peatones.
4. Pavimentar la ciclopista: se recomienda colocar un recubrimiento a la ciclopista de tierra, para que ésta no pierda material en la temporada de lluvias y que la vegetación no la invada.
5. Elaborar y seguir un programa de mantenimiento. Se recomienda elaborar un programa de mantenimiento periódico, así como de un programa de mantenimiento mayor para la ciclopista y las señales que la complementan, e implementar los mecanismos de seguimiento necesarios para asegurar su cumplimiento.

A continuación, en la Figura 4.29, se muestra ejemplo de marcas en el pavimento para delimitar la ciclopista compartida, la cual puede ser utilizada para la vía auditada.



**Figura 4.29 Marcas para delimitar ciclopista compartida.**

Fuente: Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad (2014).

### 4.7.3 Factor humano.

Como se describe en la Tabla 2.19, los hallazgos pertinentes al factor humano se refieren a la presencia de zonas con problemas de visibilidad, por combinación de curvas horizontales y verticales o la presencia de intersecciones en curva; a la presencia de 10 sitios con problemas de interpretación de la vía debido a la falta de señalamiento; y a la detección de un sitio con problemas de lógica de la carretera en la que no se cuenta con la información suficiente para interpretar la continuidad de la carretera (Figura 4.30). Al respecto, las medidas de mejora coinciden con las medidas propuestas en categorías anteriores (y que en el presente apartado sólo se mencionaran sin proporcionar mayor detalle de las mismas:

1. Corregir el proyecto geométrico de la vía: para lograr eliminar los sitios con problemas de visibilidad por la combinación de curvas.
2. Eliminar las intersecciones en curva: reubicar las intersecciones que se localizan en curva.
3. Colocar señalamiento: se recomienda colocar el señalamiento vertical y horizontal necesario para la buena interpretación de la vía, logrando que ésta sea autoexplicativa.
4. Rediseño de intersección: rediseñas la intersección de los Cues para que incluya carriles auxiliares y cuente con el señalamiento necesario para que se identifique fácilmente hacia dónde continua la carretera principal y facilite los movimientos.

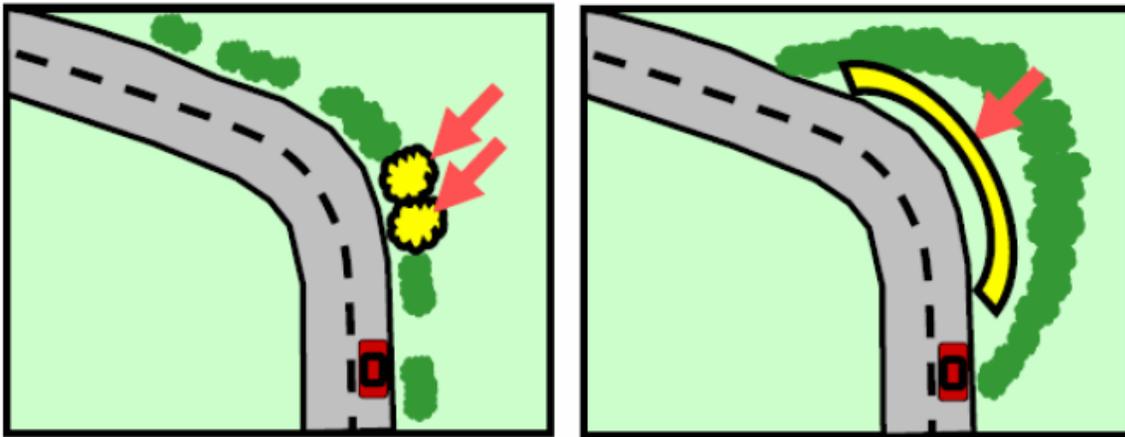


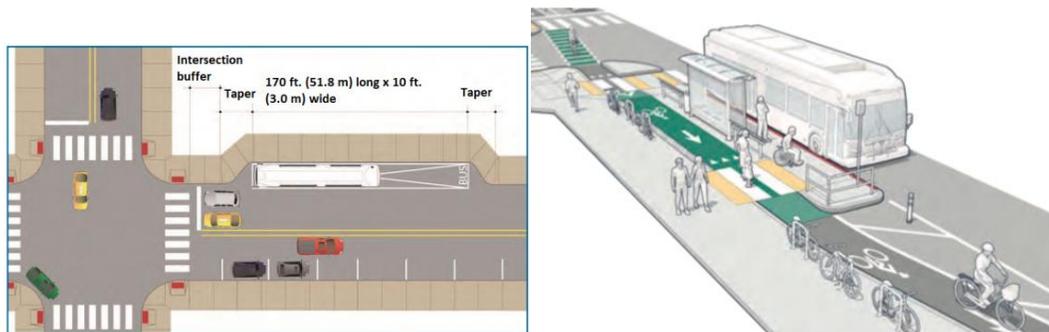
Figura 4.30 Ejemplos de mejora de los sitios con problemas de lógica en la carretera mediante colocación de vegetación.

