



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE  
HIDALGO**



**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA FACULTAD  
DE INGENIERÍA CIVIL**

**MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN LA  
RAMA DE LAS VÍAS TERRESTRES**

**“MEDIDAS DE MEJORAMIENTO EFECTIVAS APLICABLES A LA  
INFRAESTRUCTURA CARRETERA DEL TRAMO MANZANILLO-MELAQUE DE  
LA RED CARRETERA FEDERAL LIBRE A PARTIR DE LA EVALUACIÓN CON  
LA METODOLOGÍA iRAP”**

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN LA  
RAMA DE LAS VÍAS TERRESTRES**

PRESENTA:

**ING. GILBERTO CHÁVEZ CERNA**

ASESOR:

**DR. MARIO SALAZAR AMAYA**

CO-ASESOR:

**M. EN I. EMILIO ABARCA PÉREZ**

Morelia, Michoacán

Septiembre 2016



**MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN LA  
RAMA DE LAS VÍAS TERRESTRES**

**MEDIDAS DE MEJORAMIENTO EFECTIVAS APLICABLES  
A LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA DEL TRAMO  
MANZANILLO-MELAQUE DE LA RED CARRETERA  
FEDERAL LIBRE A PARTIR DE LA EVALUACIÓN CON LA  
METODOLOGÍA iRAP**

*Autor:*

*Ing. Gilberto Chávez Cerna*

*Morelia, Michoacán, Septiembre 2016*

# ÍNDICE

Agradecimientos.....	i
Dedicatoria.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice de figuras.....	v
Índice de tablas.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1    Objetivos.....	9
1.2    Hipótesis.....	10
1.3    Alcances.....	10
1.4    Metodología.....	10
2. ANTECEDENTES.....	12
2.1    Clasificación por Estrellas.....	15
2.2    Tipos de Inspecciones Viales.....	16
2.3    Puntaje de Protección Brinda por la Vía.....	18
2.4    Identificación de Puntos de Riesgo Utilizando la Metodología iRAP.....	19
2.5    Auditoria de Seguridad Vial en los Puntos de Riesgo.....	20
2.6    Auscultación Dinámica de Señalización Horizontal y Vertical.....	22
3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	25
3.1    Mapas de Clasificación por Estrellas.....	25
3.2    Plan de Inversión Para Vías más Seguras.....	32
3.2.1    Diseño Geométrico de la Vía.....	37
3.2.2    Señalamiento Horizontal y Vertical.....	42
3.2.3    Retrorreflexión del Señalamiento Horizontal y Vertical.....	47
3.2.4    Barreras de Seguridad y Zonas Laterales.....	48
3.2.5    Control de Velocidad.....	51
3.2.6    Infraestructura para Usuarios Vulnerables.....	53
3.3    Accidentalidad de la Zona.....	54
3.4    Datos de Operación.....	59

3.4.1	Transito Diario Promedio Anual (TDPA).....	60
3.4.2	Composición Vehicular.....	63
3.4.3	Índice de Rugosidad Internacional (IRI).....	67
3.4.4	Profundidad de Rodera (PR) .....	69
3.4.5	Macro Textura (MAC) .....	72
3.4.6	Deterioros (DET).....	74
4.	AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL .....	77
4.1	Términos de Referencia.....	79
4.2	Análisis de la Información.....	80
4.3	Inspección del Terreno.....	81
4.4	Resultados de la Auditoria de Seguridad Vial.....	82
4.4.1	Zonas Laterales .....	82
4.4.2	Barreras .....	87
4.4.3	Bandas Alertadoras.....	91
4.4.4	Acotamientos.....	92
4.4.5	Alumbrado .....	93
4.4.6	Infraestructura para Peatones .....	95
4.4.7	Zonas Escolares .....	97
4.4.8	Infraestructura para Disminuir Velocidad.....	98
4.4.9	Carriles Auxiliares y Acceso Irregulares .....	100
4.4.10	Señalamiento Horizontal y Vertical.....	102
5.	PROGRAMAS DETALLADOS DE IMPLEMENTACIÓN .....	106
5.1	Zonas Laterales .....	106
5.2	Barreras .....	107
5.3	Acotamientos y Bandas Alertadoras .....	109
5.4	Alumbrado .....	110
5.5	Infraestructura para Peatones .....	111
5.6	Infraestructura para Disminuir Velocidad y Zonas Escolares.....	112
5.7	Control de Accesos Irregulares.....	113
5.8	Carriles Auxiliares.....	114
5.9	Señalamiento Horizontal y Vertical.....	115
5.10	Otros.....	118

6. MEDIDAS DE MEJORAMIENTO .....	120
6.1 Zonas Laterales .....	120
6.2 Barreras .....	123
6.3 Acotamientos.....	125
6.4 Bandas Alertadoras.....	126
6.5 Alumbrado .....	127
6.6 Infraestructura para Peatones .....	128
6.7 Zonas Escolares .....	129
6.8 Infraestructura para Disminuir Velocidad.....	130
6.9 Control de Accesos Irregulares .....	134
6.10 Carriles Auxiliares.....	134
6.11 Otros .....	136
6.12 Análisis y Recomendaciones en Puntos de Riesgo (PdR) .....	138
7. CONCLUSIONES. ....	151
7.1 Aportaciones .....	153
Bibliografía.....	154
Anexos: .....	158

# Agradecimientos

Primero que nada agradezco a dios por haberme dado salud y fortaleza para concluir una meta más en mi vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**), por la beca otorgada para realizar mis estudios de posgrado, ya que sin el apoyo económico otorgado no me hubiese sido posible concluir mis estudios.

A mi asesor **Dr. Mario Salazar Amaya** por haberme apoyado y sido el conducto para terminar mi trabajo de tesis en el Instituto Mexicano del Transporte (IMT).

A mi co-asesor **M. EN I. Emilio Abarca Pérez** agradezco de forma muy especial por haberme guiado y proporcionado la información necesaria para realizar el trabajo de tesis, así como por su valioso tiempo, atención y confianza brinda durante mi estadía en el IMT.

A todo el equipo de trabajo de Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte (IMT), por haberme apoyado a resolver mis dudas y proporcionado información para mi trabajo de tesis.

A todos mis profesores de la maestría por haber compartido con migo sus valiosos conocimientos.

Al **Dr. Jaime Saavedra Rosales** coordinador de la maestría por su gran apoyo y preocupación para que culmináramos nuestra preparación de forma exitosa y nos tituláramos en tiempo y forma.

# Dedicatoria

A mis padres **Gilberto Chávez Martínez** y **Silvia Cerna Arias**, que con su gran apoyo y comprensión lograron guiarme por el buen camino, gracias por todo el amor, cariño y confianza que me han dado.

A mi tío **José Luis Chávez Martínez** quien fue una gran persona que siempre me apoyo y me impulso para seguir preparándome y salir adelante, gracias por esos buenos consejos, siempre te recordare y te llevare en el corazón.

A mi tía **Hilaria Chávez Martínez** que ha sido como mi segunda madre, siempre apoyándome en todo lo que necesitaba para lograr superarme y concluir mis metas en la vida, gracias por su gran cariño, amor y comprensión.

A mi novia **MA. Guadalupe Hernández Villa** por todo su amor, comprensión y por impulsarme a salir siempre adelante para lograr mis metas y objetivos, gracias por confiar en mí te amo.

A mis hermanos **José Alfredo, Cesar Alejandro, Luis Enrique**, son una parte esencial en mi vida, los quiero mucho.

A toda mi familia y amigos por ese gran apoyo y por confiar en mí, con esfuerzo y dedicación se pueden lograr grandes cosas en la vida y este para mí es un gran logro que quiero compartir con todos ustedes.

# Resumen

En la actualidad los accidentes de tránsito son uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial. De acuerdo a cifras generadas por la Organización Mundial de la Salud cada año 1.25 millones de personas mueren en el mundo a causa de los accidentes de tránsito. En México, las lesiones causadas por el tránsito siguen encontrándose entre las diez principales causas de muerte. Con el fin de atender esta problemática la Organización de las Naciones Unidas (ONU) declaró el periodo 2011-2020 como el decenio de acción para la seguridad vial, década en la cual se espera que se lleven a cabo importantes esfuerzos para la mejora de la infraestructura vial, la seguridad de los vehículos y el comportamiento de los usuarios en las vías.

En este trabajo se aborda el tema de la seguridad vial, el cual se enfoca al tramo carretero Manzanillo-Melaque de la carretera MEX-200, tramo considerado de gran importancia económica y social, que ha reportado en los últimos años problemas serios de siniestralidad. En el año 2012, dicho tramo fue evaluado con el Programa Internacional de Evaluación de Carreteras iRAP (International Road Assessment Programme) y, en el año 2015, fue evaluado con el sistema innovador de auscultación de carreteras AMAC (Advanced Mobile Asset Collection). Este trabajo parte de los resultados obtenidos en ambas evaluaciones.

La primera metodología, nos proporciona un plan de inversión para vías más seguras y un listado de medidas de implementación que requiere el tramo para mejorar su seguridad vial, así como la relación costo-beneficio de las medidas de mejoramiento propuestas. La segunda, nos proporciona información respecto al estado actual del señalamiento horizontal y vertical, retroreflexión, dimensiones, ubicación y ángulos de colocación, es de gran utilidad para elaborar los programas de mantenimiento y conservación de las señales de tránsito.

También se presenta un análisis de los datos de operación de la vía para determinar su estado y funcionalidad, tales como: accidentalidad, IRI, TDPA, composición vehicular, profundidad de rodera, macrotextura y deterioros. Posteriormente se muestra la realización de una Auditoría de Seguridad Vial (ASV) para identificar de forma precisa los problemas de seguridad vial que tiene el tramo en estudio. Esta auditoría da lugar a las propuestas de las medidas de mejoramiento que se requieren implementar para mejorar la seguridad vial del tramo. Finalmente con toda la información recopilada y recomendaciones propuestas por iRAP y AMAC se presenta un programa detallado de intervención, además de un análisis particular para 6 sitios considerados de alto riesgo denominados Puntos de Riesgo (PdR) identificados en la vía, así como las actividades a seguir para contrarrestar esta problemática. **Palabras clave: IRI, TDPA, ASV, iRAP, AMAC**

# Abstract

Currently, traffic accidents are major public health concern worldwide. According to the World Health Organization, each year 1.25 million people die worldwide due to traffic accidents. In Mexico, injuries caused by traffic remain among the top ten causes of death. In order to address this problem the United Nations (UN) declared 2011-2020 as the Decade of Action for Road Safety. A decade expected to strive on improving the road infrastructure, vehicle safety and user behavior on the roads.

This issue of road safety will focus more on the road section of Manzanillo-Melaque, MEX-200 highway. It is considered one of great economic and social importance and it has reported serious problems in road accidents. In 2012, this section was evaluated by the International Program Road Assessment iRAP (International Road Assessment Program) as well as in 2015 by the innovative automated road system AMAC (Advanced Mobile Asset Collection). This research will be based on the results of both evaluations.

The first methodology provides us with an investment plan for safer roads and a list of implementation measures requiring the stretch to improve road safety and the cost-benefit ratio of proposed improvement measures. The second provides information about the current state of the horizontal and vertical signage, pavement marking retroreflectivity, dimensions, location and placement angles, useful to develop maintenance programs, including traffic signals.

Furthermore a data analysis of the road operation is presented to determine condition and functionality such as accidents, IRI, TDPA, vehicular decomposition, rut depth, macro texture and deterioration. Subsequently conducting a Road Safety Audit (RSA) is shown to accurately identify the road safety problems and gives rise to proposals for improvement measures that can be implemented to improve the road safety for all users. With all the information gathered and recommendations proposed by iRAP and AMAC a detailed intervention program is presented together with a particular 6 point identifier which analysis points of high risk (PdR) in the road in conjunction with activities to follow and counteract the problem.

# Índice de figuras

Figura 1.1: Muertes por accidentes de tránsito en función del tipo de usuario (2013), por región de la OMS.....	2
Figura 1.2: Las 10 causas principales de muerte en personas de 15 a 29 años .....	3
Figura 2.1: Clasificación por estrellas para usuarios de automóviles, proyecto iRAP México Fase I, 2012 .....	14
Figura 2.2: Clasificación por estrellas para usuarios de automóviles, proyecto iRAP México Fase II, 2013 .....	14
Figura 2.3: Clasificación por estrellas .....	16
Figura 2.4: Vehículo equipado para la toma de imágenes por video de la red vial.....	17
Figura 2.5: Vehículo equipado para la toma de imágenes por video de la red vial.....	23
Figura 3.1: Clasificación por estrellas para ocupantes de vehículos de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque.....	25
Figura 3.2: Clasificación por estrellas para ocupantes de motocicletas, en la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque.....	26
Figura 3.3: Clasificación por estrellas para ciclistas, en la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque.....	27
Figura 3.4: Clasificación por estrellas para peatones, en la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque.....	28
Figura 3.5: Gráfica de resultados de la clasificación por estrellas del tramo, Manzanillo-Melaque .....	29
Figura 3.6: Gráfica de cadenamiento vs clasificación por estrellas del tramo Manzanillo-Cihuatlán.....	30
Figura 3.7: Gráfica de cadenamiento vs clasificación por estrellas del tramo, Cihuatlán-Melaque .....	31
Figura 3.8: Ampliación de ancho de carril .....	38
Figura 3.9: Pavimentación de acotamiento.....	39
Figura 3.10: Mejoramiento del terraplén.....	40
Figura 3.11: Remoción de obstáculos para mejorar la visibilidad .....	41
Figura 3.12: Bandas de alerta en acotamientos .....	43
Figura 3.13: Señalamiento horizontal y vertical.....	44
Figura 3.14: Señalamiento en intersecciones .....	45
Figura 3.15: Alumbrado público en carreteras e intersecciones.....	46
Figura 3.16: Señalización de zona escolar.....	47
Figura 3.17: Reflectividad en señalización de carreteras .....	48
Figura 3.18: Barrera central en carreteras .....	49
Figura 3.19: Barrera lateral en carreteras .....	50

Figura 3.20: Obstáculos peligrosos al costado de la vía.....	51
Figura 3.21: Reductores de velocidad .....	52
Figura 3.22: Vallas peatonales.....	53
Figura 3.23: Índice de accidentalidad en la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque .	56
Figura 3.24: Índice de lesionados en la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque .....	57
Figura 3.25: Índice de mortalidad en la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque.....	58
Figura 3.26: Análisis de daños materiales en la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque .....	59
Figura 3.27: Análisis evolutivo del TDPA en la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque .....	61
Figura 3.28: Porcentaje de vehículos pesados de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque .....	63
Figura 3.29: Gráfica del comportamiento del IRI respecto al valor de rechazo.....	68
Figura 3.30: Gráfica del comportamiento del IRI respecto al valor de rechazo.....	69
Figura 3.31: Gráfica del comportamiento de la PR respecto al valor de rechazo .....	71
Figura 3.32: Gráfica del comportamiento de la PR respecto al valor de rechazo .....	71
Figura 3.33: Gráfica del comportamiento de la MAC respecto a su valor de rechazo.....	73
Figura 3.34: Gráfica del comportamiento de la MAC respecto a su valor de rechazo.....	73
Figura 3.35: Gráfica del comportamiento de DET respecto a su valor de rechazo .....	76
Figura 3.36: Gráfica del comportamiento de DET respecto a su valor de rechazo .....	76
Figura 4.1: Señal elevada tipo bandera que representa un peligro en la vía.....	83
Figura 4.2: Postes de líneas eléctricas que representan un peligro para la vía .....	84
Figura 4.3: Árbol muy cercano a la vía con diámetro mayor a 10 cm .....	84
Figura 4.4: Pilas de paso superior vehicular que representan un peligro para la vía.....	85
Figura 4.5: Boquilla de drenaje que representa un peligro para la vía .....	86
Figura 4.6: Alcantarilla sin protección que presenta un peligro en la vía .....	86
Figura 4.7: Bifurcación sin dispositivo de amortiguamiento representa un peligro para la vía	87
Figura 4.8: Falta de conexión entre una barrera metálica y el parapeto de un puente .....	88
Figura 4.9: Falta de conexión entre barreras metálicas .....	88
Figura 4.10: Sección de inicio de barrera metálica sin terminal .....	89
Figura 4.11: Barrera metálica impactada.....	90
Figura 4.12: Barrera metálica con ancho de trabajo insuficiente .....	90
Figura 4.13: Zona apropiada para instalar bandas alertadoras .....	91
Figura 4.14: Zona inadecuada para instalar bandas alertadoras .....	92
Figura 4.15: Zona inadecuada para instalar bandas alertadoras .....	92
Figura 4.16: Falta de iluminación en zona habitacional.....	94
Figura 4.17: Puente peatonal sin iluminación .....	94
Figura 4.18: Intersección sin iluminación .....	95
Figura 4.19: Cruce de peatones a nivel por zona comercial .....	96

Figura 4.20: Cruce peatonal e nivel en zona escolar y comercial .....	96
Figura 4.21: Cruce escolar inseguro .....	98
Figura 4.22: Cruce en zona escolar con señalización deficiente .....	98
Figura 4.23: Cruce escolar con falta de infraestructura para disminuir velocidad .....	99
Figura 4.24: Intersección con falta de infraestructura para disminuir velocidad .....	99
Figura 4.25: Carril auxiliar en mal estado .....	101
Figura 4.26: Acceso irregular sin carriles de aceleración ni de desaceleración .....	101
Figura 4.27: Acceso irregular peligroso .....	102
Figura 4.28: Informe de retroreflectividad de señalamiento vertical .....	104
Figura 4.29: Informe de retroreflectividad de señalamiento horizontal .....	104
Figura 4.30: Visualización 360° .....	105
Figura 5.1: Parada de autobús que representa un peligro de seguridad vial.....	118
Figura 5.2: Parada de autobús que representa un peligro de seguridad vial.....	119
Figura 5.3: Señal SP-32 mal ubicada .....	119
Figura 6.1: Cambiar señal informativa elevada por señal informativa baja.....	121
Figura 6.2: Protección de postes.....	121
Figura 6.3: Eliminar o proteger arboles.....	122
Figura 6.4: Protección para pilas y objetos fijos muy cercanos a las vía .....	123
Figura 6.5: Ejemplos de amortiguadores de absorción de impacto .....	124
Figura 6.6: Ejemplos de terminales de impacto para barrera metálica.....	124
Figura 6.7: Transición de barrera metálica de dos y tres crestas y muro vertical de concreto .....	125
Figura 6.8: Zona apropiada para instalar bandas alertadoras .....	126
Figura 6.9: Instalación de postes con luminarias en tramo carretero .....	127
Figura 6.10: Instalar alumbrado en puente peatonal.....	128
Figura 6.11: Colocar postes con luminarias en intersecciones .....	128
Figura 6.12: Señal preventiva para zonas escolares .....	130
Figura 6.13: Ejemplo de colocación de rayas logarítmicas para velocidad de entrada de 50 km/h y velocidad de salida de 30 Km/h .....	132
Figura 6.14: Separación entre rayas con espaciamiento logarítmico .....	133
Figura 6.15: La medida de mejoramiento para este caso es prolongar la barrera metálica....	134
Figura 6.16: Parámetros estipulados por el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras para determinar la longitud de los carriles de aceleración y desaceleración .....	136
Figura 6.17: Parada de autobús que representa un peligro de seguridad vial.....	137
Figura 6.18: Señal SP-32 cruce de peatones mal ubicada .....	137

# Índice de tablas

Tabla 1.1: Siniestralidad en Carreteras Federales .....	4
Tabla 1.2: Saldos de accidentalidad en la Red Carretera Federal, por entidad federativa .....	6
Tabla 3.1: Resultados de la clasificación por estrellas para la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque.....	29
Tabla 3.2: Medidas de mejoramiento propuestas para la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque.....	34
Tabla 3.3: Costos y beneficios para la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque.....	35
Tabla 3.4: Total de Costos y beneficios para la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque .....	35
Tabla 3.5: Tramos de la carretera MEX-200 Manzanillo-Melaque .....	36
Tabla 3.6: Costos y Beneficios por tramo de la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque .....	36
Tabla 3.7: Evolución histórica del TDPA e índice de accidentalidad de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque.....	55
Tabla 3.8: Análisis de vehículos pesados de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque .....	62
Tabla 3.9: Clasificación vehicular considerada por DGST .....	63
Tabla 3.10: Datos de operación vehicular para el año 2010 de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque .....	64
Tabla 3.11: Datos de operación vehicular para el año 2011 de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque .....	65
Tabla 3.12: Datos de operación vehicular para el año 2012 de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque .....	65
Tabla 3.13: Datos de operación vehicular para el año 2011 de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque .....	66
Tabla 3.14: Datos de operación vehicular para el año 2011 de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque .....	66
Tabla 3.15: Estado de la superficie de rodamiento respecto al IRI .....	67
Tabla 3.16: Estado de la superficie de rodamiento respecto a la PR.....	70
Tabla 3.17: Estado de la superficie del pavimento respecto a la MAC.....	72
Tabla 3.18: Estado de la superficie del pavimento respecto a DET .....	75
Tabla 5.1: Objetos laterales detectados durante la ASV .....	107
Tabla 5.2: Deficiencias detectadas en barreras laterales .....	108
Tabla 5.3: Cantidad de barrera faltante .....	109
Tabla 5.4: Bandas alertadoras que se recomienda colocar .....	110
Tabla 5.5: Deficiencias de alumbrado .....	111

Tabla 5.6: Deficiencias de infraestructura para peatones .....	112
Tabla 5.7: Infraestructura para disminuir velocidad y zonas escolares .....	113
Tabla 5.8: Control de accesos irregulares.....	114
Tabla 5.9: Sitios que requieren mejorar o instalar carriles auxiliares .....	115
Tabla 5.10: Deficiencias del señalamiento vertical .....	116
Tabla 5.11: Deficiencias del señalamiento horizontal.....	117

Tabla 6.1: Deficiencias de infraestructura para peatones .....	129
Tabla 6.2: Ubicación longitudinal de las señales preventivas .....	130
Tabla 6.3: Ubicación de puntos de riesgo (PdR) .....	138
Tabla 6.4: Informe del punto de riesgo 1 .....	140
Tabla 6.5: Informe del punto de riesgo 2 .....	142
Tabla 6.6: Informe del punto de riesgo 3 .....	144
Tabla 6.7: Informe del punto de riesgo 4 .....	146
Tabla 6.8: Informe del punto de riesgo 5 .....	148
Tabla 6.9: Informe del punto de riesgo 6 .....	150

## Anexos

Tabla A.1: Cuantificación de las medidas de mejoramiento propuestas para bandas alertadoras y pavimentación de acotamientos.....	158
Tabla A.2: Cuantificación de las medidas de mejoramiento propuestas para el señalamiento vertical y horizontal .....	159
Tabla A.3: Cuantificación de las medidas de mejoramiento propuestas para mejoramiento de intersecciones, infraestructura para disminuir velocidad y vallas peatonales .....	159
Tabla A.4: Cuantificación de las medidas de mejoramiento propuestas para alumbrado en tramos carreteros, intersecciones y puentes peatonales.....	160
Tabla A.5: Cuantificación de las medidas de mejoramiento propuestas para señalamiento en zonas escolares, control de accesos y carriles auxiliares.....	160
Tabla A.6: Cuantificación de las medidas de mejoramiento propuestas para barreras y obstáculos en los costados de la vía .....	161
Tabla A.7: Cuantificación de las medidas de mejoramiento propuestas para puentes peatonales y otros hallazgos .....	161

# 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los accidentes de tránsito son uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial. Por consiguiente existe la preocupación por atender este problema lo cual es posible mejorando los niveles de seguridad vial. Para lograr este objetivo hay que considerar diversos factores como son los vehículos, factor humano e infraestructura carretera, la cual juega un papel esencial ya que es una parte medular en este problema y desde el punto de vista ingenieril es la que se puede atacar más fácil.

Según el Instituto Nacional de Estadística (INEGI, 2009) define un accidente de tránsito como un percance vial que se presenta súbita e inesperadamente, determinado por condiciones y actos irresponsables potencialmente previsibles, atribuidos a factores humanos, vehículos preponderadamente automotores, condiciones climatológicas, señalización y caminos, los cuales ocasionan pérdidas prematuras de vidas humanas y/o lesiones, así como secuelas físicas o psicológicas, perjuicios materiales y daños a terceros.

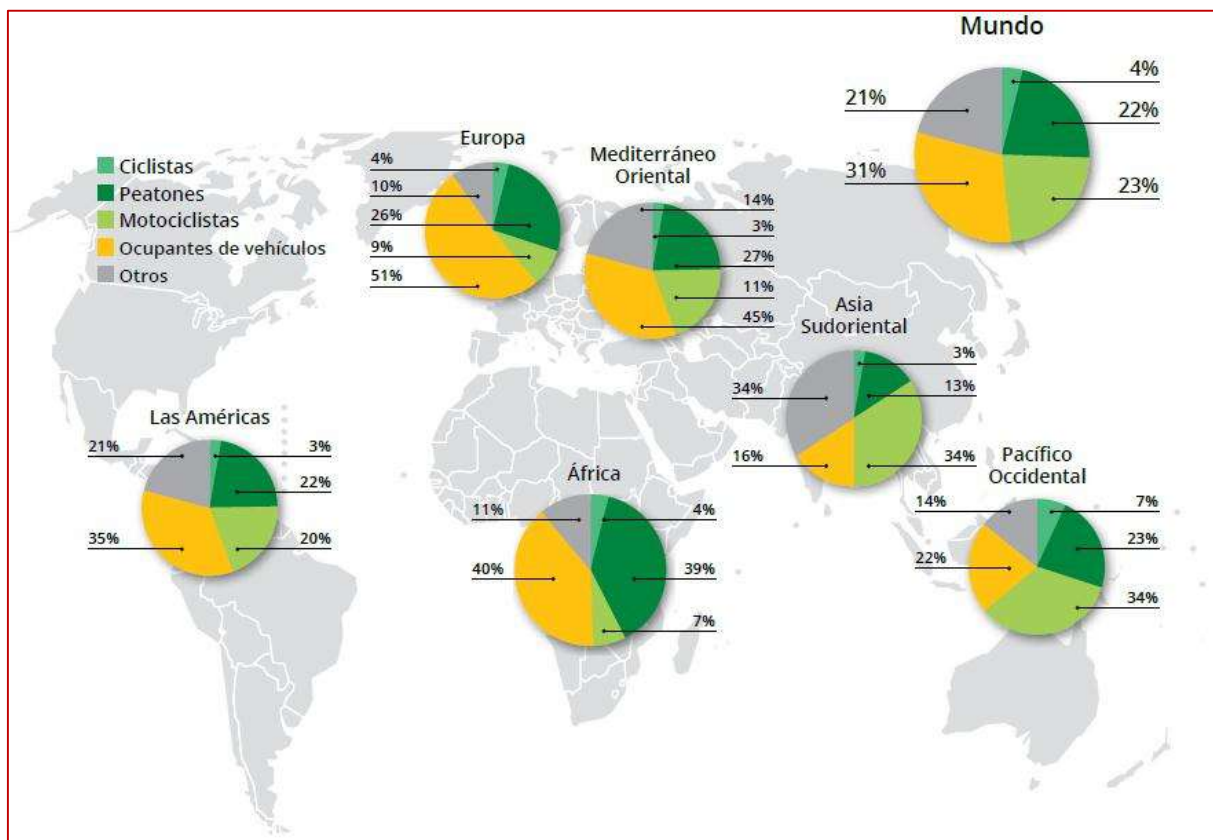
## **Situación Internacional**

De acuerdo a cifras generadas por la Organización Mundial de la Salud a través de su informe sobre la situación mundial de la seguridad vial (OMS, 2015) cada año 1.25 millones de personas mueren en el mundo a causa de los accidentes de tránsito, los usuarios más vulnerables son los peatones, los ciclistas y motociclistas que en conjunto concentran el 49% de las muertes causadas por este problema, ver figura 1.1

Mejorar la seguridad de las carreteras de todo el mundo no será posible si no se tienen en cuenta las necesidades de estos usuarios de la vía pública en todos los enfoques que se adopten para abordar la seguridad vial.

El 80% de los países de todo el mundo en particular los países de ingresos bajos y medios siguen sin cumplir las normas internacionales básicas sobre la seguridad de los vehículos.

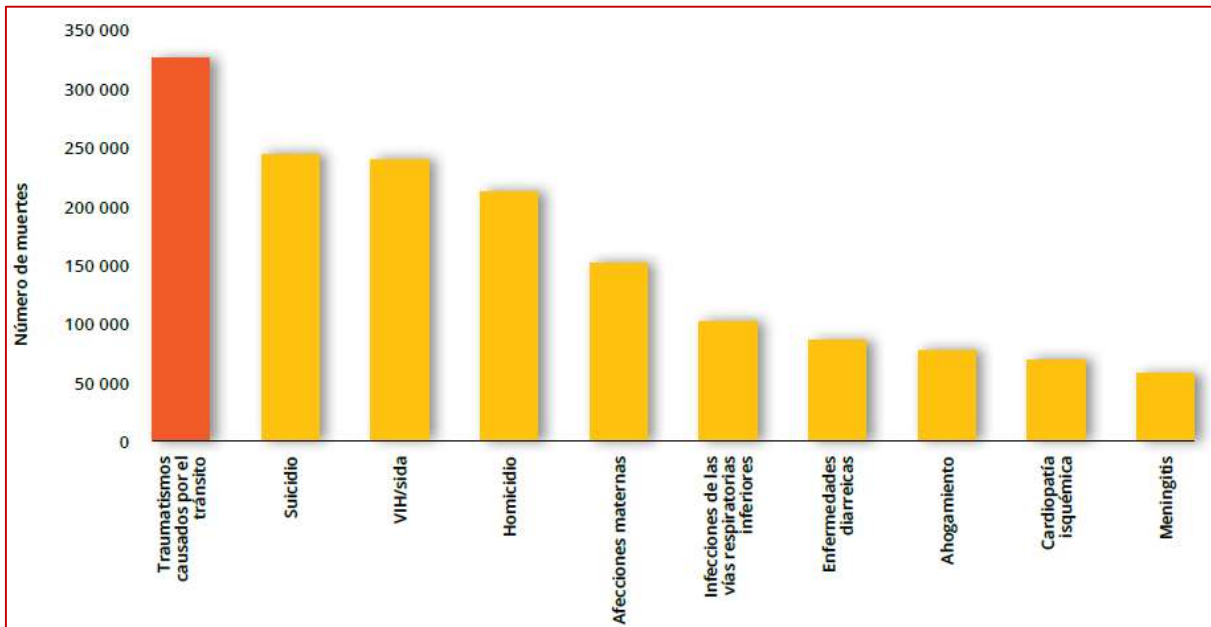
El 90% de las muertes por accidentes de tránsito se producen en países de ingresos bajos y medios, pese a que esos países únicamente concentren el 54% de los vehículos del mundo. La figura 1.2 muestra las muertes por accidentes de tránsito en función del tipo de usuario en diferentes regiones del mundo.



**Figura 1.1: Muertes por accidentes de tránsito en función del tipo de usuario (2013), por región de la OMS.**

Fuente (OMS, 2013)

Los accidentes de tránsito son la principal causa de muerte a nivel mundial entre jóvenes de 15 a 29 años de edad. La figura 1.3 indica las 10 causas principales de muerte en personas de 15 a 29 años.



**Figura 1.2: Las 10 causas principales de muerte en personas de 15 a 29 años**

Fuente (OMS, 2013)

### En México

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) genera estadísticas a cerca de la seguridad vial en México, utilizando para ello las bases de datos de la Policía Federal (PF), Comisión Nacional de Seguridad y Secretaría de Seguridad Pública (SSP). Cabe destacar que el registro del evento se realiza en el lugar del suceso, por lo que si una persona herida fallece posteriormente, queda registrada como lesionada. Sumado a esto, las muertes ocurridas dentro de los 30 días posteriores al accidente como resultado de las lesiones sufridas en el mismo, se registran frecuentemente en los certificados de defunción como “ocasionadas por otras causas diferentes”. Para tomar en cuenta esta situación, la ONU recomienda utilizar un factor de actualización de 1.3 con lo que se obtiene un estimado de muertes reales atribuibles a esa causa.

En la tabla 1.1 se muestra la evolución de los accidentes en la Red Carretera Federal (RCF) del año 1995 al 2013 en el cual se observa que la cantidad de accidentes ha logrado decrecer en los últimos años pero sigue existiendo un número importante de muertos y lesionados.

**Tabla 1.1: Siniestralidad en Carreteras Federales**

<b>Año</b>	<b>Accidentes</b>	<b>Lesionados</b>	<b>Muertos</b>	<b>Daños materiales (miles de pesos)</b>
1995	58,270	33,860	4,678	671,519
1996	58,156	33,325	4,810	762,121
1997	61,147	34,952	4,975	998,950
1998	60,951	35,086	5,064	1,236,104
1999	60,507	36,528	5,106	1,513,827
2000	61,146	38,434	5,224	1,835,571
2001	57,426	38,676	5,147	1,940,906
2002	42,616	35,480	4,960	1,565,178
2003	33,046	31,477	4,652	1,285,618
2004	30,669	31,274	4,603	1,248,401
2005	29,463	32,275	4,710	1,303,088
2006	29,050	33,082	5,008	1,511,259
2007	30,536	33,571	5,398	1,514,577
2008	30,379	32,769	5,379	1,581,620
2009	29,596	31,659	4,870	1,519,428
2010	26,361	28,617	5,032	1,507,168
2011	24,902	26,045	4,406	1,360,808
2012	24,216	24,736	4,539	1,374,295
2013	22,036	20,979	3,899	1,332,963
T.M.A	-3.616	-3.621	-1.592	0.329

Fuente (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015)

De igual manera la (PF) genera sus bases de datos, la tabla 1.2 muestra la situación de la seguridad vial para cada uno de los estados de la república Mexicana así como del Distrito Federal, esta base de datos del año 2014 resalta que durante ese año se registraron 18,007 accidentes en toda la (RCF) dentro de los cuales murieron 3,784 personas y 17,502 resultaron gravemente heridas como consecuencia de los accidentes.

Los estados que tuvieron un índice más alto de accidentalidad durante el año 2014 fueron Veracruz, México, Jalisco y Guanajuato, mientras que los que menos registraron fueron Distrito Federal, Aguascalientes, Colima y Campeche.

En el análisis se obtiene que todos los estados presentan importantes costos en accidentes siendo los más afectados Veracruz, México y Jalisco debido a su cantidad de muertos durante los percances.

Para atender estas necesidades el Gobierno Federal emprendió una estrategia nacional que tiene como objetivo general reducir un 50% las muertes, así como reducir al máximo posible las lesiones y discapacidades por accidentes de tránsito en el territorio de los Estados Unidos Mexicanos (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2014), tal como lo demanda el Decenio de la Acción por la Seguridad Vial de la ONU a través de los cinco pilares.

**Tabla 1.2: Saldos de accidentalidad en la Red Carretera Federal, por entidad federativa**

Entidad	Accidentes	Muertos	Lesionados	Costo de los accidentes (miles de dólares)	Longitud (kilómetros)	Vehículos-kilómetro (millones)	Jerarquización
Aguascalientes	217	35	211	35,698	356.3	1,205.4	10
Baja California	442	105	419	85,130	1,685.5	3,606.1	19
Baja California Sur	341	57	313	55,324	1,187.4	1,721.5	6
Campeche	317	84	225	58,023	1,265.0	1,735.7	4
Coahuila	363	87	332	70,492	1,856.4	4,331.3	31
Colima	269	21	236	32,926	381.4	1,025.7	7
Chiapas	643	101	655	109,009	2,388.9	4,135.3	13
Chihuahua	423	121	450	95,423	2,309.5	4,196.9	22
Distrito Federal	125	29	116	23,790	105.9	1,272.3	30
Durango	328	103	370	81,003	2,301.5	2,458.2	5
Guanajuato	1,022	190	923	173,471	1,335.6	7,178.4	18
Guerrero	685	160	805	146,908	2,138.9	4,201.7	3
Hidalgo	451	115	418	89,835	1,008.6	4,024.5	23
Jalisco	1,160	240	1,184	219,767	2,602.2	9,041.0	17
México	1,310	261	1,506	260,159	1,211.1	11,178.0	20
Michoacán	940	210	1,054	193,819	2,532.5	6,222.6	9
Morelos	451	61	387	64,990	416.9	2,947.3	24
Nayarit	397	67	556	84,593	993.3	2,177.7	1
Nuevo León	738	142	515	112,712	1,586.8	5,829.3	28
Oaxaca	551	136	712	128,090	2,928.1	4,750.2	12
Puebla	661	171	636	134,848	1,457.3	5,930.9	21
Querétaro	466	54	308	54,512	556.1	3,486.5	32
Quintana Roo	344	49	288	49,702	994.6	2,570.1	27
San Luis Potosí	770	137	715	131,022	1,717.5	4,617.4	11
Sinaloa	454	119	390	88,986	1,293.5	3,579.5	16

Sonora	504	116	541	104,016	2,178.8	4,832.5	25
Tabasco	664	96	394	80,333	633.8	3,163.5	14
Tamaulipas	458	127	431	96,998	2,302.5	3,875.2	15
Tlaxcala	342	65	270	54,230	568.5	2,741.5	26
Veracruz	1,360	348	1,407	287,406	3,081.4	9,180.3	8
Yucatán	305	50	202	41,623	1,345.6	2,167.1	29
Zacatecas	506	127	533	106,878	1,458.5	2,929.1	2
Total	18,007	3,784	17,502	3,351,718	48,179.9	132,312	

Fuente (Anuario Estadísticos de Accidentes en Carreteras Federales, 2014)

### **Modelos de Intervención**

El tema de la seguridad vial nace de la necesidad de contrarrestar esta problemática el cual busca garantizar una movilidad de forma saludable, segura, equitativa y sustentable en beneficio de todos los usuarios de las vías públicas. Cabe mencionar que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) declaró el periodo 2011-2020 como el decenio de acción para la seguridad vial, década en la cual se espera que se lleven a cabo importantes esfuerzos para la mejora de la infraestructura vial, la seguridad de los vehículos y el comportamiento de los usuarios en las vías, para lograr esto se realizó una planeación estratégica basada en cinco pilares expuestos en el Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020 (ONU, 2011).

1. Gestión de Seguridad Vial. Crear alianzas multisectoriales tanto nacionales como internacionales que trabajen de manera conjunta, contando con una designación de organismos coordinadores que tengan capacidad para elaborar estrategias, planes y metas nacionales en materia de seguridad vial.
2. Vías de Transito y Movilidad más Seguras. Aumentar la seguridad y la calidad de protección de las redes carreteras, en beneficio de todos los usuarios de las vías tomando como base los usuarios más vulnerables como son los peatones, ciclistas y motociclistas, esto se puede lograr mejorando la planificación, el diseño, la construcción y el funcionamiento de las vías teniendo en cuenta la seguridad vial.

3. Vehículos más Seguros. Alentar el desarrollo de nuevas tecnologías más seguras para los vehículos y concientizar a la población de la importancia de estas nuevas tecnologías para renovar el parque vehicular por aquel que ofrezca mayores alternativas de seguridad.
4. Usuarios de Vías de Transito más Seguros. Elaborar programas integrales y de concientización para mejorar el comportamiento de los usuarios en las vías de tránsito. Crear leyes y normas en combinación con la educación y la sensibilización de la importancia que tiene el conocer y respetar la normativa en materia de seguridad vial.
5. Respuesta Tras los Accidentes. Aumentar la capacidad de respuesta a las emergencias en los accidentes de tránsito así como mejorar la eficiencia de los sistemas de salud para brindar a las víctimas un tratamiento de emergencia apropiado y posteriormente dar continuidad a su rehabilitación.

Las medidas de intervención que se utilizan en México para atender el segundo pilar del Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial, es la aplicación de la metodología iRAP y el sistema innovador de auscultación de carreteras AMAC.

El Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (iRAP) es una organización sin fines de lucro dedicada a salvar vidas mediante las vías más seguras, se ha desarrollado aprovechando la amplia base de conocimientos de los programas mundiales de evaluación de carreteras (EURORAP, AUSRAP y USRAP), con el apoyo de la fundación FIA (Federation Internationales de l' Automobile), para desarrollar una metodología de inspección de carreteras para los países de ingresos bajos y medios.

La ingeniería de seguridad vial es una rama de la ingeniería que contribuye directamente a reducir y mitigar las muertes y lesiones ocurridas en las vías de tránsito, esta área ingenieril nos ayuda a diseñar soluciones para mejorar la infraestructura carretera en beneficio de la seguridad vial a través de una planeación estratégica. (Abarca Pérez, Méndez Díaz , & Pérez Castro, 2013)

## 1.1 Objetivos

### General:

Reducir la cantidad y severidad de la accidentalidad a través de la elaboración de programas detallados de implementación que contribuyan a generar los proyectos ejecutivos de construcción, instalación y conservación a partir de la revisión de las medidas de mejoramiento recomendadas por el modelo iRAP para la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque.

### Particulares:

- Revisar y analizar la efectividad de las medidas de mejoramiento recomendadas por el modelo iRAP para la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque.
- Revisar y analizar los resultados de la auscultación del señalamiento realizado con el equipo AMAC del tramo en estudio.
- Obtener y analizar los datos de operación del tramo en estudio para determinar su estado y funcionalidad.
- Realizar una Auditoría de Seguridad Vial (ASV) para identificar los problemas de seguridad vial que tiene el tramo en estudio.
- Elaborar los programas detallados de implementación de las medidas de mejoramiento.
- Ubicar y analizar sitios considerados de alto riesgo para su intervención particular.
- Documentar la metodología de los puntos anteriores y elaborar una guía de forma resumida y simplificada en la elaboración de programas de trabajo a partir de las evaluaciones de iRAP y del equipo de auscultación AMAC.

## 1.2 Hipótesis

El análisis y revisión de los resultados de la metodología iRAP del tramo carretero Manzanillo-Melaque de la carretera MEX-200, permitirá realizar una serie de programas detallados de intervención que tengan un impacto efectivo en la reducción de la cantidad y severidad de la accidentalidad en el tramo, además de obtener un documento guía para utilizar los resultados de iRAP para el resto de la Red Carretera Federal evaluada que requieran un mejoramiento sustancial de la seguridad vial.

## 1.3 Alcances.

Contar con un programa de implementación detallado de las medidas de mejoramiento del tramo Manzanillo-Melaque de la carretera MEX-200, tomando como principal objetivo abatir los puntos de riesgo de dicho tramo, realizando una Auditoría de Seguridad Vial a partir de la evaluación del camino con la metodología iRAP y el sistema de auscultación AMAC (Advanced Mobile Asset Collection), donde se obtendrán y analizarán las medidas de mejoramiento efectivas y aplicables para aumentar la seguridad vial del tramo. Además, se contará con un documento guía para utilizar los resultados de iRAP para el resto de la Red Carretera Federal. Para esto se tomarán en cuenta diversos factores tales como la accidentalidad, los aforos vehiculares, la condición de la superficie del pavimento, etc.

## 1.4 Metodología.

La metodología utilizada para este trabajo se describe a continuación:

- **Recopilación y análisis de la información.** En esta parte se obtiene y analiza la información más relevante del tramo en estudio, como los resultados generados por iRAP: mapas de clasificación por estrellas, gráficas de cadenamamiento vs clasificación por estrellas y plan de inversión para vías más seguras; los resultados de la auscultación realizada por AMAC, recorrido del tramo en vídeo, información de la accidentalidad del tramo y datos de operación de la vía tales como: Transito Diario Promedio Anual (TDPA),

composición vehicular, Índice de Rugosidad Internacional (IRI), Profundidad de Roderas (PR), Macrotextura (MC), y Deterioros del Pavimento (DT).

- **Realización de la Auditoria de Seguridad Vial.** En esta parte se realiza el análisis formal de la vía sobre los aspectos más relevantes de la infraestructura desde la perspectiva de la seguridad vial que pudieran generar un riesgo a todos los usuarios a partir de la revisión del recorrido del tramo en vídeo. En esta parte se incluyen los resultados de los hallazgos de las deficiencias encontradas durante la revisión.
- **Programas detallados de implementación.** En esta parte se generarán los programas detallados de implementación de las medidas de mejoramiento que contribuirán a la generación de los proyectos ejecutivos de construcción, instalación y conservación, a partir de los hallazgos encontrados en el punto anterior.
- **Medidas de Mejoramiento.** En esta parte se presentan las recomendaciones de las principales medidas de mejoramiento para mitigar los distintos problemas de seguridad vial detectados a partir de toda la información obtenida. En esta sección se proponen las medidas de mejoramiento que sean más factibles en base a su efectividad, también se describe el análisis y las recomendaciones para solucionar los distintos puntos de riesgo detectados.
- **Conclusiones.** En esta parte se presentan las conclusiones de todo el análisis y problemáticas detectadas.

## 2. ANTECEDENTES

En América Latina, iRAP ha realizado proyectos exitosos en países como Argentina, Perú, Paraguay, Chile, Panamá, Costa Rica, Colombia, entre otros y desde luego México no ha sido la excepción.