## 4.8 Vehículos en la vía.

Como se describe en la Tabla 2.20, para esta categoría se evaluaron tres elementos: la participación vehicular que nos muestra la presencia de todos los tipos de vehículos de carga circulando en el tramo auditado; la presencia de paradas de transporte público en donde se detectó la presencia de nueve paradas de transporte que se encuentran en malas condiciones y no cuentan con espacio seguro para el

ascenso y descenso de pasajeros; y la presencia de motociclistas en el tramo. Al respecto se proponen las siguientes medidas de mejora:

1. Restringir el paso de algunos vehículos de carga: como ya se mencionó en el apartado 4.5.5 circulación de vehículos pesados, se recomienda restringir el paso de los vehículos de carga que cuyo PBV sea superior a las 28 toneladas, y la prohibición de vehículos doblemente articulados.
2. Construir paradas de transporte público (Figura 4.31): se recomienda diseñar y construir adecuadamente las paradas de transporte público para que incluyan tres elementos indispensables: bahía de ascenso y descenso, caseta de protección para peatones en espera y colocación de señalamiento de parada de transporte SIS-19 "Paradero de autobús".



**Figura 4.31 Ejemplos de parada de transporte público.**

Fuente: DVRPC, 2012 y Multimodal Corridor Guidelines, AC Transit, Toole Design Group, 2018.

3. Evaluar periódicamente presencia de motociclistas: debido a que este tipo de usuarios son los que crecen más anualmente, se recomienda implementar un programa de evaluación periódica de la presencia de estos usuarios en la vía y, si se detecta que hay un crecimiento significativo, se evalúe la posibilidad de construir o no una vía segregada para este tipo de usuarios.



## 5 Conclusiones

---

En el presente documento se llevó a cabo el estudio de la Carretera Estatal 431 El Colorado Galindo, en el tramo comprendido entre el km 3+000 (entronque con la Carretera Estatal 420 a El Rosario) y el km 12+000 (entrada al Instituto Mexicano del Transporte, IMT), en el cuál se encontró que la principal causa de accidentes es la velocidad excesiva, pues está presente en el 28.6% de los accidentes analizados.

Derivado de lo anterior, se corrobora que la velocidad excesiva es causante de accidentes, ya que, al observar los resultados del análisis de velocidad de punto efectuado en cinco sitios del tramo en estudio, los conductores circulan a mayor velocidad, por lo que se aprecia que los vehículos exceden la velocidad limite, sobre todo los que viajan en dirección a Galindo (Sentido 1). En los puntos donde se encuentra el poblado cuyo límite de velocidad es de 40 km/h, más del 90% de los vehículos exceden el límite de velocidad alcanzando velocidades entre 70 y 80 km/h.

De acuerdo a la auditoría realizada, el estudio se enfocó en ocho categorías importantes que involucran la seguridad del tramo, las cuales son:

1. Proyecto geométrico
2. Superficie de rodamiento
3. Señalamiento horizontal y vertical
4. Mobiliario vial
5. Gestión de tránsito
6. Trabajos en la vía
7. Usuarios de la vía
8. Vehículos en la vía

En general los principales hallazgos encontrados en la vía son: carriles angostos en la mayoría del tramo sin acotamientos, así como pavimento deteriorado en algunos tramos; curvas horizontales y verticales con poca distancia de visibilidad y señalamiento deficiente, así como alineamiento confuso y peligroso; intersecciones con diseño no adecuado, accesos irregulares y carriles de incorporación deficientes.

En gran parte de la longitud de la vía se presenta el señalamiento horizontal y vertical deteriorado, dañado o ausente, así como falta de señalamiento para peatones y ciclistas a lo largo del tramo, sobre todo en lugares donde es necesario ya que se tiene presencia de este tipo de usuarios. Es decir, se tiene escasa o nula infraestructura para peatones a lo largo de la vía y a través de ella. También faltan barreras de contención en zonas de riesgo, además se tiene presencia de objetos peligrosos en las laterales de la vía, así como alcantarillas no traspasables.

En el tramo de estudio se presentan paradas de autobuses, algunas fijas y otras informales, pero sin la infraestructura o espacio específico de una parada de autobús; las cuales no cuentan con señalamiento ni delineación adecuada. Faltan elementos de control de velocidad próximos a las intersecciones y a las localidades por la que cruza la vía, también se tienen vehículos estacionados al costado de la vía. En la zona de la localidad se tiene poco control de los accesos y la velocidad de operación es mayor que la establecida como límite. La vía inspeccionada cuenta con una zona escolar que no tiene señalamiento preventivo ni protección.