Como parte de un compromiso para mejorar la seguridad vial México firmó dentro del marco de la Semana de la Seguridad Vial, celebrada del 9 al 13 de mayo de 2011 en la Ciudad de México, el acuerdo mediante el cual se adhirió a la iniciativa de las Naciones Unidas para el Decenio de Acción por la Seguridad Vial 2011-2020 integrándose de esa forma al compromiso estableciendo metas para la reducción y mitigación de las víctimas de accidentes de tránsito, siendo la principal el reducir en 50% el número esperado de muertos para el año 2020. (Mejoras de la Seguridad Vial de la Infraestructura de un Tramo Carretero, Apartir de su Evaluación iRAP., 2015)

Como primera acción del Decenio de Acción por la Seguridad Vial 2011-2020, en México se elabora la Estrategia Nacional de Seguridad Vial misma que se estructura de acuerdo a los cinco pilares propuestos por la Naciones Unidas siendo de importancia para el presente trabajo el enfoque del segundo pilar: “Vías de Transito y Movilidad más Seguras”. Es por estas razones que en el país por medio de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), se elabora un convenio con el Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (*iRAP, International Road Assessment Programme*) que es una organización sin fines de lucro dedicada a salvar vidas buscando promover vías más seguras a través de la inspección de vías de alto riesgo, el desarrollo de su Clasificación por Estrellas y sus Planes de Inversión.

El convenio que celebró la SCT, por medio de la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) con iRAP, se divide en dos fases.

1. El proyecto iRAP México Fase I, llevado a cabo en 2012, inspeccionó alrededor de 45,000 Kilómetros de carreteras de la Red Carretera Federal, en

la cual se puede observar claramente que la mayoría del tramo cuenta con una clasificación de estrellas de 2 y 3 principalmente. Ver figura 2.1

2. El proyecto iRAP México Fase II, del año 2013 que consistió en la inspección de 19,700 kilómetros de carreteras de la red secundaria, en la cual se observa que la mayor parte del tramo cuenta con una clasificación de 1 y 2 estrellas. Ver figura 2.2

En estos proyectos midieron el riesgo de la infraestructura del 17% de las carreteras nacionales más de una tercera parte de todas las vías pavimentadas en el país. (Mejoras de la Seguridad Vial de la Infraestructura de un Tramo Carretero, Apartir de su Evaluación iRAP., 2015)



Figura 2.1: Clasificación por estrellas para usuarios de automóviles, proyecto iRAP México Fase I, 2012

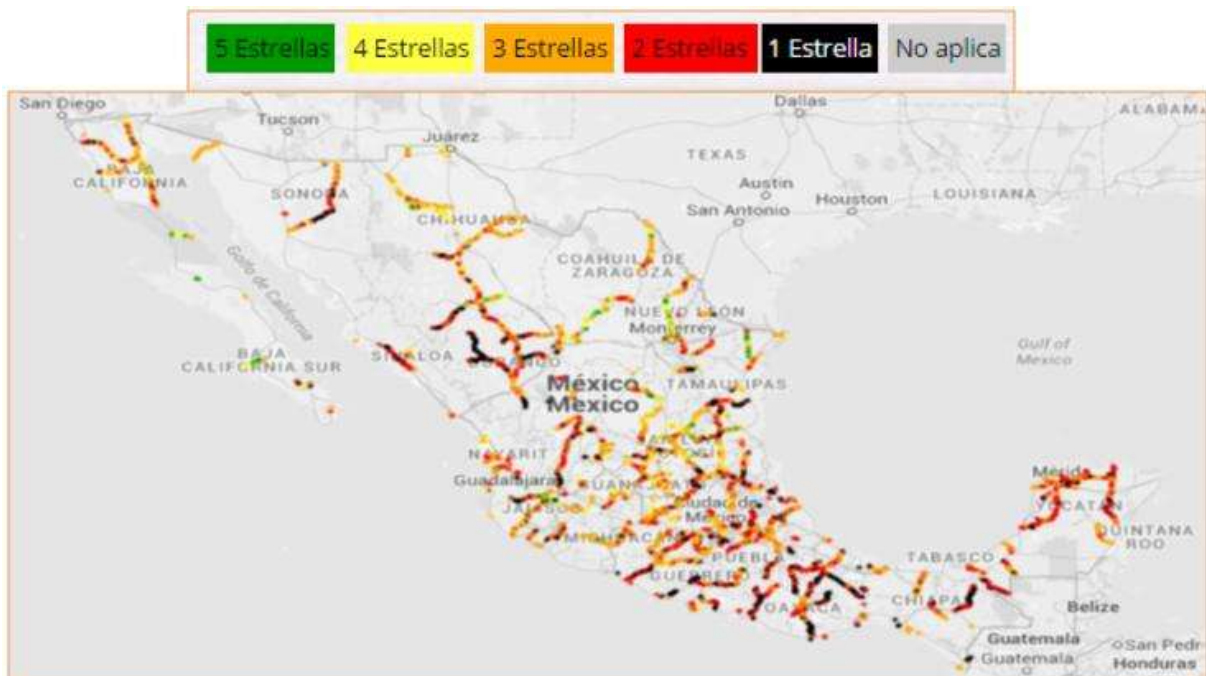


Figura 2.2: Clasificación por estrellas para usuarios de automóviles, proyecto iRAP México Fase II, 2013

## 2.1 Clasificación por Estrellas.

Para realizar la calificación por estrellas se debe hacer una inspección de los elementos de la infraestructura vial que se sabe tienen un impacto en la probabilidad de que ocurra una colisión y en su nivel de gravedad. Se otorga entre 1 a 5 estrellas dependiendo del nivel de seguridad que posee una vía, pero también se asigna un color en específico para cada cantidad de estrellas (ver figura 2.3) esto con la finalidad de hacerlo más representativo y fácil de visualizar en los mapas de clasificación por estrellas.

Las vías que cuentan con mayor seguridad tienen una calificación que va de 4 y 5 estrellas, tienen elementos de seguridad vial que son apropiados para las velocidades de tráfico actuales. Los elementos de la infraestructura vial en una carretera segura podrían incluir la separación del tráfico que viene en direcciones opuestas mediante barreras, una demarcación adecuada y diseño de intersecciones apropiado, carriles amplios, bordes de la carretera libres de peligros sin protección como postes y provisiones para ciclistas y peatones tales como vías y cruces diseñados especialmente para ellos.

Las vías que cuentan con una calificación de entre 1 y 2 estrellas se consideran como las menos seguras y no tienen elementos de seguridad vial que sean apropiados para las actuales velocidades de tráfico. Los análisis del iRAP muestran que a menudo éstas son vías de un solo carril que registran límites de velocidad relativamente altos, con curvas e intersecciones frecuentes, carriles estrechos, demarcaciones deficientes, intersecciones ocultas y peligros laterales a las vías que no se encuentran debidamente protegidos tales como árboles, postes y terraplenes empinados cercanos al borde de la vía. Es muy probable que tampoco tengan las facilidades adecuadas para ciclistas y peatones. (iRAP)



**Figura 2.3: Clasificación por estrellas**

Fuente: Elaboración propia

## 2.2 Tipos de Inspecciones Viales.

Cabe destacar que la calificación por estrellas se basa en una inspección visual detallada de los elementos que componen la infraestructura vial, para este procedimiento iRAP actualmente utiliza dos tipos de inspección, en donde el tipo de inspección a utilizar dependerá de la tecnología disponible, la complejidad de la red y el grado al cual se quiera desarrollar el proyecto.

- *Inspección visual desde el vehículo:* Para realizar este tipo de inspección se requiere de personal capacitado, quien debe registrar los elementos de la infraestructura vial a medida que el vehículo se va desplazando, utilizando un dispositivo de inspección rápido (RAP). Esta inspección es de carácter técnico se utilizan en situaciones donde la red vial no es demasiado compleja o toma mucho tiempo para transportar un vehículo que esté equipado para realizar inspecciones basadas en video.
- *Inspección basada en video:* para este tipo de inspección los datos primero se recolectan mediante un video usando un vehículo de inspección especialmente equipado (ver figura 2.4) utilizando una serie de cámaras alineadas que registran imágenes a 5-10 metros de distancia, logrando

obtener una vista panorámica ya que registra imágenes frontales, de lateral derecha y lateral izquierda de la vía. La principal vista panorámica frontal se calibra para poder realizar más adelante mediciones de los elementos clave de la infraestructura vial, el vehículo también está equipado con GPS el cual permite correlacionar las fotos con la ubicación real de la vía que se está analizando, cabe resaltar que el vehículo que realiza la medición puede desplazarse por la vía a la velocidad de operación de la misma. Posteriormente a la recopilación de información un equipo de personal capacitado (calificadores) revisan la información en escritorio donde registran todos los elementos de la vía que tienen influencia con la seguridad vial y para facilitar esta tarea utilizan un software especializado.



**Figura 2.4: Vehículo equipado para la toma de imágenes por video de la red vial**

## 2.3 Puntaje de Protección Brinda por la Vía

El puntaje de protección que brinda la vía (PPV) es una medición de la probabilidad de que ocurra una colisión y su gravedad basada en la evaluación de todos los datos de los elementos de la infraestructura que componen la vía. El PPV se generó a partir de un modelo de EuroRAP que evalúa la protección que ofrecen los elementos de la vía a los ocupantes del vehículo en caso de una colisión y a partir de un modelo de AusRAP que evalúa la protección ofrecida por la vía a los ocupantes de un vehículo y la probabilidad de que ocurra una colisión. También se toman en cuenta las investigaciones actuales sobre el riesgo relativo asociado con la infraestructura vial.

Otra característica muy importante del PPV es que puede predecir en número de muertos y lesionados graves que podrían ocurrir en una vía, lo cual ayuda a determinar cuáles son las medidas de mejoramiento necesarias que deben de aplicarse en la vía.

El PPV se elabora para cuatro tipos de usuarios (automovilistas, motociclistas, ciclistas, peatones) que son los más comunes que utilizan las vías ya que existen vías que pueden tener un buen PPV para automovilistas pero muy deficiente para ciclistas o peatones, es por esta razón que se utilizan los cuatro tipos diferentes.

El PPV de iRAP se basa en los principales tipos de colisiones para cada tipo de usuario, evaluando así la mayoría de las colisiones ocurridas en las vías, esto con la finalidad de aplicar la medida de mejoramiento adecuada para contrarrestar el efecto de la colisión.

Existen varios factores de riesgo que influyen en la probabilidad de que ocurra una colisión y en su gravedad. Estos incluyen factores conductuales, factores relacionados con el vehículo, factores de la infraestructura vial etc. iRAP se centra principalmente en los factores de riesgo de la infraestructura bajo el principio de que en caso que ocurriera un accidente vial, su gravedad pueda reducirse al proveer elementos de infraestructura que protejan a los usuarios de las vías, disminuyendo la energía cinética de la colisión a un nivel tolerable para el ser humano.

## **2.4 Identificación de Puntos de Riesgo Utilizando la Metodología iRAP.**

Los puntos de riesgo (PdR) en una carretera están sumamente ligados a los puntos de conflicto en la misma, la diferencia es que los puntos de conflicto se revelan con la frecuencia de accidentes y los PdR se pueden detectar con anticipación para realizar acciones preventivas en la red carretera y con esto evitar que sucedan los accidentes. (Poong Hung & Ramírez Culebro, 2016)

Los PdR se pueden identificar con los siguientes pasos a seguir:

1. Cuando se realiza la clasificación por estrellas de la vía se obtiene la gráfica de cadenamiento vs clasificación por estrellas, de esta grafica se identifican los puntos con mayor calificación de estrellas. Esta grafica representada por el número de estrellas brinda una escala para medir el nivel de seguridad de la infraestructura en cualquier punto de la red, todo esto es el resultado de una medición de la probabilidad de que ocurra un accidente y la gravedad del mismo, en relación a la velocidad y a los atributos de diseño de la vía que para México iRAP nos marca aproximadamente 62 elementos.
2. Después de localizar los PdR se correlaciona su cadenamiento y se analiza la calificación otorgada a cada factor de riesgo para identificar los puntos que tienen mayor calificación por estrellas y se determina la importancia que tiene el factor de riesgo evaluado en la infraestructura carretera respecto al resultado obtenido.
3. Posteriormente se realiza una auditoria de seguridad vial que puede ser mediante una visita en campo o con las imágenes de recorrido virtual, esto con la finalidad de hacer una revisión a detalle más formal.

## 2.5 Auditoria de Seguridad Vial en los Puntos de Riesgo

Se puede definir a una auditoria de seguridad vial como un examen formal de un proyecto vial de tránsito, existente o futuro, o de cualquier proyecto que tenga influencia sobre la vía, en 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 objetivo principal de utilizar la auditoria de seguridad vial en la identificación de los PdR es garantizar que los elementos de la infraestructura carretera cumplan con los criterios óptimos de seguridad vial y que las medidas de mejoramiento propuestas por la metodología iRAP sean las más apropiadas para prevenir o disminuir el riesgo de muertos y lesionados graves en la ocurrencia de un accidente, así como obtener información más precisa de su ubicación y contribuir a generar los proyectos ejecutivos de construcción, instalación y conservación (Poong Hung & Ramírez Culebro, 2016).

Para realizar una auditoría de seguridad vial se deben considerar los siguientes puntos:

1. *Geometría actual del camino.* Se deben medir y registrar como mínimo los siguientes elementos del camino: clasificación técnica de la carretera, número y ancho de los carriles existentes por sentido, ancho de acotamiento y separador central, velocidad de operación. Es importante describir las condiciones regionales de la zona del tramo en estudio.
2. *Índices de accidentabilidad.* Se debe conocer la cantidad de accidentes del tramo en estudio para poder evaluar la reducción de muertes y lesiones graves, aplicando medidas de mejoramiento basadas en la seguridad vial.
3. *Datos de tránsito.* Se recopilan los datos de tránsito promedio anual (TDPA) de los últimos cinco años así como su composición vehicular, con estos datos se calcula la tasa de crecimiento anual.

4. *Historial de los trabajos de conservación.* Se describirán los trabajos rutinarios o periódicos realizados en el tramo en estudio para valorarlos con la calificación que se le otorga a los factores superficiales de la vía.
5. *Análisis de la codificación.* Se revisa a detalle cada puntuación otorgada a cada factor de riesgo para identificar los que presenten mayor calificación, ello permitirá analizar y comparar con el recorrido efectuado.
6. *Análisis de las medidas de mejoramiento y el plan de inversión propuestos por la metodología iRAP.* El objetivo de este análisis es considerar la factibilidad de la implementación de la medida de mejoramiento propuestas, costos de implementación, ahorros en costos de accidentes y reducción de muertes y lesiones graves que resultarían con su implementación.
7. *Recorrido virtual o en campo.* Sirve de apoyo para la validación de la codificación y el análisis de factibilidad así como para la toma de decisiones de las medidas de mejoramiento a implementar.
8. *Inventario de elementos existentes.* Se debe realizar un inventario del señalamiento vertical y horizontal, así como los dispositivos de seguridad existentes en el área del punto detectado, esto ayudara a excluir dispositivos o señalamientos propuestos por iRAP para mejorar la seguridad del punto.

Para lograr contrarrestar los PdR se deberán tomar en consideración las mejores propuestas que mejor relación beneficio-costos generen con la finalidad de disminuir o eliminar el riesgo, todo esto se lograra aplicando los pasos mencionados en la auditoria de seguridad vial y el criterio del ingeniero evaluador.

Cabe destacar que existen medidas de mejoramiento y acciones de muy bajo costo y alto impacto que pueden tener un mayor beneficio considerando los muertos y lesionados graves que se pueden salvar. La metodología iRAP juega un papel esencial en la identificación de los puntos de riesgo en la red carretera, logrando así que los organismos encargados del mantenimiento y la modernización de las vías puedan contrarrestarlos para la disminución de muertos y lesionados graves durante la ocurrencia de un accidente.

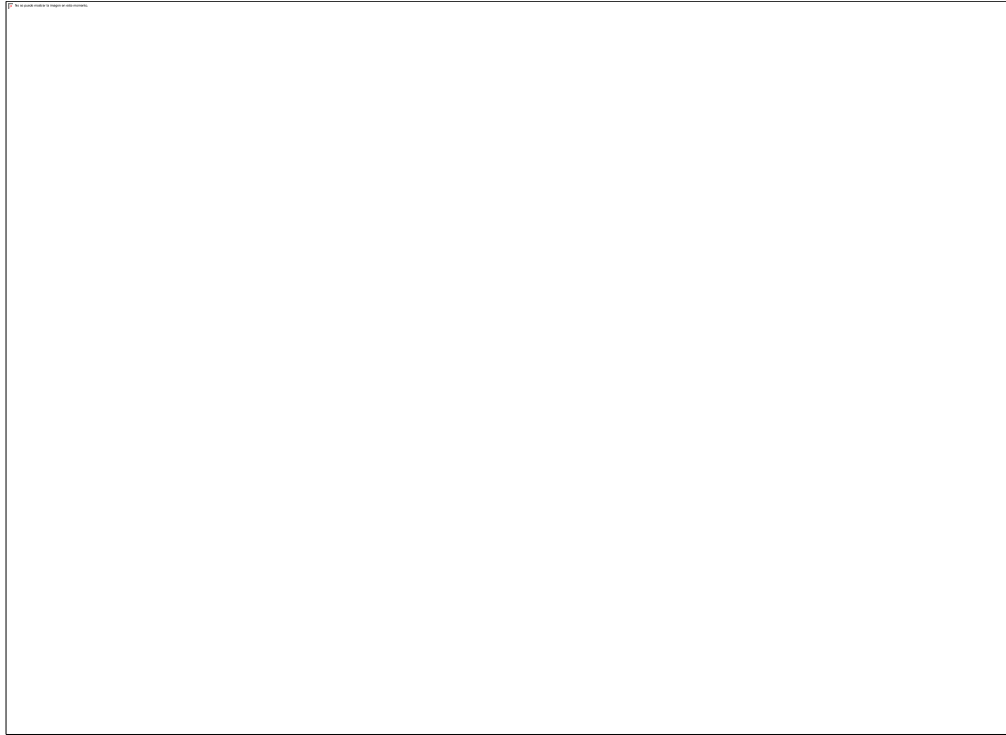
## 2.6 Auscultación Dinámica de Señalización Horizontal y Vertical.

El sistema innovador de auscultación de carreteras AMAC (Advanced Mobile Asset Collection) es un sistema dinámico, de última generación y elevada precisión que mide la retrorreflexión de la señalización vertical y horizontal generando al mismo tiempo un inventario completo de la misma. Evalúa de forma segura, rápida y efectiva el comportamiento real de las señales verticales contribuyendo a optimizar la conservación de la señalización vertical. Además de la retrorreflexión de la señalización vertical y cartelería para cada color, también mide su posición (absoluta y relativa a la vía) y dimensiones. (Advanced Mobile Asset Collection (AMAC)).

AMAC fue desarrollado por un equipo de ingenieros, físicos, psicólogos y estadísticos por Cidaut Technologies, una asociación entre los Estados Unidos DBI Servicios y Fundación CIDAUT de España.

El sistema está compuesto de tres elementos:

- El primero de ellos es el vehículo de inspección equipado con todos los sensores y elementos de adquisición de datos ver figura 2.5. Este vehículo circular en período nocturno a la velocidad de la vía y sin interrumpir el tráfico, adquiriendo todos los datos necesarios para evaluar la señalización.
- En segundo lugar y una vez concluida la inspección, se aplica sobre los datos recogidos un procesado exhaustivo de los mismos para calcular todos los parámetros necesarios. Este conjunto de herramientas de software también constituyen un desarrollo propio del sistema AMAC.
- Por último todos los resultados obtenidos se presentan en una plataforma de visualización flexible que permite analizar el estado de la señalización y analizar las acciones correspondientes en cada caso.



**Figura 2.5: Vehículo equipado para la toma de imágenes por video de la red vial**

La tecnología desarrollada permite inspeccionar las señales a la velocidad del tráfico sin provocar interrupciones en el mismo y proporciona información básica para la optimización del mantenimiento de la señalización (retroreflexión, tamaño, posición, altura). Los objetivos últimos del sistema son asegurar unos niveles de visibilidad adecuados de la señalización contribuyendo al mismo tiempo a optimizar las políticas de reemplazo y mantenimiento de la señalización.

Las ventajas de esta tecnología frente a los métodos clásicos (medida con retroreflectómetros manuales, inspecciones subjetivas o reemplazo en función de la garantía) son múltiples. En primer lugar se evita la presencia de personal en la calzada realizando mediciones con el aumento de la seguridad que esto implica. También se consigue la medida de las señales y tableros sin necesidad de cortar el tráfico en el carril correspondiente. Además, en el caso de longitudes importantes se minimiza el tiempo de inspección. Permite aportar información individualizada sobre el estado de cada señal con lo cual se puede maximizar la vida útil de la misma. De esta forma es posible abordar el reemplazo de una señal sólo cuándo es necesario.

Esta tecnología se adapta a la normativa vigente del país donde se realiza la inspección, para este caso en particular se toma como base la normativa vigente para determinar el estado de la señalización en base a los niveles mínimos de retrorreflexión y color requeridos en la NOM -034-SCT2-2011.

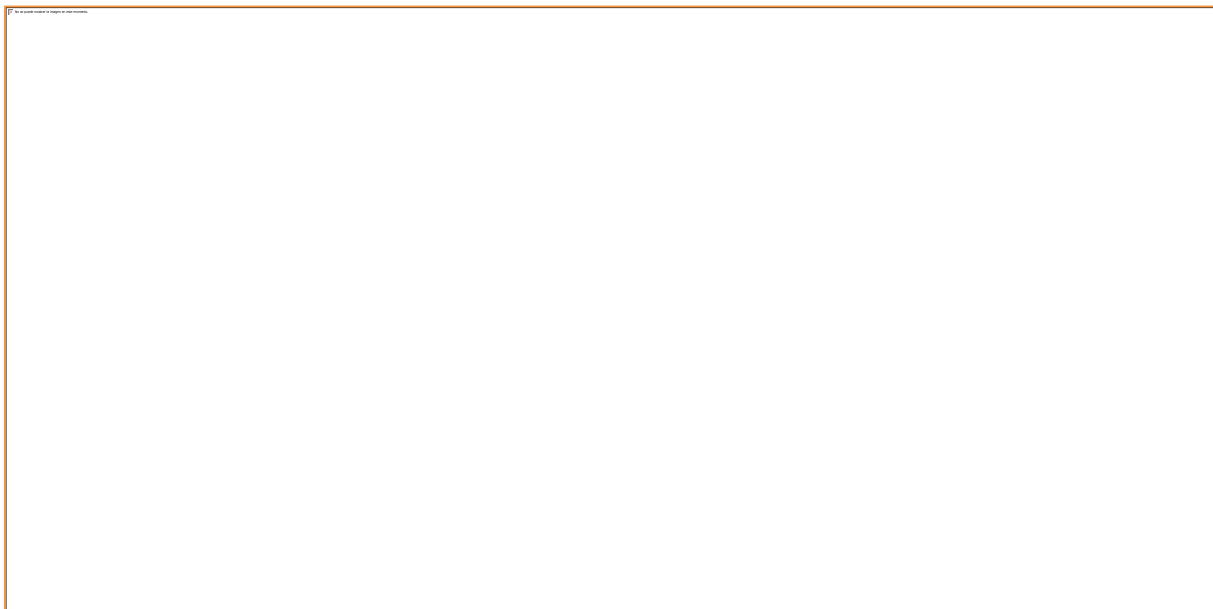
### 3. RECOPILOCIÓN DE INFORMACIÓN

En esta parte se expondrá la información necesaria para llevar a cabo el proyecto.