El tramo en estudio cuenta con una ciclopista que se encuentra sin mantenimiento, sin señalamiento adecuado y sin protección vial, además no tiene continuidad a lo largo del tramo inspeccionado.

Como se mencionó anteriormente, la vía tiene muchos hallazgos que le disminuyen su seguridad vial, por lo que necesita mucha intervención para que su operación sea segura para todos los usuarios, ya que conviven más de un tipo de ellos, además de que por la misma función de la vía se tiene presencia de todo tipo de vehículos a velocidades excesivas debido a que se encuentra en una zona rural, sin embargo, atraviesa localidades pequeñas, las cuales se ponen en riesgo. Por lo tanto, se proponen a continuación una serie de recomendaciones las cuales mejorarán la operación de la vía haciéndola más segura para todos los usuarios de la misma.

Se propone ampliación de los anchos de carriles y colocación de carriles adicionales, colocación de acotamientos pavimentados y restricción de estacionamiento de vehículos a los costados de la vía, así como dar mantenimiento a la superficie de rodamiento.

Al ser una vía donde pasan diferentes tipos de vehículos se recomienda verificar la alineación vertical y horizontal, adecuando los grados de curvatura de las curvas horizontales y las pendientes de las verticales, corrigiendo la alineación peligrosa, por ejemplo, en los sitios donde se encuentra una curva horizontal y vertical combinada, mejorando también la visibilidad y el señalamiento. Además, se tienen que mejorar las intersecciones, con colocación de islas de refugio y canalización adecuada, así como la consideración de los radios de giro para vehículos de carga, se propone un control de accesos, eliminando o reubicando la mayoría de ellos mediante la creación de calles laterales donde sea posible o a través de la limitación de los movimientos en ellos. También se tendrá que mejorar la delineación y canalización de los carriles de incorporación a la vía.

Se recomienda dar conservación al señalamiento de la carretera, colocación de barreras de contención en zonas de riesgo de la vía y curvas muy cerradas, colocación de terminales de impacto y eliminación de obstáculos en las zonas laterales, así como protección de las alcantarillas en las laterales del camino. Asimismo, se deberá colocar alumbrado público, sobre todo en las zonas de los accesos, intersecciones y donde hay presencia de usuarios vulnerables.

También se recomienda controlar la velocidad, colocando elementos de seguridad para alertar a los conductores de disminuir su velocidad antes de llegar a las intersecciones, así como antes de la zona urbana de San Fandila.

Con respecto a los usuarios vulnerables se recomienda colocar la infraestructura peatonal en zonas necesarias y riesgosas, pasos peatonales en las zonas de la población e instalación de banquetas a través de la vía. Dar mantenimiento y continuidad a la ciclista, colocando canalización y señalización adecuadas. En las zonas de parada de transporte público se propone colocar adecuadas paradas de autobuses, con sus respectivas bahías de ascenso y descenso de pasajeros y delineados carriles de incorporación. Otro aspecto importante es asegurar la zona escolar mediante la colocación de señalamiento y reductores de velocidad.

Todas estas medidas consideran a todos los usuarios que interactúan en la vía y ayudan a mejorar la operación de la misma, evitando o disminuyendo los accidentes viales que pueden ocurrir, o reduciendo las consecuencias de los mismos. De igual manera al implementar estas recomendaciones se mejora el comportamiento del usuario en la vía, al reducir sus velocidades de operación y los puntos de conflicto presentes en el tramo, esto dará como consecuencia una vía más segura.

De acuerdo a la estimación del nivel de riesgo, los grupos de hallazgos que se tienen que atender primero corresponden a la problemática detectada respecto a: visibilidad en curvas, sección transversal, señalamiento horizontal y vertical, velocidad excesiva y lo relacionado con los usuarios vulnerables (cruces peatonales y ciclistas, paradas de transporte público, entre otros).

Es a partir de la información contenida en este estudio, que se recomienda hacer el plan de acción para el mejoramiento del tramo auditado, considerando el nivel de riesgo de cada grupo de hallazgos y las medidas de mejora propuestas.



## Bibliografía

---

Mapas de localización del Tramo Auditado y los puntos seleccionados para la toma de velocidades de punto y aforo vehicular, obtenidas de Google Maps.