#### 3.1 Mapas de Clasificación por Estrellas.

En las siguientes figuras (3.1, 3.2, 3.3 y 3.4) se presenta la clasificación por estrellas para cada uno de los usuarios de la vía, para la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque, que cuenta con una longitud de 42.10 km.

En la figura 3.1 se puede observar la clasificación por estrellas que brinda la vía para ocupantes de vehículos, en donde tenemos que solo un 19% tienen 5 y 4 estrellas, un 66% para 3 y 2 estrellas, y un 15% para una estrella lo cual quiere decir que la infraestructura carretera muestra un alto grado de inseguridad para ocupantes de vehículos.



**Figura 3.1: Clasificación por estrellas para ocupantes de vehículos de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque**

Fuente: Elaboración propia con (Software VIDA de International Road Assessment Programme)

En la figura 3.2 se muestra la clasificación por estrellas para ocupantes de motocicletas en la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque, para la cual podemos observar que solo un 18% cuentan con clasificación de 5 y 4 estrellas, un 56% para clasificación de 3 y 2 estrellas y 26% para una estrella, estos porcentajes nos indican que la infraestructura de la vía cuenta con un nivel de seguridad muy bajo para ocupantes de motocicletas.



**Figura 3.2: Clasificación por estrellas para ocupantes de motocicletas, en la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque**

Fuente: elaboración propia con (Software VIDA de International Road Assessment Programme)

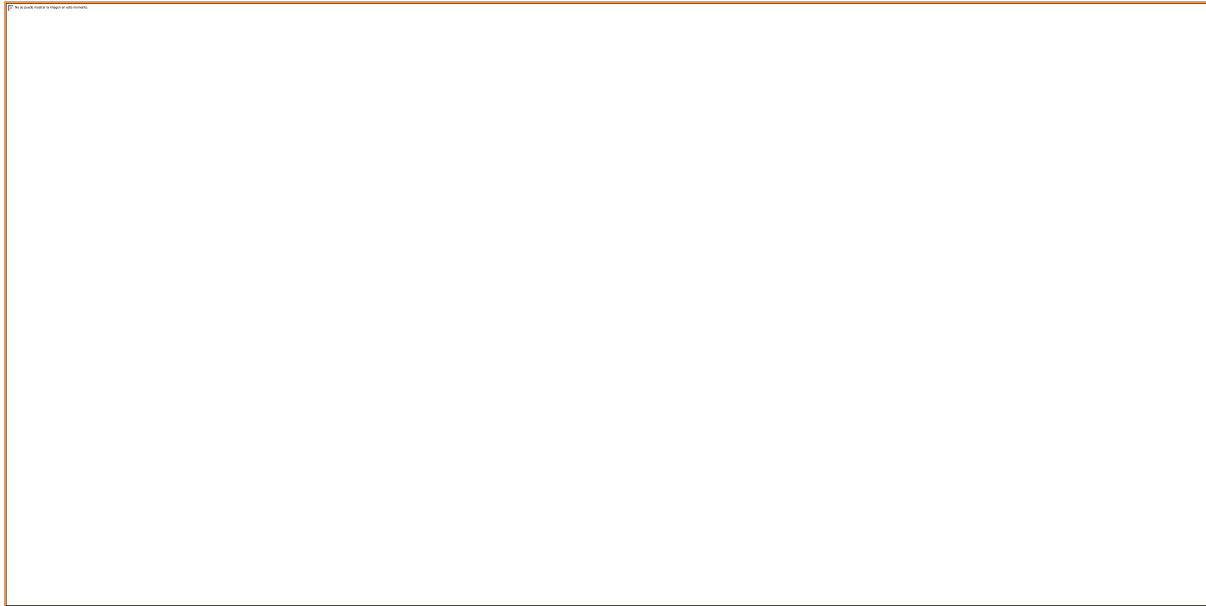
En la figura 3.3 se observa la clasificación por estrellas para ciclistas de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque, cabe destacar que en el 55% de la vía no se registró presencia de ciclistas, el 11% cuenta con una clasificación de 5 y 4 estrellas, el 26% cuenta con 3 y 2 estrellas y el 8% con una estrella, esto nos indica que la infraestructura de la vía cuenta con un nivel de riesgo muy alto para ciclistas.



**Figura 3.3: Clasificación por estrellas para ciclistas, en la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque**

Fuente: Elaboración propia con (Software VIDA de International Road Assessment Programme)

En la figura 3.4 se observa la clasificación por estrellas para peatones en la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque, la cual nos indica que un 9% para 5 y 4 estrellas, 21% para 3 y 2 estrellas, no se registró presencia de peatones en un 62% del tramo, estos datos nos están indicando que se requiere mejorar la infraestructura del tramo para brindar mejor protección a los peatones que son los usuarios más vulnerables en la vía.



**Figura 3.4: Clasificación por estrellas para peatones, en la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque**

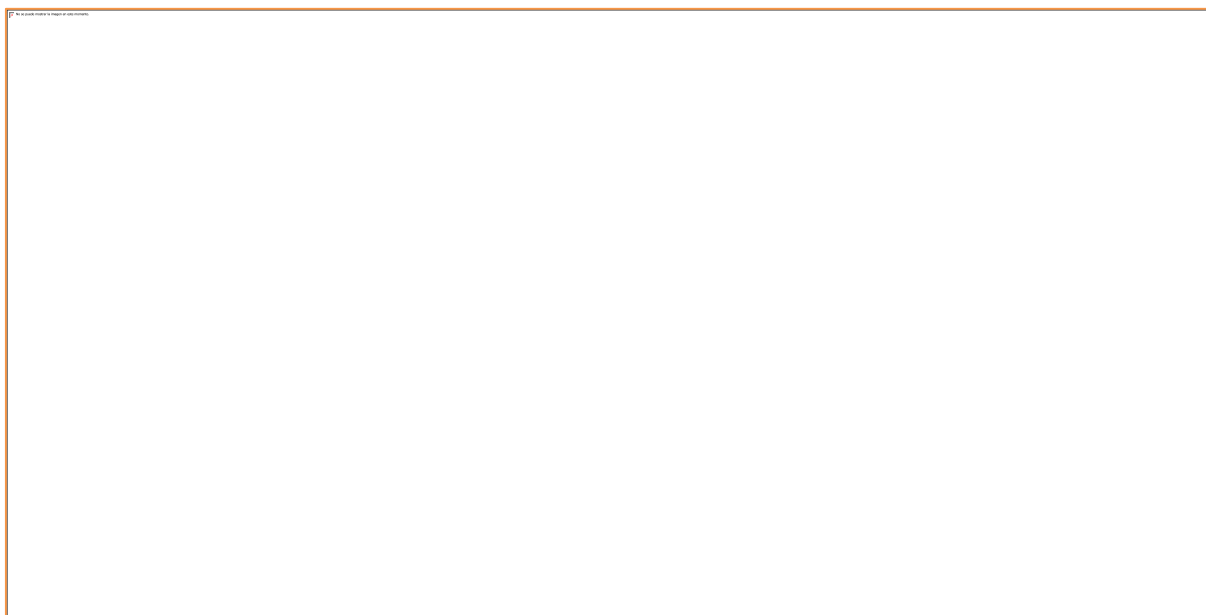
Fuente: elaboración propia con (Software VIDA de International Road Assessment Programme)

Para analizar y comprender más fácilmente los resultados de la clasificación por estrellas para la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque, se generó una tabla de resultados ver tabla 3.1, en donde se ilustra un resumen de la clasificación por cada tipo de usuario, así como las longitudes y porcentajes de la clasificación misma.

**Tabla 3.1: Resultados de la clasificación por estrellas para la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque**

Clasificación por estrellas	Ocupantes de vehículo		Motocicletas		Ciclistas		Peatones	
	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Longitud (km)	Porcentaje (%)	Longitud (km)	Porcentaje (%)
5	4.80	11	4.20	10	4.10	10	0.10	0
4	3.20	8	3.30	8	0.50	1	3.60	9
3	11.40	27	4.80	11	2.60	6	1.20	3
2	16.40	39	19.00	45	8.30	20	7.20	17
1	6.30	15	10.80	26	3.50	8	3.80	9
NA	0.00	0	0.00	0	23.10	55	26.20	62
Total	42.10	100	42.10	100	42.10	100	42.10	100

Fuente: elaboración propia de base de datos (Software VIDA de International Road Assessment Programme)

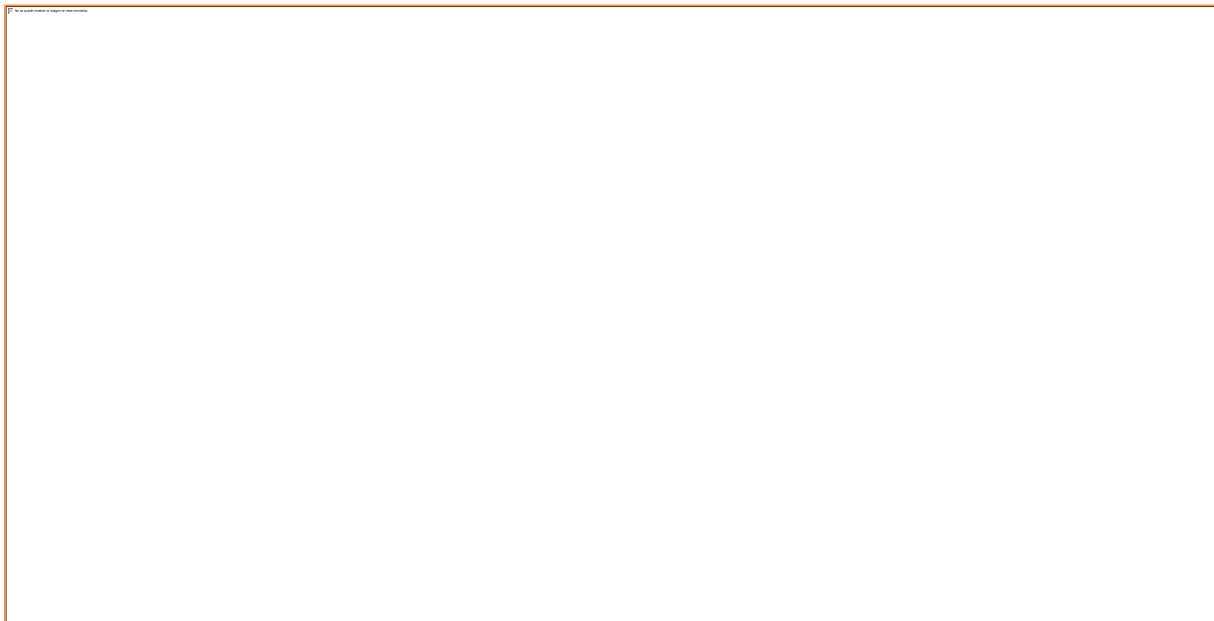


**Figura 3.5: Gráfica de resultados de la clasificación por estrellas del tramo, Manzanillo-Melaque**

Fuente: elaboración propia con (Software VIDA de International Road Assessment Programme)

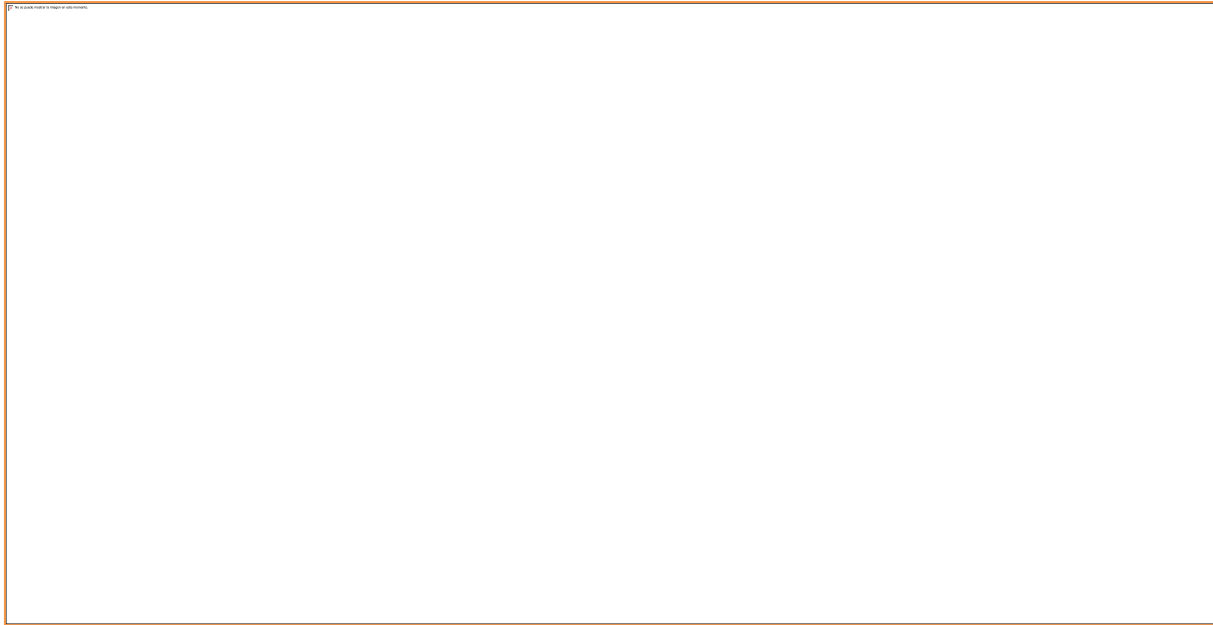
En las figuras (3.6 y 3.7) se muestran las gráficas de cadenamiento vs clasificación por estrellas de los tramos Manzanillo-Cihuatlán y Cihuatlán-Melaque, que son los dos segmentos que componen el tramo en estudio, estas graficas cuentan con algo muy peculiar que son los picos o mejor conocidos como puntos de riesgo, los cuales nos representan zonas específicas donde la infraestructura de la vía no cumple con los criterios óptimos de seguridad vial y son potenciales a ocurrencia de accidentes o en su defecto ya se están ocurriendo accidentes en esas zonas.

Este proyecto se enfoca principalmente en contrarrestar esos picos y lograr como mínimo que la vía cuente con una clasificación de 3 estrellas para lograr disminuir al máximo los muertos y lesionados graves, obteniendo una buena relación costo-beneficio para poder optimizar recursos.



**Figura 3.6: Gráfica de cadenamiento vs clasificación por estrellas del tramo Manzanillo-Cihuatlán**

Fuente: Elaboración propia con (Software VIDA de International Road Assessment Programme)



**Figura 3.7: Gráfica de cadenamiento vs clasificación por estrellas del tramo, Cihuatlán-Melaque**

Fuente: Elaboración propia con (Software VIDA de International Road Assessment Programme)

Los resultados de la Clasificación por Estrellas en el proyecto indican el nivel de riesgo de la infraestructura carretera analizada y son los planes de inversión los que identifican las medidas a implementar y mejorar dicha clasificación bajo una relación beneficio-costos, basados en la clasificación por estrellas, volúmenes de tránsito y número estimado de muertos y lesionados graves distribuidos a lo largo de la red analizada, ofreciendo una serie de medidas correctivas efectivas que tienen la finalidad de mejorar la seguridad vial, logrando así reducir la frecuencia y severidad de accidentes.

## 3.2 Plan de Inversión Para Vías más Seguras.

iRAP desarrollo cuatro protocolos que se usan de manera consistente en todo el mundo para evaluar y mejorar la seguridad de las vías.

- I. Mapas de riesgo.
- II. Clasificación por estrellas.
- III. Rastreo del desempeño.
- IV. Plan de inversión para vías más seguras.

El cuarto protocolo corresponde a él Plan de Inversión para Vías más Seguras (PIVMS) basado en la calificación por estrellas para identificar e implementar medidas de mejoramiento que proporcionen mayor seguridad a los usuarios de las vía para mejorar la clasificación por estrellas tomando en cuenta la relación costo-beneficio. Estos planes están basados en un análisis económico de todo un conjunto de medidas de mejoramiento establecidas por iRAP, dentro del cual se compara el costo de la implementación de las mismas, así como los ahorros en costos de accidentes que resultarían con su implementación. (Planes de Inversion Para Vias mas Seguras).

Los Planes de Inversión para Vías Más Seguras implican:

- Considerar las condiciones existentes de la vía.
- Estimar el número de muertes y lesiones graves que ocurren.
- Aplicar las medidas preventivas de ingeniería que han sido aprobadas.

Considerando las condiciones actuales de la vía al momento de realizar la inspección, estos planes estiman el número de Muertos y Lesionados Graves (MLGs) que ocurren a raíz de estas condiciones iniciales; dicho número se obtiene a través del número de muertes y lesiones reportados en la red vial, así como con los porcentajes reportados de muertes de ocupantes de vehículos, motociclistas, ciclistas y peatones. A su vez, estas estimaciones están vinculadas directamente a

los volúmenes de tráfico y a la actividad de peatones y ciclistas, por lo que se incluyen en los datos sin procesar recolectados durante las inspecciones de iRAP.

Realizadas estas estimaciones, se analiza el potencial de reducción de muertes y lesiones graves a través de la aplicación de medidas de ingeniería de seguridad. Para esto, iRAP ha compilado aproximadamente 90 medidas de mejoramiento en la infraestructura vial que han resultado efectivas para disminuir el riesgo. Para cada medida, se han definido una serie de “gatilladores” (o prerequisites), los cuales deben cumplirse antes de que dicha medida se considere adecuada y generalmente están en función de la clasificación por estrellas, la condición de la vía y el volumen de tránsito. El modelo del iRAP incluye más de 300 gatilladores diferentes, además de los gatilladores, el modelo emplea una serie de reglas de aplicación, las cuales buscan garantizar que las recomendaciones se encuentren alineadas con adecuadas prácticas de ingeniería. Por último las medidas están sujetas a una jerarquía, siendo la medida más completa, la que tiene prioridad sobre todas las demás. Lo anterior, garantiza que no se produzca duplicación de tratamientos que tendrían un impacto sobre el mismo elemento vial.

Una vez seleccionas las medidas de mejoramiento más apropiadas, se estiman los MLGs prevenidos bajo la suposición de que dichas medidas hayan sido implementadas, comparándolos con el estimado original de víctimas. La siguiente fase del análisis es determinar el valor económico de las medidas y garantizar que generen beneficios que excedan sus costos. (Mejoras de la Seguridad Vial de la Infraestructura de un Tramo Carretero, Apartir de su Evaluación iRAP., 2015)

**Tabla 3.2: Medidas de mejoramiento propuestas para la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque**

<b>N° de Medida</b>	<b>Medida de mejoramiento</b>	<b>Longitud/Sitio</b>
1	Colocación de barrera de orilla de corona del lado del conductor.	10.5 km
2	Implementación de barrera central en carreteras de un carril por sentido.	5.90 km
3	Bandas de alerta en acotamiento.	30.20 km
4	Colocación de barrera de orilla de acotamiento del lado del copiloto.	4.70 km
5	Eliminación de peligros (árboles, postes, estructuras) del lado del copiloto.	9.20 km
6	Eliminación de peligros (árboles, postes, estructuras) del lado del conductor.	6.00 km
7	Habilitación del tercer carril de ascenso, más barrera.	0.20 km
8	Alumbrado en intersección.	9 sitios
9	Mejorar delineación (señalamiento horizontal y vertical)	0.60 km
10	Construcción de acotamiento del lado del conductor (> 1m)	1.10 km
11	Pavimentación del acotamiento del lado del conductor mayor a 1 m.	0.70 km
12	Banda de estruendo/indicadores de alineamiento flexible en faja separadora.	0.10 km
13	Pavimentación del acotamiento del lado del copiloto hasta 1 m	0.20 km

Fuente: Elaboración propia con base en la información de iRAP-México Fase I

**Tabla 3.3: Costos y beneficios para la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque**

N° de medida	MLGs salvados por periodo de análisis	Valor presente del beneficio en seguridad (USD)	Costo estimado por periodo de análisis (USD)	Costo por MLG salvado (USD)	Relación B/C
1	85	94,852,126	21,702,803	256,485	4
2	57	64,308,040	10,711,507	186,715	6
3	47	52,959,958	2,120,902	44,892	25
4	39	44,052,790	9,595,601	244,170	5
5	25	28,069,052	1,172,880	46,840	24
6	19	20,803,963	894,240	48,184	23
7	5	5,337,176	2,124,000	446,105	3
8	5	5,336,457	397,503	83,499	13
9	3	3,266,016	69,114	23,722	47
10	3	3,787,097	645,000	190,918	6
11	2	2,677,546	806,250	337,541	3
12	0	160,794	53,540	373,252	3
13	0	339,815	120,000	395,851	3

Fuente: Elaboración propia con base en la información de iRAP-México Fase I

**Tabla 3.4: Total de Costos y beneficios para la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque**

Total de MLGs salvados por periodo de análisis	Valor presente total de los beneficios de seguridad (USD)	Total del Costo estimado por periodo de análisis (USD)	Total del Costo por MLG salvados (USD)	Relación B/C del programa
291	325,950,829	50,413,341	173,375	6

Fuente: Elaboración propia con base en la información de iRAP-México Fase I

El tramo en estudio se divide en dos sub-tramos esto con la finalidad de facilitar el análisis (Ver Tabla 3.5), se agruparon los costos y beneficios para identificar aquel que requeriría una mayor inversión, así como el que generaría mayor beneficios de acuerdo al modelo iRAP, (Ver Tabla 3.6)

**Tabla 3.5: Tramos de la carretera MEX-200 Manzanillo-Melaque**

N° de tramo	Entidad	Nombre	Km Inicial	Km Final	Long (km)
1	COL	T. Lib. Manzanillo Cuota – Lim. Edos. Col/Jal.	18+700.00	43+500.00	24,800
2	JAL	Lim. Edos. Col/Jal – T. Barra de Navidad	43+500.00	58+720.00	15,220

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.6: Costos y Beneficios por tramo de la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque**

N° de tramo	MLGs salvados por periodo de análisis	Valor presente del beneficio en seguridad (USD)	Costo estimado por periodo de análisis (USD)	Costo por MLG salvado (USD)	Relación B/C
1	160	179,261,920	28,628,484	179,021	6
2	131	146,688,909	21,784,856	166,476	7

Fuente: Elaboración propia con base en la información de iRAP-México Fase I

En la tabla 3.6 podemos observar que el tramo 1 es el que requiere de una inversión mayor y este corresponde al estado de Colima, sin embargo el tramo 2 correspondiente al estado de Jalisco presenta una relación mayor beneficio-costos.

Posteriormente al análisis se presenta una breve descripción de cada una de las medidas de mejoramiento recomendadas por la metodología iRAP, para el tramo en estudio. Dicha descripción fue obtenida a través de portal de iRAP dedicado a proveer información sobre las causas y la prevención de accidentes de tránsito. ([toolkit.irap.org](http://toolkit.irap.org)) y (Mejoras de Seguridad Vial de la Infraestructura del tramo carretero Querétaro-San Luis Potosí, a partir de su evaluación iRAP., 2015)

## **3.2.1 Diseño Geométrico de la Vía.**

### **3.2.1.1 Ampliación del ancho de carril.**

El ancho del carril influye en la seguridad, especialmente en ciertos lugares clave de la vía. Los vehículos preferentemente abarcan más de un carril en las curvas que en los tramos rectos y cuando los conductores accidentalmente (o de manera intencional) recortan la curva pueden ocurrir colisiones frontales en las curvas. La ampliación del carril en una curva puede reducir el riesgo de colisiones frontales al proveer mayor espacio para que los conductores giren sin invadir el carril contrario. De manera similar, la ampliación en los tramos rectos de las vías que tienen múltiples carriles puede disminuir las colisiones laterales. En las vías urbanas, el ancho de los carriles suele fluctuar entre 2.75 y 3.75 metros. Las vías rurales que tienen menos de 3.0 metros de ancho generalmente tienen tasas más altas de colisiones, por lo que se recomienda carriles con un ancho de 3.5 metros (excepto cuando la presencia de ciclistas indique la necesidad de carriles más anchos). Usualmente, en las zonas urbanas, es más seguro que los carriles cerca de las intersecciones que tienen semáforos sean más angostos que los carriles de alta velocidad en tramos rectos de la vía.

- a) Beneficios: Reduce las colisiones frontales y laterales, salidas de la vía. Mejora la circulación del tránsito.
- b) Recomendaciones: Este tipo de medidas pueden ser de alto costo. Los carriles con más de 3.6 metros de ancho no reducen significativamente las colisiones, un carril demasiado ancho podría usarse como dos carriles, lo cual podría aumentar los choques laterales. Debido a que la velocidad de los vehículos aumenta cuando se ensanchan las vías, solo se deben ensanchar los carriles cuando se sabe que su angostamiento genera colisiones.

Se estima que el costo de esta medida de mejoramiento va de medio a alto y su duración va de 5 a 10 años con una efectividad del 25 al 40%.



**Figura 3.8: Ampliación de ancho de carril**

### **3.2.1.2 Pavimentación del acotamiento.**

Cuando la superficie de rodamiento esta desgastada y existe presencia de agua los vehículos se patinan o se deslizan por lo tanto se producen muchas colisiones particularmente al llegar a las intersecciones o cruces peatonales. La poca resistencia al deslizamiento ocurre cuando la superficie de rodado está desgastada, cuando se ha acumulado grasa o suciedad o cuando el drenaje en la vía es deficiente. Esta baja resistencia al deslizamiento se puede tratar mediante dos opciones:

1.- Remoción del material de la superficie de la vía - por ejemplo, al cortar surcos en la superficie de rodado o al agregar sustancias químicas para que la superficie esté más áspera.

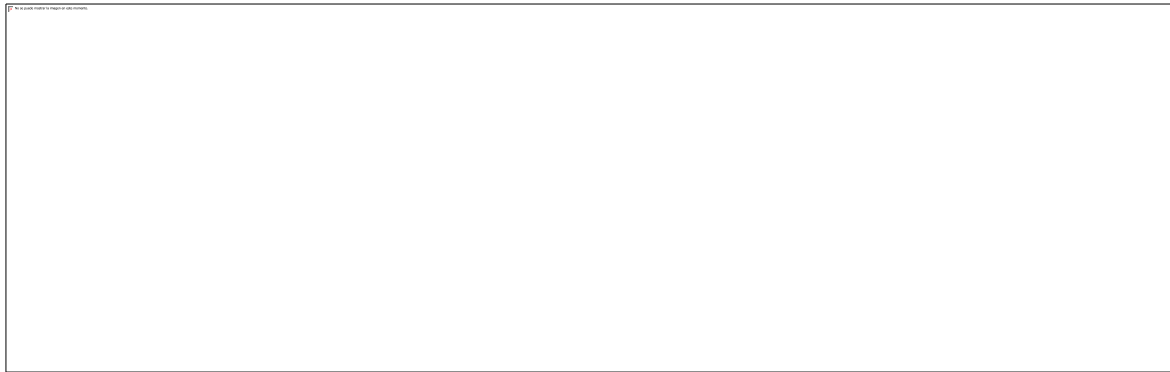
2.- Adición de material a la superficie de la vía - por ejemplo, al calentar la superficie antigua y apisonar con gravilla o cascajos, o al añadir una nueva capa de esa gravilla con un aglomerante.

a) Beneficios: Mejora la seguridad de las vías, especialmente en presencia de lluvia. Provee la oportunidad de corregir otras características como pendientes transversales, delineación con marcas, botones, entre otras.

b) Recomendaciones: Las mejoras en la repavimentación disminuirán con el paso del tiempo, especialmente en las vías que tienen un tránsito intenso de vehículos pesados y en climas tropicales. Se debe mantener la resistencia al

deslizamiento en toda la vía (incluidos los bordes) para dar seguridad a las bicicletas y a los vehículos lentos. Las señales de advertencia no se deben considerar como una solución al problema de la falta de resistencia al deslizamiento. Se pueden usar tales señales de manera temporal hasta que se encuentre una solución satisfactoria.

Se estima que el costo por implementar estas medidas de mejoramiento va de bajo a medio y la duración del tratamiento va de 5 a 10 años, la efectividad es de 25 a 40%.



**Figura 3.9: Pavimentación de acotamiento**

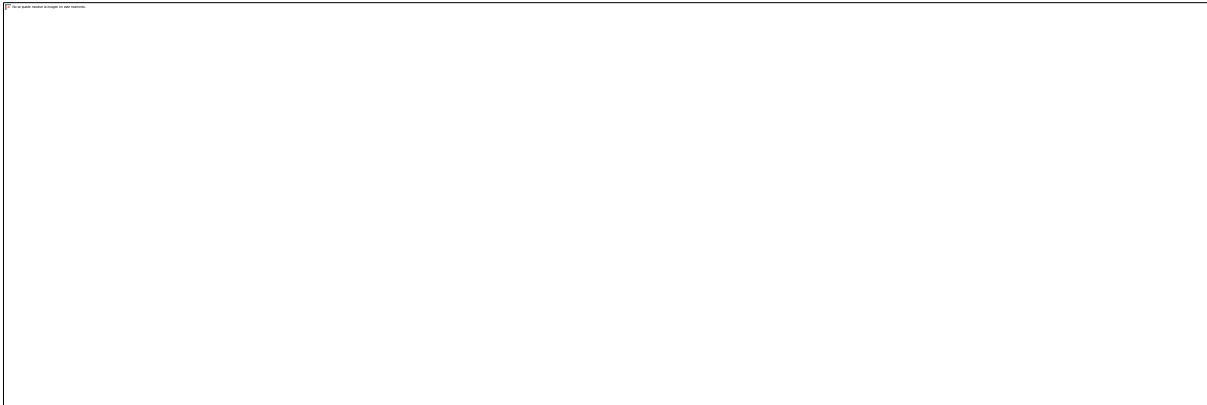
### **3.2.1.3 Mejoramiento del terraplén**

Las mejoras a los terraplenes incluyen medidas para reducir la pendiente del terraplén o talud contiguo a la calzada, así como el retiro de cualquier objeto peligroso que estuviese ubicado dentro de esa área. Las mejoras a los terraplenes reducirán la probabilidad de que un vehículo se vuelque por pérdida de control, reduciendo también su severidad. Un terraplén se considera transitable si un vehículo errante puede recuperar el control y regresar a la calzada a la vez que mantiene las ruedas en contacto con el pavimento. Si el terraplén no puede hacerse transitable y despejarse de peligros, deberá protegerse.

- a) Beneficios: Reduce la probabilidad de volcadura en una salida de la vía, así como la severidad de las lesiones. Los terraplenes más planos generalmente tienen menor probabilidad de erosionarse. El costo de brindar un terraplén transitable puede ser menor que el costo de estabilizar y mantener terraplenes con una pendiente más pronunciada.

- b) Recomendaciones: Los terraplenes deben estar libres de peligros y objetos que pudiesen causar el enganchamiento del vehículo. La provisión de terraplenes puede tener impactos en la propiedad y requerir la adquisición de terrenos extensos, así como retiro de flora, lo cual podría ocasionar erosión.

Esta medida de mejoramiento se estima que tiene un costo medio con una duración de 20 o más años y su efectividad va de 10 a 25%.



**Figura 3.10: Mejoramiento del terraplén**

#### **3.2.1.4 Remoción de obstáculos para mejorar la visibilidad.**

Una distancia de visibilidad insuficiente y una limitada visibilidad frontal pueden afectar negativamente la seguridad e incrementar el riesgo de que ocurra un choque al reducir los tiempos de reacción y las distancias de parada. Una distancia de visibilidad adecuada brinda a los conductores tiempo suficiente para identificar y reaccionar apropiadamente a todos los elementos del entorno vial, incluyendo otros usuarios y peligros de la vía. En áreas con visibilidad limitada, las líneas de visión deben ser despejadas mediante el retiro de obstrucciones o el realineamiento de la vía. Por ejemplo, el retiro de la vegetación o el recorte de un terraplén en el interior de curvas horizontales permitirán mejorar las distancias de visibilidad. Si no es posible mejorar significativamente la distancia de visibilidad, se pueden considerar opciones para controlar la velocidad o restringir el movimiento de vehículos tales como giros hacia la derecha y adelantamientos junto con las señales de advertencia anticipada.

- a) Beneficios: La distancia de visibilidad adecuada brinda el tiempo necesarios para que los conductores identifiquen el peligro y toman la acción más apropiada. Reduce los choques en intersecciones y curvas, así como los choques por alcance.
- b) Recomendaciones: Puede implicar un alto costo en caso de requerirse realineamientos en curvas horizontales o verticales. Se debe garantizar que las señales de tránsito no sean obstruidas por vegetación o estructuras. En intersecciones, a menudo se requieren líneas de visión y ángulos de visibilidad mayores respecto al punto de visión normal del usuario. Si bien se deben brindar distancias de visibilidad mínimas, en algunos casos tales como aproximaciones a las intersecciones, una visibilidad frontal excesiva puede incrementar las velocidades de aproximación y desviar la atención del conductor de las condiciones en los cruces inmediatos.

El costo de esta medida de mejoramiento se puede considerar de bajo a medio con una duración de 10 a 20 años y una efectividad del 25 al 40%.



**Figura 3.11: Remoción de obstáculos para mejorar la visibilidad**

## **3.2.2 Señalamiento Horizontal y Vertical.**

### **3.2.2.1 Bandas de alerta en acotamiento.**

Se forman comúnmente haciendo ranuras o acanalados en la superficie del pavimento. Éstas se utilizan para delinear el borde de las vías, justo en el límite donde comienza el acotamiento. Además de brindar delineación visual, las bandas alertadoras también pueden ser escuchadas y sentidas por los conductores, ya que se produce un ruido y una vibración, indicándole al conductor distraído o somnoliento que su vehículo se está empezando a salir de la vía. Las bandas alertadoras longitudinales tienen el beneficio importante de permanecer visibles incluso cuando la superficie de rodado está húmeda y es difícil ver las demarcaciones de borde pintadas.

- a) Beneficios: Reducen los choques frontales y las salidas del camino. Mejoran la visibilidad de las demarcaciones del acotamiento. Reducen los accidentes cuya causa es la fatiga del conductor. Advierten anticipadamente de un peligro.
- b) Recomendaciones: Pueden resultar peligrosas para los ciclistas y los motociclistas. Deberán permitir el drenaje de la superficie de la vía. No deberán utilizarse cerca de zonas urbanas debido al ruido que ocasionan. Preferentemente el acotamiento deberá ser mínimo de 1 metro de ancho.

El costo por la implementación de esta medida de mejoramiento se considera bajo y su duración va de 1 a 5 años con una efectividad de 10 a 25%.



**Figura 3.12: Bandas de alerta en acotamientos**

### **3.2.2.2 Mejoramiento del señalamiento horizontal y vertical.**

El señalamiento ayuda a los conductores a juzgar su posición en la vía y los orientan sobre las condiciones que se aproximan. Estas medidas son particularmente útiles en casos en que la visibilidad es deficiente. Existen muchos tratamientos de delineación disponibles y estos deben usarse de manera consistente a lo largo de una vía. Algunos ejemplos de tratamientos de delineación incluyen las demarcaciones pintadas sobre el pavimento, las cuales separan los sentidos de circulación, así como limitan el borde las vías, evitando así que los conductores se desvíen saliéndose de su carril o inclusive del camino. A su vez, los postes indicadores ayudan al usuario a mostrar el alineamiento de la vía más adelante, especialmente en curvas verticales y horizontales. Estos no deberían constituir un peligro al costado de la vía y deberían estar hechos de material ligero, frágil y durable. Por último, el señalamiento vertical sirve para advertir a los conductores de la naturaleza de un peligro que se aproxima, incluyendo los límites de velocidad sugeridos para circular por zonas peligrosas.

- a) Beneficios: Reduce los choques frontales y salidas de la vía. Reduce el deterioro del pavimento del acotamiento causado por vehículos.
- b) Recomendaciones: El exceso de señales podría confundir a los conductores. El señalamiento tiene que ser consistente en toda una vía o red vial. Es importante considerar el uso de señales retroreflectivas para la operación del tránsito durante la noche y en condiciones húmedas.

El costo por implementar esta medida de mejoramiento es bajo con una duración de 1 a 5 años y su efectividad va de 10 al 25%.



**Figura 3.13: Señalamiento horizontal y vertical**

### **3.2.2.3 Señalamientos en Intersecciones.**

Se requiere que las intersecciones estén delineadas de manera clara para informar a los usuarios que hay una intersección y para proveer información sobre los tipos de maniobras que pueden ejecutarse en ella. De esta manera, se evita que los usuarios choquen contra otros vehículos o usuarios de las vías, a menudo a alta velocidad. Una delineación inadecuada podría ocasionar que los usuarios de las vías frenen a destiempo cuando desean detenerse o cuando desean realizar un giro. Se pueden remediar de manera fácil y a bajo costo las deficiencias en la demarcación, también se pueden colocar señales anticipadas de advertencia a los conductores sobre la proximidad de la intersección. También se debe considerar mejorar el alumbrado público en esos lugares.

- a) **Beneficios:** Reduce los choques en intersecciones. Reduce la velocidad. Las islas medianeras pueden funcionar como una isla de refugio para los peatones que cruzan la vía, lo que reduce la posibilidad de colisiones de los peatones y de los vehículos.
- b) **Recomendaciones:** Se debe eliminar completamente la delineación anterior. Se deben colocar señalamiento de advertencia a suficiente distancia para asegurar que los automovilistas tengan tiempo de tomar la decisión correcta.

Esta medida de mejoramiento se considera de bajo costo con una duración que va de 1 a 5 años y una efectividad de 10 a 25%.



**Figura 3.14: Señalamiento en intersecciones**

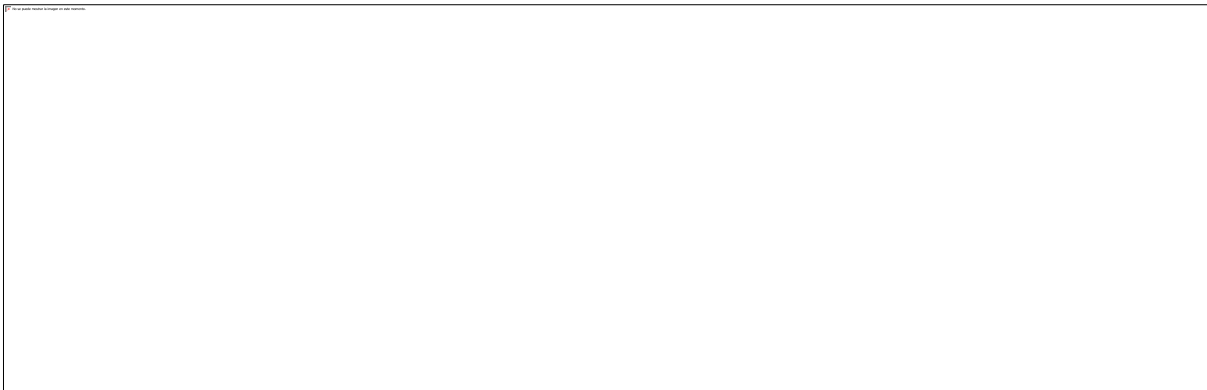
#### **3.2.2.4 Alumbrado público.**

Un poste de luz es una fuente de luz elevada que suele montarse en una columna o poste ya sea en el lado de la vía o en la faja separadora central, o suspendida en un cable por encima de la vía para proporcionar iluminación. Las luces en la mitad del tramo carretero permite ver determinadas características de la vía, como el alineamiento, los bordes, veredas, mobiliario urbano, estado de la superficie, así como otros usuarios de la carretera y objetos que pueden afectar el tráfico vehicular y peatonal, las áreas que se benefician con la instalación de alumbrado en la mitad de la cuadra incluyen a las vías de acceso, áreas de empalme, carriles de divergencia y lugares con altos niveles de iluminación de fondo o gran volumen de tráfico nocturno. El alumbrado público en las intersecciones puede reducir las colisiones nocturnas al hacer visible las características de la intersección tanto para el tráfico vehicular como peatonal, también ayuda a la navegación y facilita que los conductores vean la vía transversal, el tráfico contrario, las colas de tráfico y a otros usuarios de la vía. Siempre se debe procurar que haya iluminación en las intersecciones señalizadas. Se recomienda al menos una luminaria en cada una de las vías del cruce para ayudar a que el tráfico proveniente de las vías secundarias identifique la intersección. La provisión de alumbrado público en los cruces peatonales ayudará a que tanto el cruce como los peatones que lo usan sean visibles para los automovilistas que se aproximan al cruce, también puede ayudar a

que los peatones localicen puntos de cruce seguros y detecten potenciales peligros nocturnos. Este tratamiento ha demostrado que reduce el número de colisiones peatonales y también puede ayudar a disuadir la delincuencia en las calles.

- a) Beneficios: Reduce las colisiones nocturnas al mejorar la visibilidad. Reduce aproximadamente 50% de las colisiones peatonales. Ayudan a la navegación. Mejora la sensación de seguridad de las personas y reduce la delincuencia. Puede reducir el resplandor de los faros de los vehículos.
- b) Recomendaciones: Los postes pueden constituir un obstáculo peligroso al lado de la vía, por lo que se podrán proteger con barreras de seguridad. Asegurar el espaciamiento adecuado entre los postes de luz para evitar que haya tramos sin iluminar. Se podrían considerar paneles solares como una fuente alternativa de energía.

Esta medida de mejoramiento se considera que tiene un costo medio con una duración de 10 a 20 años y su efectividad va de 10 al 25%.



**Figura 3.15: Alumbrado público en carreteras e intersecciones**

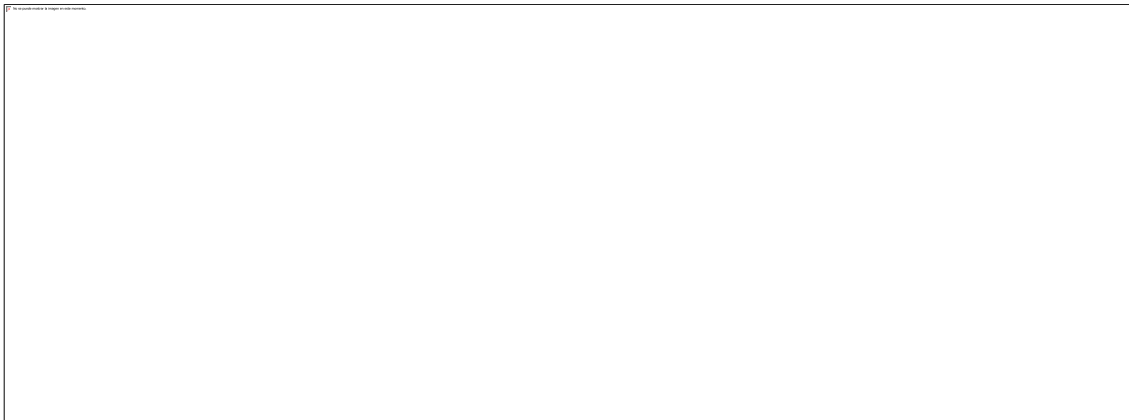
### **3.2.2.5 Advertencia en zona escolar.**

Las zonas escolares son áreas en los alrededores de las escuelas y otros establecimientos educativos donde es probable que haya un alto número de escolares y peatones jóvenes presentes. Las zonas escolares con frecuencia incorporarán límites de velocidad reducidos para ciertas horas del día. Es deseable que las zonas escolares tengan señales de tránsito (que a menudo incorporan luces

destellantes para hacerlas más llamativas) y demarcaciones apropiadas para que los automovilistas sean alertados de la presencia de usuarios vulnerables.

- a) Beneficios: Reducen el riesgo para los peatones. Reducen las velocidades de operación por lo que reducen la severidad de las lesiones.
- b) Recomendaciones: Las señales de tránsito y las demarcaciones en las vías deben ser lo suficientemente claras como para que los automovilistas sepan que han ingresado a una zona escolar. Las horas de operación y cualquier cambio en el límite de velocidad deben estar claramente señalizados. Se debe considerar cuidadosamente la provisión de estacionamientos dentro de las zonas escolares con distancias de visibilidad adecuadas en los cruces peatonales.

Esta medida de mejoramiento se considera que tiene un costo de bajo a medio con una duración de 5 a 10 años y una efectividad de 10 a 25%.