Periódico “El Sol de San Juan del Río” en línea, consultado el 01 de diciembre de 2017, <https://www.elsoldesanjuandelrio.com.mx/policia/cinco-muertos-y-varios-lesionados-deja-accidente-en-san-fandila>

Periódico “El Sol de San Juan del Río” en línea, consultado el 01 de diciembre de 2017, <https://www.elsoldesanjuandelrio.com.mx/policia/fatidico-choque-en-la-estatal-431>

Periódico “El Universal de Querétaro” en línea, consultado el 01 de diciembre de 2017, <http://www.eluniversalqueretaro.mx/seguridad/08-09-2017/choque-de-camiones-deja-5-muertos-y-42-lesionados>

Periódico “Diario Rotativo Noticias Querétaro” en línea, consultado el 01 de diciembre de 2017, <https://rotativo.com.mx/noticias/locales/pedro-escobedo/647203-fatal-accidente-de-autobuses-en-sanfandila-deja-5-obreros-muertos/>

Periódico “ADN Informativo” en línea, consultado el 01 de diciembre de 2017, <http://adninformativo.mx/mueren-2-menores-aporosado-choque-pedro-escobedo/>

Buscador de imágenes de Google.

Presidencia de la República Mexicana. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. (pp 140). Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de mayo de 2013.

Presidencia de la República Mexicana. Plan Nacional de Desarrollo 2019 – 2024. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de julio de 2019.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018. (pp 78). Publicado en 2013.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Normas de Servicios Técnicos, Proyecto Geométrico de Carreteras. Publicadas en 1984.

Secretaría de Seguridad Ciudadana del Estado de Querétaro. Bases de Datos de Hechos de tránsito 2016, 2017 y enero-julio 2018. Enviadas por correo electrónico al M. en I. Emilio Abarca Pérez <eabarca@imt.mx> de parte de Rocío Minerva Hidalgo Flores <rhidalgo@queretaro.gob.mx>, con fecha de 27 de agosto de 2018.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Manual para obtener los Volúmenes de Tránsito en Carreteras. 2016. Disponible en línea en: [http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual\\_volumen\\_de\\_transito/Manual\\_volumenes\\_\\_2016\\_v2.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual_volumen_de_transito/Manual_volumenes__2016_v2.pdf)

Dirección General de Servicios Técnicos, SCT. Datos viales 2018. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Publicados el 27 de noviembre de 2018. Disponibles en línea en: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/2018/>

Dirección General de Servicios Técnicos, SCT. Manual de Proyecto geométrico de carreteras. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Publicado en 1991.

ZUBIQ Ingeniería en Movilidad Integral. Aforo vehicular direccional de la Carretera No. 431 y Carretera No. 420 (Ambos sentidos). Enviados por correo electrónico a la M. en I. Nadia Gómez González <ngomez@imt.mx> de parte de Melisa Ríos Quezada <melissa.rios@zubiq.com.mx>, con fecha de 30 de enero agosto de 2020.

Cal y Mayor R. E., R, Cárdenas Grisales, J. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones, Octava Edición, Editorial Alfa Omega, México (2007). ISBN: 970-15-1238-3

AustRoads. Road Safety Audit. Second Edition. Standards Australia. Sydney, Australia (2002). ISBN: 0-85588-589-0.

Dourthé C., A., Salamanca C, J., et. al. Guía para realizar una Auditoria de Seguridad Vial. Primera publicación. Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito CONASET, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones del Gobierno de Chile (2003).

Dirección General de Servicios Técnicos, SCT. Manual de Proyecto geométrico de carreteras. Tercera edición. Subsecretaría de Infraestructura de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Publicado el 16 de noviembre de 2018. Disponible en línea en: [http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual-pg/MPGC\\_2018\\_16\\_11\\_18.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual-pg/MPGC_2018_16_11_18.pdf)

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Norma Oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2011, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de noviembre de 2011.

Dirección General de Servicios Técnicos, SCT. Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad 2014. Sexta edición. Subsecretaría de Infraestructura de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Publicado en mayo de 2014. Disponible en línea en: <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/NUEVO-SENALAMIENTO/manualSenalamientoVialDispositivosSeguridad.pdf>

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de diciembre de 2017.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Norma Oficial Mexicana NOM-037-SCT2-2012, Barreras de protección en carreteras y vialidades urbanas. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de septiembre de 2012.

Secretarías de Comunicaciones y Transportes. Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCT2-2013, Amortiguadores de impacto en carreteras y vialidades urbanas. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de noviembre de 2013.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Norma Oficial Mexicana NOM-086-SCT2-2015, Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de junio de 2016.

Transportation Association of Canada. The Canadian Guide to In-Service Road Safety Operational Reviews. 2003.

International Road Assessment Programme, iRAP. Tratamientos. Consultado en línea en junio de 2020. Disponible en: <http://toolkit.irap.org/default.asp?page=treatment&id=27>

International Road Assessment Programme, iRAP. Manual de codificación de iRAP, Edición para la conducción sobre la derecha. Versión 5.0 (2019).

Delaware Valley Regional Planning Commission's (DVRPC). Near-side Bus Bay Example (2012).

Multimodal Corridor Guidelines, AC Transit, Toole Design Group, 2018.





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](mailto:publicaciones@imt.mx)

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