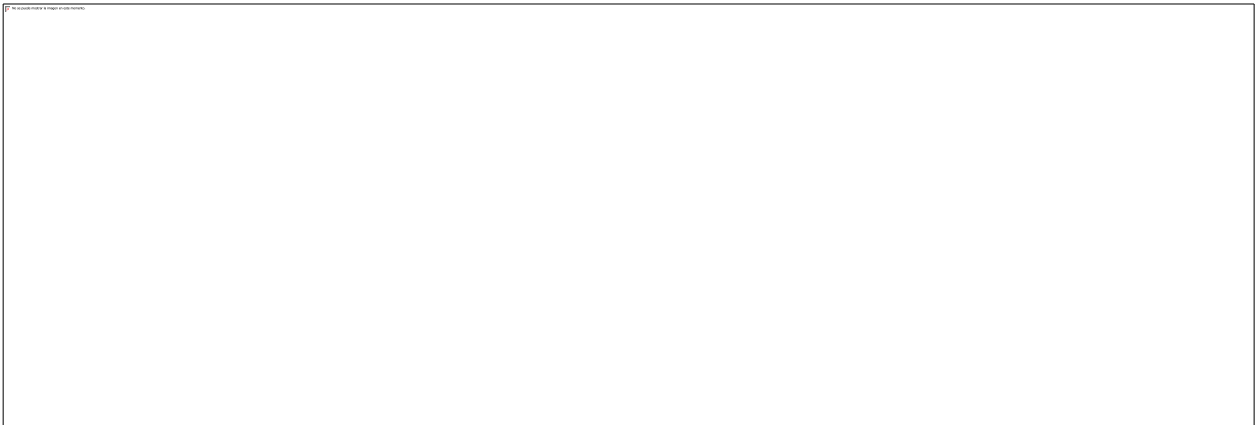
**Figura 3.16: Señalización de zona escolar**

### **3.2.3 Retrorreflexión del Señalamiento Horizontal y Vertical.**

Las películas retroreflejantes son aquellas películas plásticas flexibles y autoadheribles que tienen la capacidad de retrorreflexión, es decir, la propiedad de reflejar la luz que incide sobre ellas predominantemente en dirección a la fuente luminosa, se utiliza en las vialidades como parte integral del señalamiento vertical, así como en algunos elementos del señalamiento horizontal.

La retroreflexión es producida por partículas que forman parte integral de la película, normalmente son microesferas de vidrio o microprismas de policarbonato no metalizado.

- a) Beneficios: una reflectividad adecuada en la señalización de una carretera aumenta su nivel de seguridad y la comodidad de conducción en la misma, minimiza la fatiga y el cansancio del conductor.
- b) Recomendaciones: es importante que las señales estén colocadas de forma adecuada y no estén cubiertas por vegetación u otros obstáculos que puedan afectar su reflectividad.



**Figura 3.17: Reflectividad en señalización de carreteras**

## **3.2.4 Barreras de Seguridad y Zonas Laterales.**

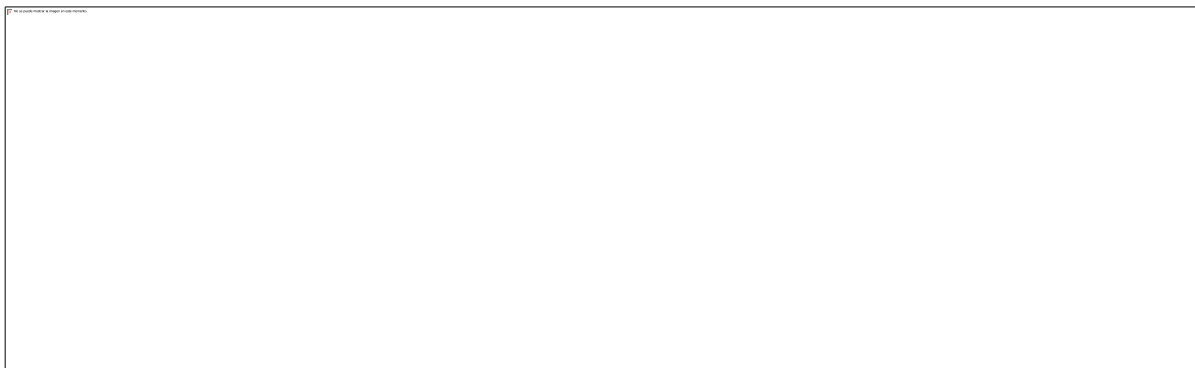
### **3.2.4.1 Implementación de barrera central.**

Las barreras en la faja separadora central separan físicamente los flujos que vienen en sentido contrario y ayudan a detener vehículos que viajan en los carriles de sentido contrario. A menudo se utilizan en vías multicarril donde se pueden utilizar para evitar que los peatones crucen la vía en lugares poco seguros. También se pueden utilizar para limitar las opciones de giro para vehículos y desviar estos movimientos a lugares más seguros. Este tipo de barreras se pueden fabricar de una variedad de materiales incluyendo concreto, acero y cables. Las decisiones sobre el tipo de barrera en la faja separadora central que se deben utilizar deben basarse en

diversos factores, incluyendo el volumen del tránsito, velocidad del tránsito, parque vehicular, ancho de la faja separadora central, número de carriles, alineamiento de la vía, estadística de accidentalidad, costos de instalación y mantenimiento.

- c) Beneficios: Reduce las colisiones frontales. Desvía los movimientos de retorno o giro a lugares más seguros.
- d) Recomendaciones: Los extremos de las barreras deberán estar bien diseñados a fin de que no constituyan un riesgo para la seguridad de los usuarios. Deberán contar con reflejantes en sus costados.

Esta medida de mejoramiento se considera que tiene un costo que va de medio a alto y su duración es de 10 a 20 años con una efectividad del 60% o más.



**Figura 3.18: Barrera central en carreteras**

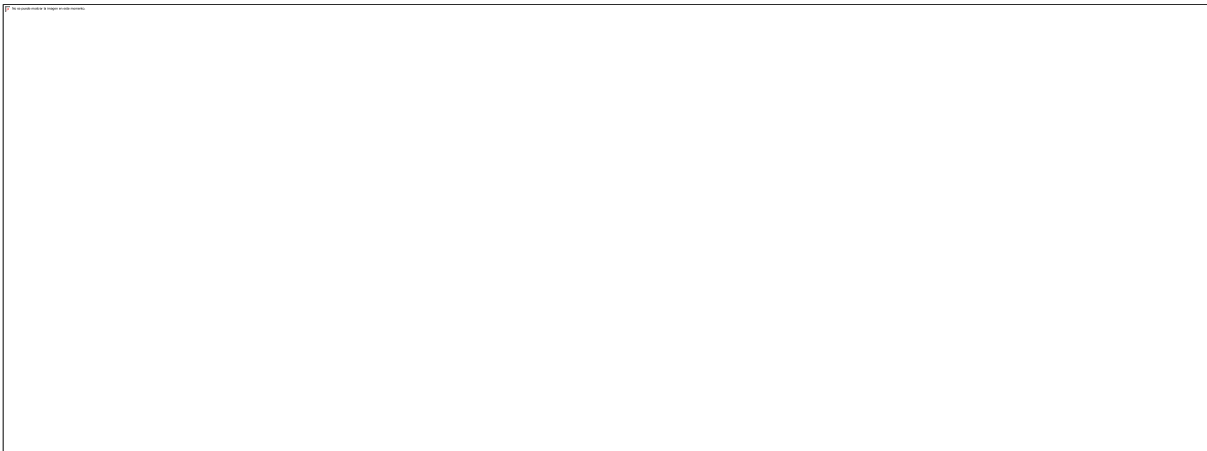
### **3.2.4.2 Implementación de barrera lateral.**

Se usan barreras de seguridad para evitar que los vehículos fuera de control salgan de la vía y colisionen contra obstáculos peligrosos a los costados de la vía, o se vuelquen por un cambio de pendiente. Están diseñadas para absorber el impacto de las colisiones de manera que minimicen las lesiones. Las barreras flexibles generalmente se hacen con cables que se tienden entre postes removibles, éstas son la mejor opción para minimizar lesiones. Las barreras semirrígidas suelen hacerse con vigas de acero, éstas tienen menos deflexión que las barreras flexibles, por lo que se pueden colocar más cerca del peligro cuando el espacio es limitado. Por último, las barreras rígidas con frecuencia se hacen de concreto y no tienen

deflexión, éstas deberán ser usadas sólo cuando no debe haber deflexión por una barrera semirrígida o flexible.

- a) Beneficios: Minimiza la gravedad de la lesión resultante de una colisión contra algún objeto fijo fuera de la vía.
- b) Recomendaciones: Sólo se deberán utilizar cuando el peligro lateral existente no pueda ser eliminado. Se deberán diseñar terminales de las barreras de manera adecuada y que no constituyan un riesgo para los usuarios. Los daños menores en las barreras pueden reducir sus beneficios si no se reparan debidamente. Algunas barreras pueden constituir un peligro para motociclistas.

Se considera que esta medida de mejoramiento tiene un costo medio y su duración va de 10 a 20 años con una efectividad del 40 a 60%.



**Figura 3.19: Barrera lateral en carreteras**

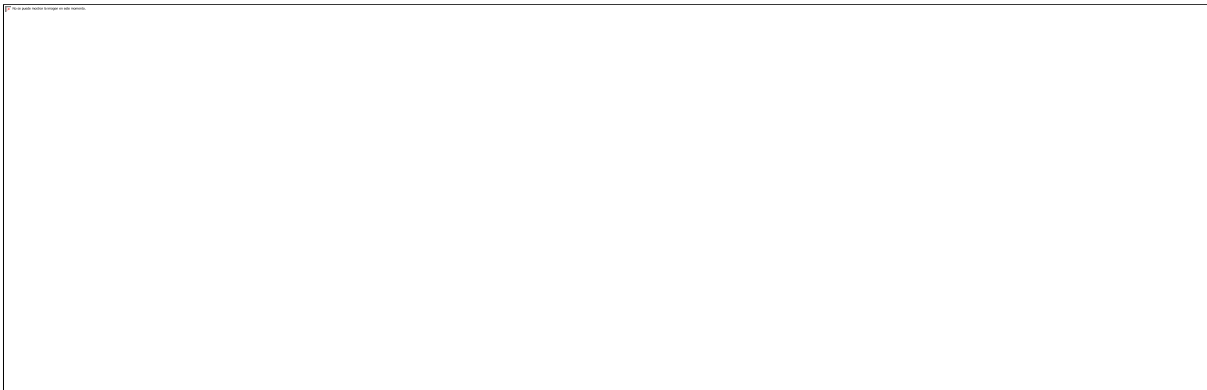
### **3.2.4.3 Eliminación de peligros.**

Los obstáculos peligrosos en los costados de la vía son un problema serio para la seguridad vial y estos pueden incluir árboles, formaciones rocosas, postes de luz, señalamiento, estructuras, precipicios, taludes, entre otros. En la medida de lo posible se deben eliminar los peligros laterales a la vía. De no poder eliminarse, se podrán reemplazar por equipos (postes de luz y de señalización) que están

diseñados para colapsar al ser impactados. En otros casos, la vía puede ser realineada o se pueden proteger los peligros laterales con barreras de seguridad.

- a) **Beneficios:** Reduce la gravedad de las colisiones por salida de la vía. Reduce los costos de reparación del mobiliario vial asociado con el daño causado por las colisiones.
- b) **Recomendaciones:** No siempre es posible retirar, reemplazar o colocar barreras alrededor de los peligros laterales a la vía, en particular en áreas urbanas donde el espacio es limitado, por lo que la reducción de velocidad se convierte en una solución alternativa.

Se considera que esta medida de mejoramiento tiene un costo que va de bajo a medio con una duración que va de 5 a 10 años y su efectividad es de 25 a 40%.



**Figura 3.20: Obstáculos peligrosos al costado de la vía**

## **3.2.5 Control de Velocidad.**

### **3.2.5.1 Infraestructura para disminuir la velocidad.**

Las técnicas de control de la velocidad tienen el propósito de persuadir a los conductores para que adopten límites de velocidad seguros, estas técnicas incluyen acciones de cumplimiento por parte de la policía, educación del conductor, límites de

velocidad y tratamientos de ingeniería. Dentro de los tratamientos de ingeniería que pueden ser aplicados a la infraestructura se encuentran los topes o plataformas elevadas, las cuales son estructuras elevadas de bajo perfil en la vía para calmar la velocidad de los vehículos, especialmente en áreas urbanas y en lugares donde podría haber presencia de peatones. A su vez, existe la implementación de rayas logarítmicas, las cuales son demarcaciones transversales sobre el pavimento que advierten a los conductores que van excedidos en su velocidad. Los cambios de paisaje también nos indican que se está cruzando un umbral.

- a) Beneficios: Reduce la gravedad de todo tipo de colisiones, así como la probabilidad de ocurrencia de accidentes de tránsito.
- b) Recomendaciones: La velocidad de operación y el límite de velocidad establecido deberán ser tomados en cuenta al momento de elegir la solución más apropiada. Algunos tipos de tratamientos pueden actuar como peligros al costado de la vía.

Esta medida de mejoramiento se considera que tiene un costo medio con una duración que va de 5 a 10 años y una efectividad del 25 al 40%.



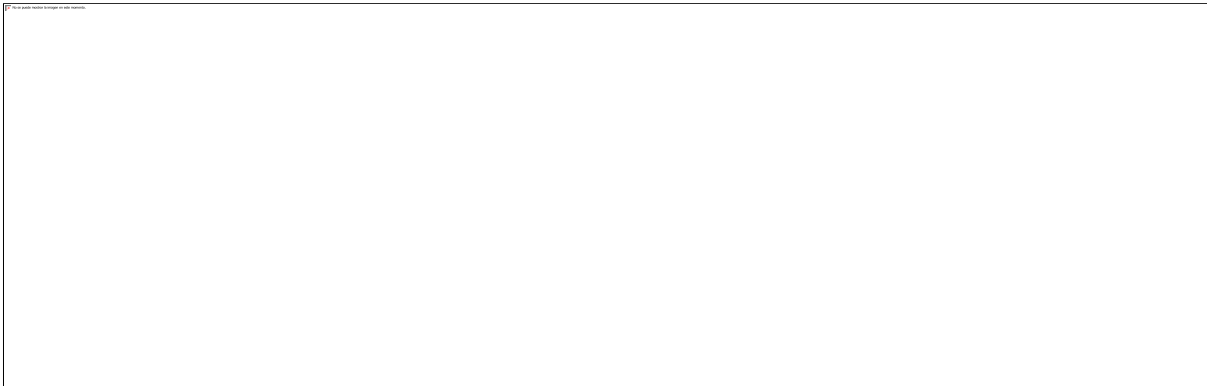
**Figura 3.21: Reductores de velocidad**

## 3.2.6 Infraestructura para Usuarios Vulnerables.

### 3.2.6.1 Cerca para contener peatones/valla peatonal

Las vallas peatonales o cercas para contener a los peatones, se pueden usar al lado de una vía o dentro de la faja separadora central para restringir el acceso peatonal a la calzada y reducir el conflicto entre vehículos motorizados y peatones. Las vallas a menudo se utilizan para dirigir a los peatones hacia cruces más seguros.

- a) Beneficios: Brindan orientación a los peatones. Previene físicamente el acceso peatonal a la calzada, así como el vehicular en zonas peatonales.
- b) Recomendaciones: Las vallas no deberán obstruir la visión de los conductores respecto a los peatones. Deberán estar diseñadas para soportar posibles impactos de los vehículos.



**Figura 3.22: Vallas peatonales**

### 3.3 Accidentalidad de la Zona.

Una forma clara para poder identificar la problemática de seguridad vial en una carretera es conociendo su accidentalidad, partiendo de esta premisa se pueden buscar las soluciones más óptimas para mejorar la seguridad de sus usuarios. Esta información se puede obtener de la base de datos de accidentes del Instituto Mexicano del Transporte (Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales) que se publican cada año. Para este caso de estudio en particular se tomó el análisis de cinco años que fueron del 2010 al 2014.

El análisis se presenta en la tabla 3.7 donde nos presenta en la primera columna los años que se tomaron para el análisis, en la segunda columna de la tabla podemos observar el tránsito diario promedio anual del tramo en estudio, para este se tomó la información de la página de internet (Datos Viales 2010-2014. Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) De la cual se obtuvo un promedio ponderado por año del tránsito diario promedio anual del tramo en estudio, en la columna tres nos muestra los accidentes por cada año en los cuales se puede observar que para el año 2011 se tuvo un pequeño aumento pero a partir de este se observa un comportamiento estable que decrece para el año 2014, en la cuarta columna se tienen los muertos por cada año analizado cabe destacar que los muertos que se registran son únicamente los que perecen en el lugar del accidente, es decir que no existe un seguimiento para poder obtener el número real de muertos ocasionado por los accidentes ya que por el efecto de los mismos muchas personas mueren en los hospitales o camino a ellos, también podemos apreciar en esta columna que el año 2011 fue el que tuvo la mayor cantidad de muertos sin embargo han decrecido para el año 2014 donde se registraron cero muertes, en la quinta columna tenemos los lesionados por cada año donde al igual que en las columnas anteriores en el año 2011 fue donde se registró el mayor número con una tendencia decreciente para el 2014, en la sexta columna se tienen los daños materiales en miles de dólares (USD) por año que son los daños económicos causados por los accidentes donde se observa que en los años 2011 y 2013 fue cuando se obtuvo un mayor gasto, el cual disminuyo notablemente para el año 2014, la última columna de la tabla nos

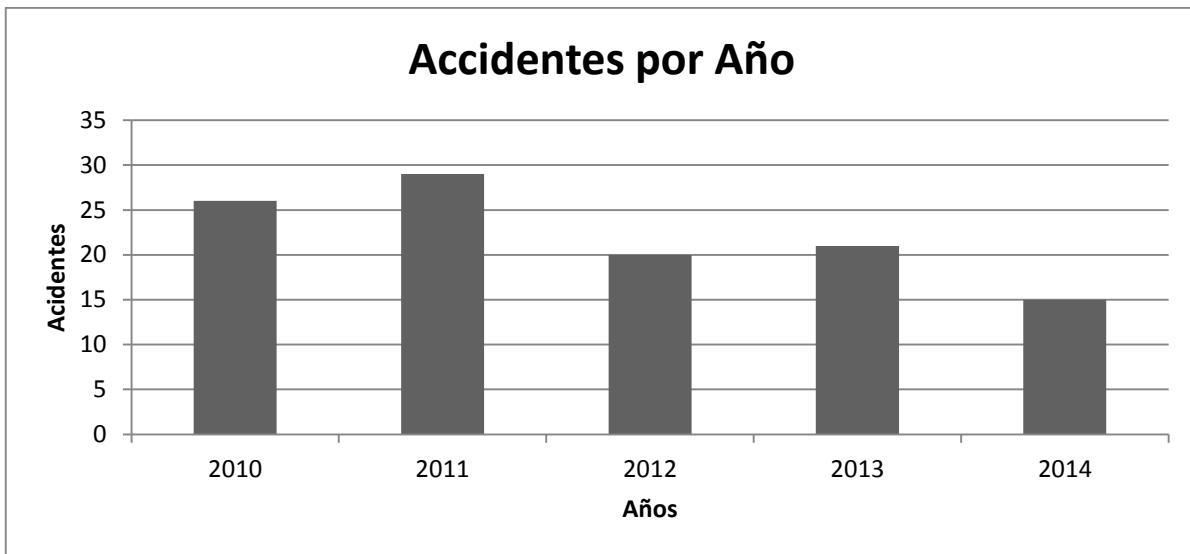
representa la cantidad de accidentes por kilómetro de cada año los cuales se obtienen dividiendo la longitud del tramo entre la cantidad de accidentes registrados en el mismo y los resultados nos muestran un promedio de los accidentes por cada kilómetro del tramo.

**Tabla 3.7: Evolución histórica del TDPA e índice de accidentalidad de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque**

ACCIDENTALIDAD DE LA CARRETERA MEX-200 EN EL TRAMO MANZANILLO-MELAQUE.						
Año	Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)	Accidentes	Muertos	Lesionados	Daños Materiales en (miles de USD)	Accidentes por Kilometro
2010	8161	26	1	28	43.58	0.65
2011	9539	29	9	38	83.08	0.72
2012	9981	20	2	29	48.38	0.5
2013	10159	21	5	28	52.84	0.52
2014	10373	15	0	15	35.16	0.37
	TOTAL	111	17	138	263.04	2.76

Fuente: Elaboración propia con información del IMT

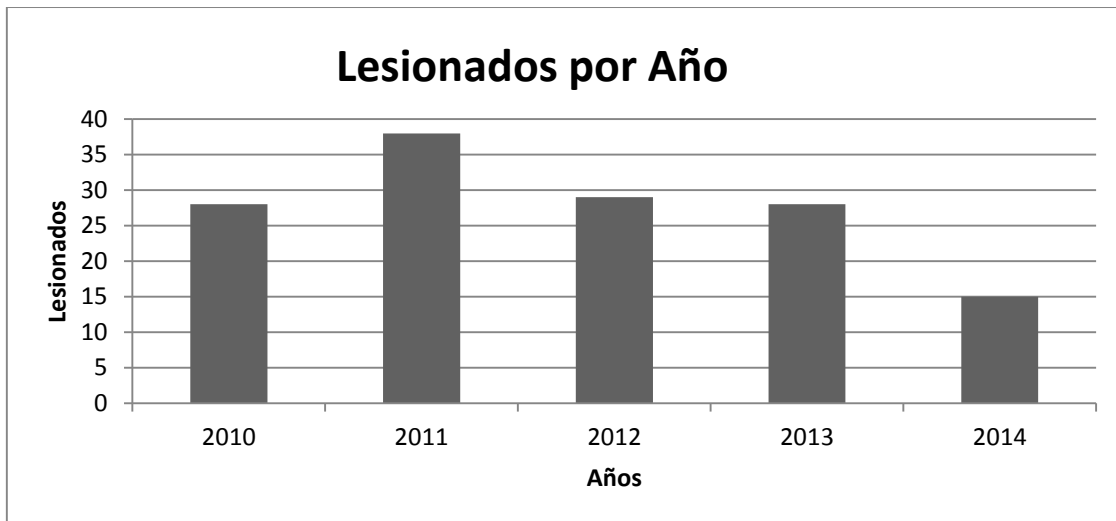
En la figura 3.23 podemos observar de una forma más clara y representativa el comportamiento de los accidentes durante los cinco años para los cuales se realizó el análisis y tenemos que el año más crítico fue el 2011 donde se registró la mayor cantidad de accidentes lo cual se ha ido normalizando y tendiendo a decrecer para el año 2014 donde se registra la mínima cantidad de accidentes de los cinco años analizados del tramo en estudio.



**Figura 3.23: Índice de accidentalidad en la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque**

Fuente: Elaboración propia

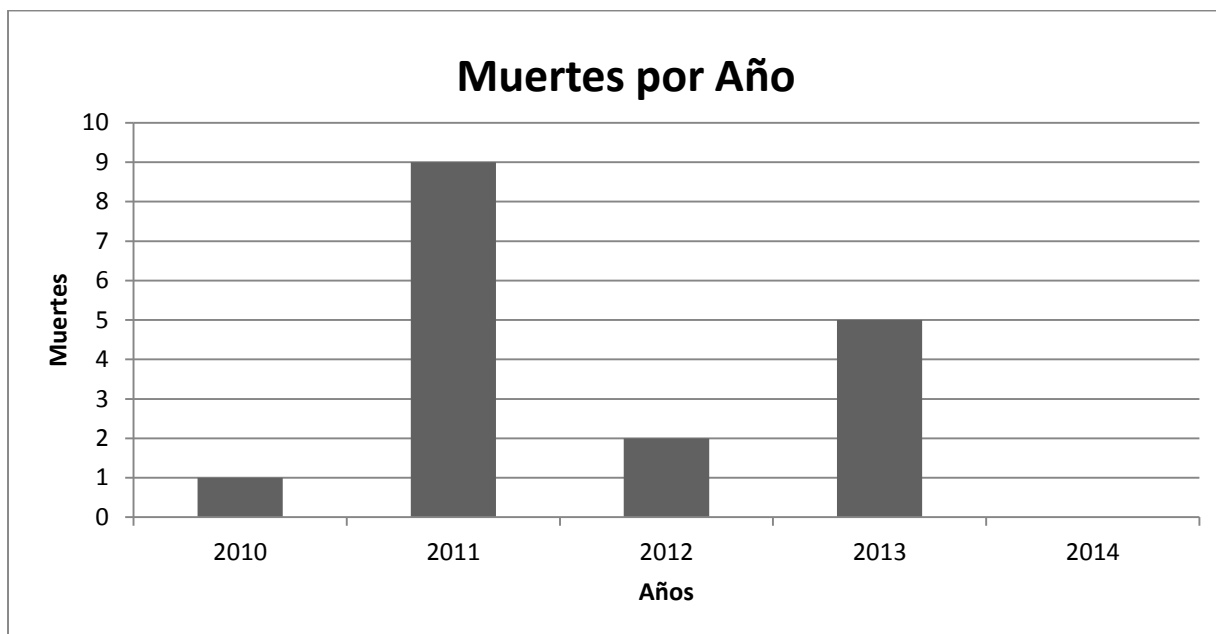
La figura 3.24 es la representación gráfica de los lesionados por año en donde podemos observar que en el año 2011 fue cuando se tuvo la mayor cantidad de lesionados los cuales tienen un decremento notable para el año 2014 el cual presenta la menor cantidad de lesiones de los cinco años analizados.



**Figura 3.24: Índice de lesionados en la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque**

Fuente: Elaboración propia

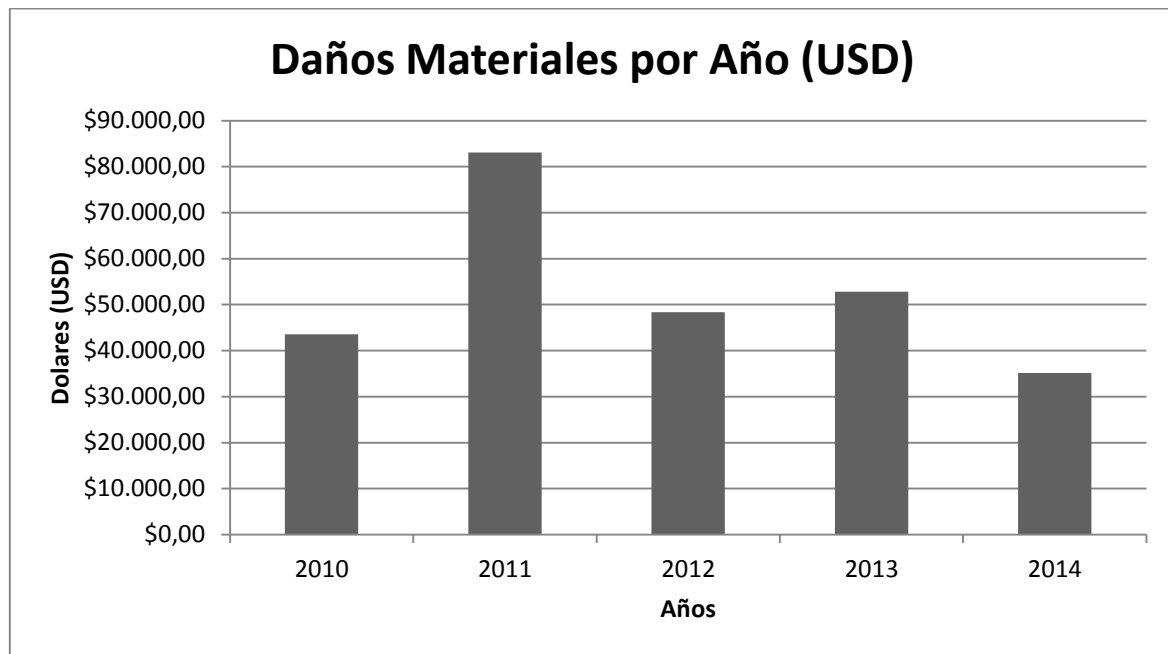
La cantidad de muertes por año en una carretera es un factor determinante para determinar la seguridad vial de un camino, en la figura 3.25 se muestra gráficamente este comportamiento durante los años analizados del tramo en estudio y cabe mencionar que el año 2011 tuvo un importante repunte el cual disminuye en los siguientes años hasta llegar a cero muertes en el año 2014, es esta parte es importante hacer referencia a lo ya mencionado anteriormente que las muertes registradas por los accidentes son únicamente las ocurridas en el sitio del mismo, seguramente estos valores se modificarían con tendencia ascendente si hubiese un seguimiento de los lesionados en dichos accidentes.



**Figura 3.25: Índice de mortalidad en la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque**

Fuente: Elaboración propia

Los accidentes muchas veces afectan la estabilidad económica de las familias la figura 3.26 nos muestra una representación gráfica del comportamiento de las pérdidas económicas durante los años analizados para el tramo en estudio y podemos apreciar que al igual que en las figuras anteriores el año 2011 fue el más afectado el resto muestra un comportamiento similar, siendo el año 2014 el que menos daños materiales muestra.



**Figura 3.26: Análisis de daños materiales en la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque**

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Datos de Operación.

En esta parte del proyecto se representa todo lo referente a la actividad vehicular del tramo en estudio, es decir los datos de operación de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque.

Estos datos incluyen:

- Transito diario promedio anual (TDPA).
- Composición vehicular.
- Índice de rugosidad internacional (IRI).
- Profundidad de roderas (PR).
- Macrotextura (MC)
- Deterioros del pavimento (DT)

Información que fue proporcionada por la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), quien realizó el levantamiento de la información en el tramo en estudio para poder tomar decisiones de conservación, mantenimiento y de seguridad vial de la carretera.

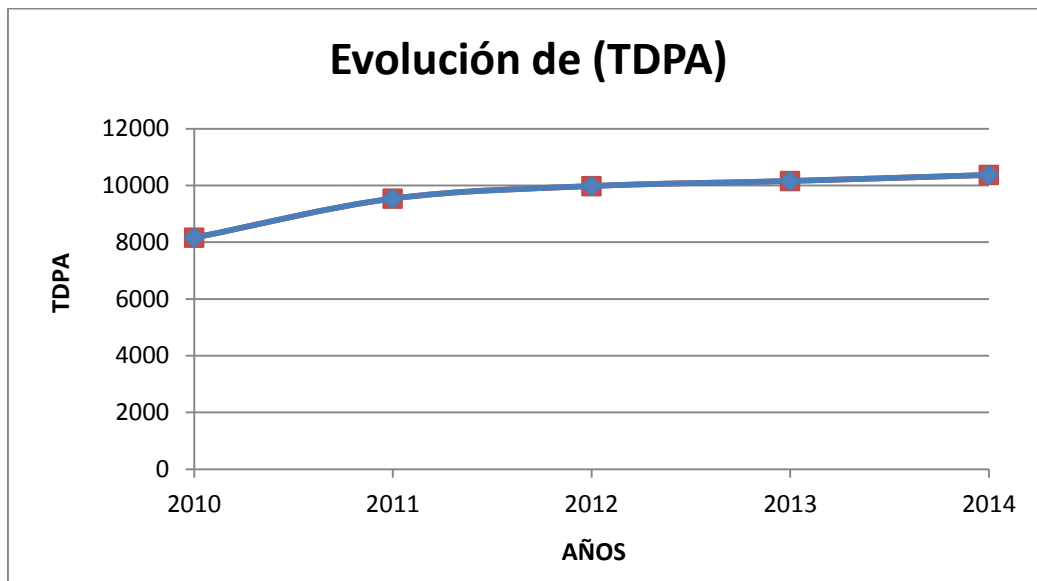
Posteriormente se hace un análisis y una interpretación de esta información que se describe en los siguientes apartados.

### **3.4.1 Transito Diario Promedio Anual (TDPA).**

Uno de los elementos primarios para el diseño de carreteras es el volumen de tránsito promedio diario anual, conocido en forma abreviada como (TDPA) que es una medida de volumen vehicular que representa el número promedio diario de vehículos que pasan por determinado lugar para un año de estudio. (Cal y Mayor R. & Cárdenas G., 2007)

La forma de obtener dicha variable es por medio de conteos o aforos, ya sean manuales o automáticos. Esta información se puede consultar en la página de (DGST) en el apartado de datos viales. (Datos Viales 2010-2014. Dirección General de Servicios Técnicos (DGST). La cual nos permite estudiar o evaluar la calidad del flujo vehicular de la Red Carretera Federal (RCF) en términos de TDPA, dicha información es publicada de manera anual.

La figura 3.27 es una representación gráfica del proceso evolutivo del TDPA del tramo en estudio, durante los cinco años analizados se puede observar que hay una tendencia ascendente.



**Figura 3.27: Análisis evolutivo del TDPA en la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque**

Fuente: Elaboración propia

En este estudio se considera de suma importancia analizar la evolución del tránsito de vehículos pesados para el tramo en estudio ya que este puede ser un detonante de accidentes, así como un factor importante en el deterioro de las carreteras, los vehículos pesado afectan a la circulación por dos razones principalmente:

- Al ser de mayor tamaño, ocupan mayor espacio vial.
- Tienen capacidades operativas más limitadas que los vehículos livianos, en relación con la aceleración, desaceleración, adelantamientos y la capacidad para mantener velocidades. Siendo este segundo impacto el más crítico.

Los vehículos pesados también pueden influenciar las operaciones en pendientes, especialmente las más pronunciadas. En estos casos los vehículos pesados circulan a velocidades menores que la de los vehículos livianos creando dificultades para circular más rápido en la vía.

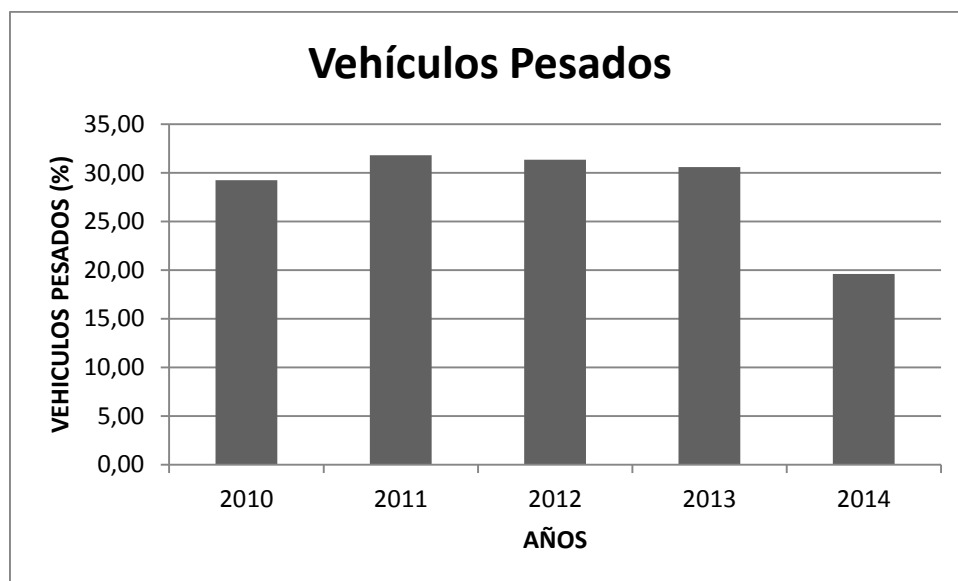
En la tabla 3.8 se ilustra cómo ha sido la variación de vehículos pesados durante los años analizados para el tramo en estudio.

**Tabla 3.8: Análisis de vehículos pesados de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque**

Año	Vehículos Pesados (%)
2010	29.24
2011	31.80
2012	31.35
2013	30.59
2014	19.62

Fuente: Elaboración propia con información de DGST

En la figura 3.28 se puede observar que el año que más porcentaje de vehículos pesados tuvo fue el 2011 año que mayor accidentalidad y mortalidad tuvo respecto a lo mencionado con anterioridad en el apartado 3.3, y el año 2014 fue el que menor porcentaje de vehículos pesados tuvo, por lo tanto esto nos lleva a pensar que los vehículos pesados en las carreteras tienen una enorme influencia en su accidentalidad.



**Figura 3.28: Porcentaje de vehículos pesados de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque**

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2 Composición Vehicular.

En lo que se refiere a la clasificación vehicular, la DGST considera el aforo para los vehículos más representativos del tránsito, vehículos que tienen mayor operación en la RCF. Esta clasificación y descripción de los vehículos aforados se puede apreciar claramente en la tabla 3.9.

**Tabla 3.9: Clasificación vehicular considerada por DGST**

Tipo de Vehículo	Descripción
<b>A</b>	Automóviles
<b>B</b>	Autobuses
<b>C 2</b>	Camiones Unitarios de 2 ejes
<b>C 3</b>	Camiones Unitarios de 3 ejes
<b>T3S2</b>	Tractor de 3 ejes con Semirremolque de 2 ejes
<b>T3S3</b>	Tractor de 3 ejes con Semirremolque de 3 ejes
<b>T3S2R4</b>	Tractor de 3 ejes con Semirremolque de 2 ejes y Remolque de 4 ejes
<b>OTROS</b>	Considera otro tipo de combinaciones de camiones de carga

Fuente: Elaboración propia con información de la DGST

De la tabla 3.10 a la 3.14 se muestra la información del comportamiento del flujo vehicular para la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque, la información se presenta con base en los datos viales de la DGST para el periodo de análisis del 2010 al 2014. La tabla está dividida de la siguiente forma, en la primera columna se presenta el número de tramo dividido con anterioridad en la tabla 3.5, en la segunda columna se presenta el TDPA de cada tramo, el cual se obtuvo por medio de un promedio ponderado del mismo, de la columna 3 a la 10 se aprecia el porcentaje de vehículos que integran la composición vehicular del tramo indicado, en la columna 11 se muestra la relación de vehículos kilómetro, y en la última columna se muestra el porcentaje de vehículos pesados estos se componen por los vehículos de clasificación C2 al T3S2R4.

**Tabla 3.10: Datos de operación vehicular para el año 2010 de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque**

Análisis Vehicular para la Carretera MEX-200 en el Tramo Manzanillo-Melaque										Año 2010	
N° de Tramo	TDPA	Composición Vehicular (%)								VEH-KM (millones)	Vehículos pesados (%)
		A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS		
1	8446	82.47	2.55	9.18	4.33	0.87	0.50	0.00	0.10	93.29	14.88
2	7685	83.02	2.53	8.67	4.32	0.87	0.50	0.00	0.10	50.88	14.36

Fuente: Elaboración propia con base en la información de datos viales de la DGST

**Tabla 3.11: Datos de operación vehicular para el año 2011 de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque**

Análisis Vehicular para la Carretera MEX-200 en el Tramo Manzanillo-Melaque										Año 2011	
N° de Tramo	TDPA	Composición Vehicular (%)								VEH-KM (millones)	Vehículos pesados (%)
		A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS		
1	10794	80.73	1.68	9.92	3.40	2.28	1.25	0.23	0.50	119.22	17.08
2	7520	82.05	2.68	7.85	4.32	1.40	1.00	0.15	0.55	49.79	14.72

Fuente: Elaboración propia con base en la información de datos viales de la DGST

**Tabla 3.12: Datos de operación vehicular para el año 2012 de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque**

Análisis Vehicular para la Carretera MEX-200 en el Tramo Manzanillo-Melaque										Año 2012	
N° de Tramo	TDPA	Composición Vehicular (%)								VEH-KM (millones)	Vehículos pesados (%)
		A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS		
1	10948	81.02	2.65	9.73	2.13	2.60	1.33	0.17	0.37	120.92	15.96
2	8367	82.33	1.47	8.43	1.52	4.17	0.90	0.37	0.82	55.40	15.39

Fuente: Elaboración propia con base en la información de datos viales de la DGST

**Tabla 3.13: Datos de operación vehicular para el año 2011 de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque**

Análisis Vehicular para la Carretera MEX-200 en el Tramo Manzanillo-Melaque										Año 2013	
N° de Tramo	TDPA	Composición Vehicular (%)								VEH-KM (millones)	Vehículos pesados (%)
		A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS		
1	11273	81.52	2.27	9.08	2.18	2.55	1.37	0.42	0.62	124.51	15.60
2	8302	82.22	1.97	7.87	1.50	4.17	0.97	0.48	0.83	54.97	14.99

Fuente: Elaboración propia con base en la información de datos viales de la DGST

**Tabla 3.14: Datos de operación vehicular para el año 2011 de la carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque**

Análisis Vehicular para la Carretera MEX-200 en el Tramo Manzanillo-Melaque										Año 2014	
N° de Tramo	TDPA	Composición Vehicular (%)								VEH-KM (millones)	Vehículos pesados (%)
		A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS		
1	11400	85.93	4.05	5.32	1.27	2.17	0.67	0.20	0.40	125.91	9.63
2	8659	86.95	1.70	6.13	1.50	1.53	0.58	0.25	1.35	57.33	9.99

Fuente: Elaboración propia con base en la información de datos viales de la DGST

### 3.4.3 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

El Índice de Rugosidad Internacional, mejor conocido como IRI, fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estático de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino. El cual representa las deformaciones verticales de la superficie de rodamiento del camino con respecto a una superficie plana, con ello, es posible generar un perfil longitudinal de la rugosidad para la superficie en estudio. Entonces, el IRI es definido como la suma de las irregularidades verticales (valor absoluto) en la superficie de rodamiento de un tramo homogéneo pavimentado, inversamente proporcional a la longitud del mismo, por lo tanto su unidad de medida se puede expresar en m/km.

El cálculo del Índice Internacional de Rugosidad se basa en un modelo matemático llamado Cuarto de Carro (Quarter-Car). El sistema del Cuarto de Carro calcula la deflexión de la suspensión de un sistema mecánico simulado como una respuesta similar a la que tuviera el pasajero, Los desplazamientos de la suspensión del modelo son acumulados y divididos entre la distancia recorrida para dar el Índice Internacional de Rugosidad. (Arriaga Patiño, Garnica Anguas, & Rico Rodríguez , 1998).

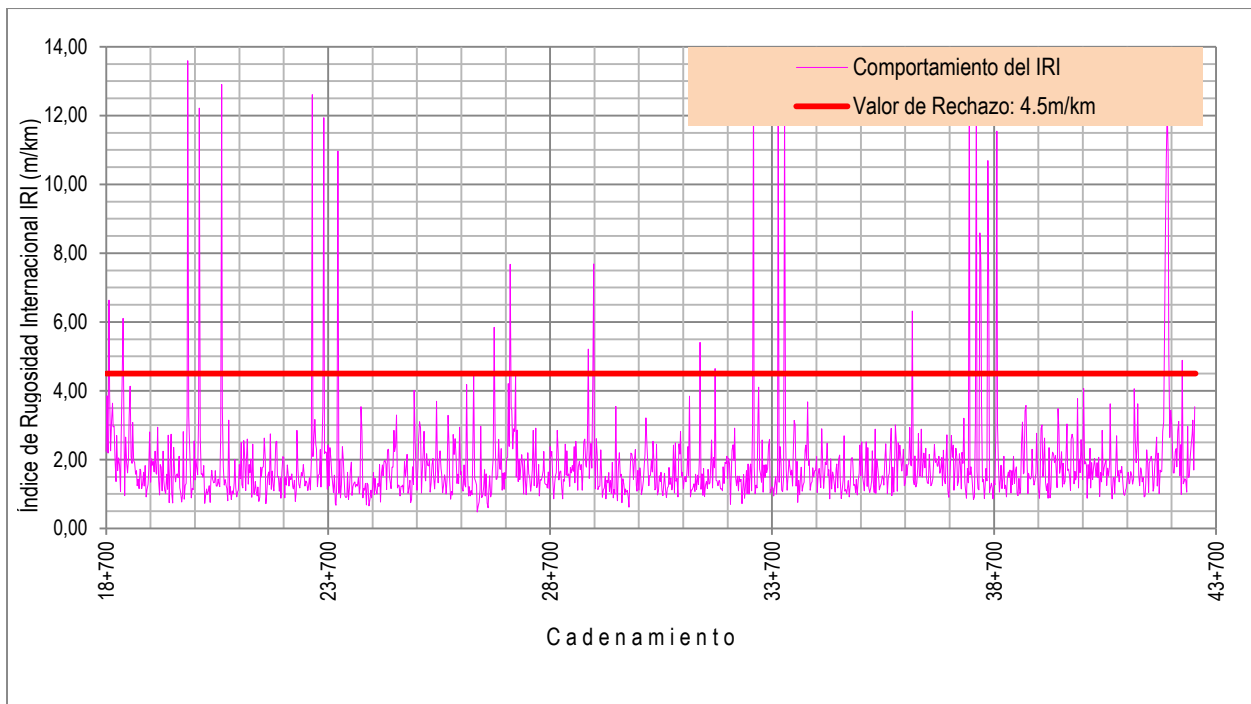
**Tabla 3.15: Estado de la superficie de rodamiento respecto al IRI**

IRI (m/km)	Estado Físico del Pavimento
$IRI \leq 3$	Bueno
$3 < IRI \leq 4.5$	Aceptable
$IRI > 4.5$	No Aceptable

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la DGST

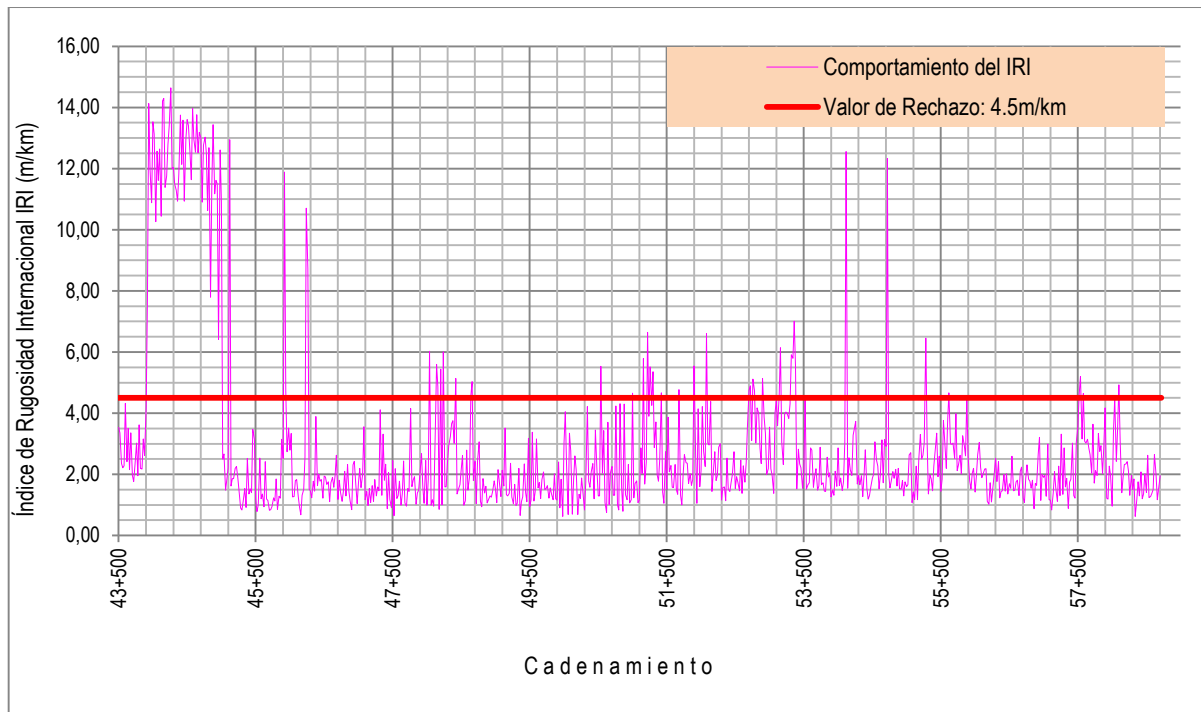
Las figuras 3.29 y 3.30 son una representación gráfica del comportamiento del IRI respecto al valor de rechazo, los tramos fueron divididos con forme a lo presentado anteriormente en la tala 3.5 esto con la finalidad de facilitar su análisis y presentación de la información.

En la figura 3.29 podemos observar que más del 90% del tramo analizado tiene un comportamiento que varía entre bueno y aceptable, con excepción de algunos sitios en particular que exceden los umbrales y presentan valores de rechazo, estos sitios se puede ubicar en el kilómetro 20+700, 23+700, 33+700, 38+700 y 42+700. En la figura 3.30 se puede apreciar que l sitio que presenta mayor problema está entre el kilómetro 44+00 al 45+000 y en el 54+500 el resto del tramo presenta una variación entre buena y aceptable, cabe resaltar que este tipo de análisis más adelante servirá para cruzar información y tratar de determinar si tiene algún tipo de influencia en la accidentalidad y la seguridad vial del tramo en estudio.



**Figura 3.29: Gráfica del comportamiento del IRI respecto al valor de rechazo**

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la DGST



**Figura 3.30: Grafica del comportamiento del IRI respecto al valor de rechazo**

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la DGST

### 3.4.4 Profundidad de Rodera (PR)

La profundidad de rodera se puede definir como deterioros que se presentan en la superficie de rodamiento, los cuales se identifican por hundimiento o marcas generadas por los ejes vehiculares.

Cuando se encuentra en su etapa inicial y no son muy profundas se pueden solucionar con una nivelación para lograr restituir el índice de servicio, pero cuando la profundidad es mayor de 9 mm es probable que exista una falla estructural del pavimento por lo cual se deben analizar las capas inferiores para determinar el tipo de rehabilitación o reconstrucción que requiere.

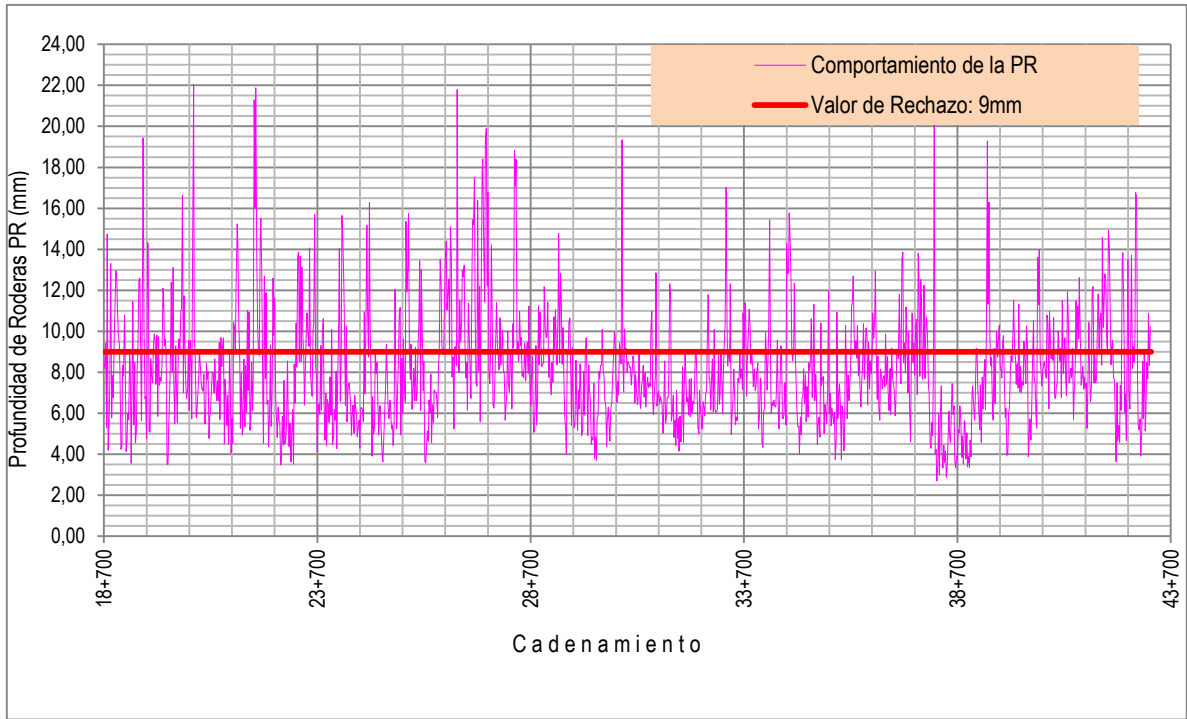
**Tabla 3.16: Estado de la superficie de rodamiento respecto a la PR**

PR (mm)	Estado Físico del Pavimento
$PR \leq 7$	Bueno
$7 < PR \leq 9$	Aceptable
$PR > 9$	No Aceptable

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la DGST

Las figuras 3.31 y 3.32 son la representación gráfica del comportamiento de la PR respecto a su valor de rechazo, la división de los tramos fue como ya se mencionó anteriormente y se presentó en la tabla 3.5 con la finalidad de facilitar su análisis e interpretación.

En las figuras 3.31 y 3.32 se puede observar claramente que el comportamiento de la PR responde a un patrón constante en todo el tramo en estudio con una aproximación al 50% que excede a los 9 mm es decir no es aceptable y el otro 50% se encuentra entre bueno y aceptable, esto indica que el tramo estudiado requiere de un tratamiento para mejorar este parámetro, esto es importante dentro de la seguridad vial del camino ya que cuando existen fuertes problemas de profundidad de rodera esto puede generar que ocurran accidentes potencialmente ya que en temporada de lluvias las roderas pueden almacenar agua lo cual puede provocar que los vehículos sufran acuaplaneo, pulverización, proyección de agua lateral y todo esto conlleva a sufrir accidentes. Este factor también puede generar conflictos en tiempo de estiaje ya que puede ser un detonante para que los vehículos salgan de la carpeta asfáltica y sufran volcaduras.



**Figura 3.31: Gráfica del comportamiento de la PR respecto al valor de rechazo**

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la DGST



**Figura 3.32: Gráfica del comportamiento de la PR respecto al valor de rechazo**

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la DGS

### 3.4.5 Macro Textura (MAC)

La textura del pavimento es un parámetro crítico en la comodidad y la seguridad de los usuarios, necesario para la conservación de las carreteras, la macro textura influye directamente en la capacidad del pavimento para evacuar el agua de la interface neumático-pavimento y de forma indirecta en el valor del coeficiente de rozamiento del pavimento, que tiene gran importancia para la adecuada adherencia entre neumático y pavimento, también es la característica determinante en el nivel de ruido del tráfico, tanto del que perciben los ocupantes de los vehículos como el ruido de entorno que condiciona la calidad de vida de las zonas colindantes. Otro aspecto importante de considerar es que la macro textura del pavimento influye en el consumo de gasolina, en el deterioro de los vehículos y sobre todo en el desgaste de los neumáticos.

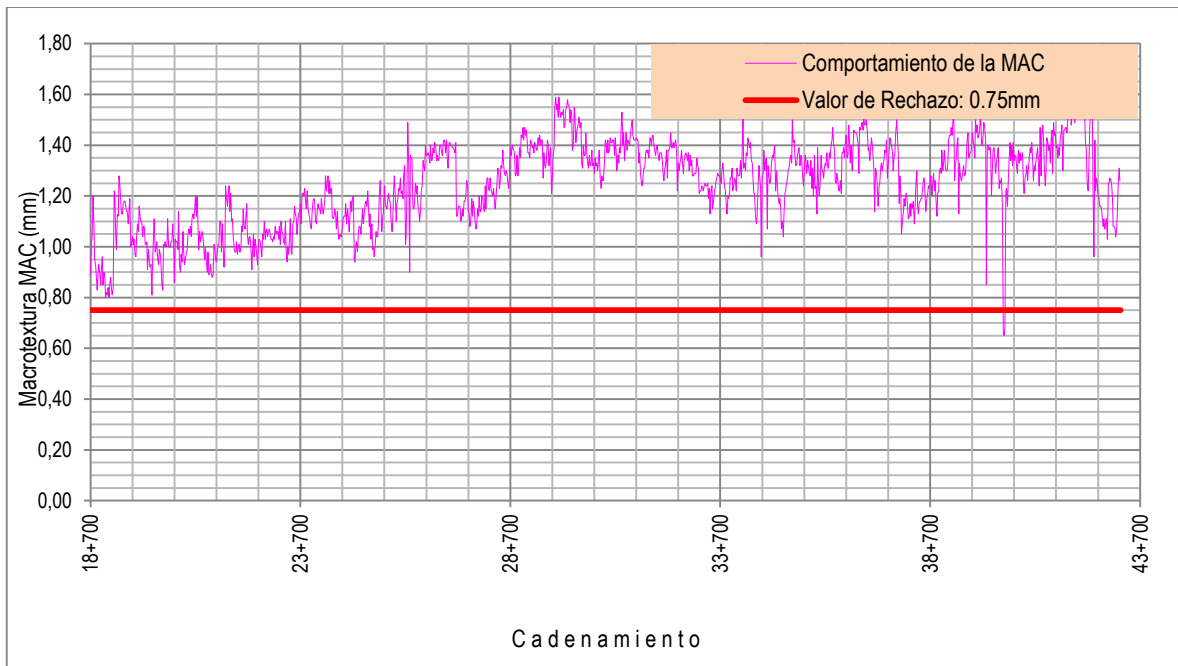
**Tabla 3.17: Estado de la superficie del pavimento respecto a la MAC**

MAC (mm)	Estado Físico del Pavimento
$MAC \leq 0.75$	No Aceptable
$MAC > 0.75$	Bueno

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la DGST

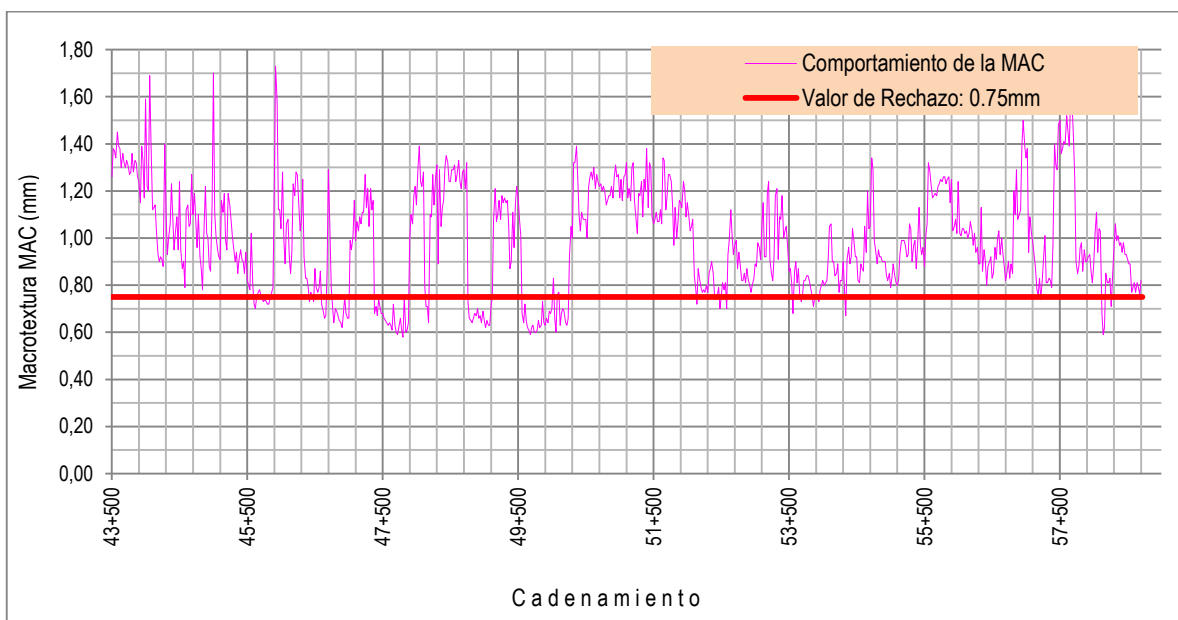
Las figuras 3.33 y 3.34 son la representación gráfica de la MAC del tramo en estudio, la división de los tramos fue como ya se mencionó anteriormente y se presentó en la tabla 3.5 con la finalidad de facilitar su análisis e interpretación.

En ambas figuras podemos observar que un poco más de 90% del tramo analizado cuenta con una buena macrotextura y un poco menos del 10% está dentro de un valor no aceptable lo cual requiere de un tipo de tratamiento para mejorar este factor ya que puede ser un detonante de accidentes



**Figura 3.33: Gráfica del comportamiento de la MAC respecto a su valor de rechazo**

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la DGST



**Figura 3.34: Gráfica del comportamiento de la MAC respecto a su valor de rechazo**

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la DGST

### 3.4.6 Deterioros (DET)

Se consideran varios tipos de deterioros en las carreteras, para el análisis de este caso en particular nos centraremos en los agrietamientos, una forma de detectarlos es mediante la revisión visual del tramo en estudio.

Existen varios tipos de agrietamientos entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

**Grietas de reflexión:** Son grietas longitudinales y transversales que reflejan el agrietamiento de juntas de un pavimento existente, cuando es reencarpetado con pavimento asfáltico, estas fallas surgen porque hay movimiento o contracciones en la capa subyacente o si la liga es inadecuada entre capas.

**Agrietamiento parabólico:** Estas son grietas en forma parabólica o de media luna que se forman en la carpeta de rodamiento, se presenta cuando la carpeta es débil, donde generalmente frenan y arrancan los automóviles o donde existe una mezcla inestable.

**Grietas erráticas:** Agrietamiento en desorden de la carpeta asfáltica sin seguir patrones longitudinales y más bien de forma errática, se presenta por cambios extremos de temperatura, por una base defectuosa, terraplenes con taludes inestables.

**Grietas finas:** Son pequeñas fisuras que están muy cerca una de otra, no tienen un patrón longitudinal ni transversal y su profundidad es menor al espesor de la carpeta de rodamiento, se presenta por envejecimiento de la carpeta, oxidación del material, mala dosificación del asfalto, exceso de finos en la mezcla o por compactación con temperaturas muy altas.

**Agrietamiento piel de cocodrilo:** Fisuras en la superficie de rodamiento, formando un patrón regular de polígonos hasta de 20 cm de amplitud, están interconectadas y asemejan la piel de cocodrilo, se presenta cuando el soporte es ineficiente en la base, debilidad de la estructura de pavimento, fatiga, envejecimiento, poco espesor de la carpeta o por evolución progresiva de agrietamiento tipo mapa.

Agrietamiento tipo mapa: Desintegración de la carpeta de rodamiento, se asemeja a la división política de un mapa, con amplitud mayor a los 20 cm, se presenta cuando la calidad en algunas capas es deficiente, la estructura de pavimento es débil, fatiga, envejecimiento, espesor escaso de la capa.

Grieta transversal: Agrietamiento de la carpeta de tipo transversal o perpendicular al eje del camino, se presenta por la acción del tránsito, espesor insuficiente de la carpeta, contracción térmica, diferencia en juntas transversales.

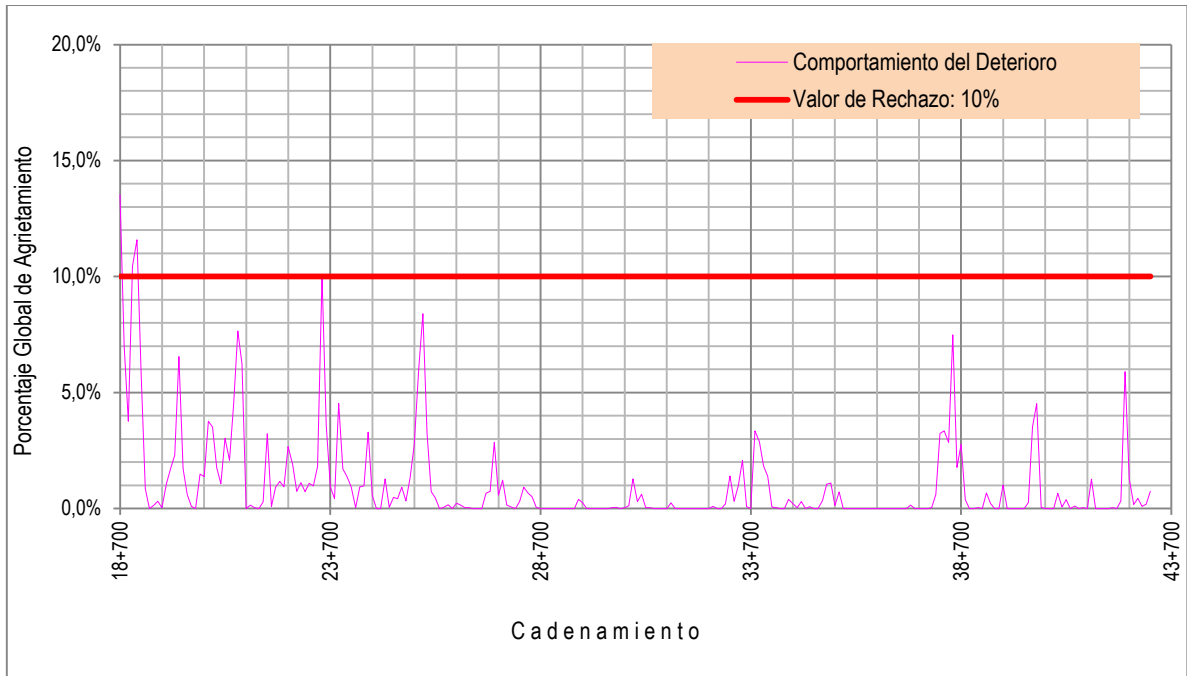
Agrietamiento longitudinal: Agrietamiento paralelo al eje del camino y en la mayoría de los casos sobre el eje del camino, esto se presenta por deficiencia en las juntas de construcción, asentamiento de capas por tránsito, espesor insuficiente, contracción de materiales, asentamientos aislados en capas inferiores.

**Tabla 3.18: Estado de la superficie del pavimento respecto a DET**

DET (%)	Estado Físico del Pavimento
DET ≤ 10	Bueno
DET > 10	No Aceptable

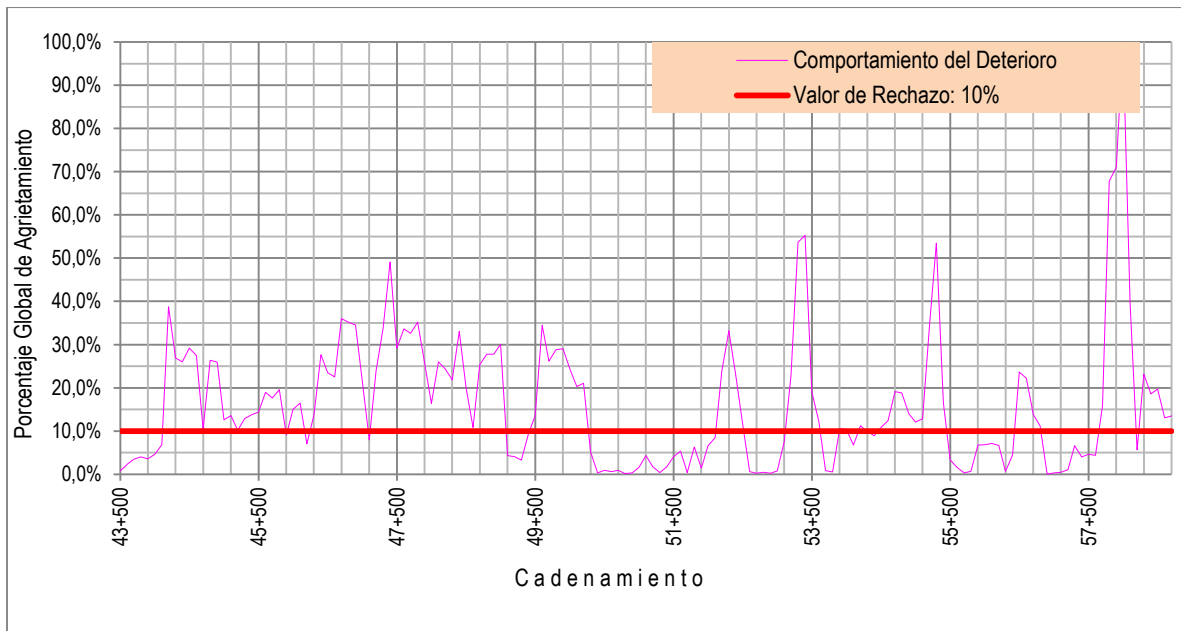
Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la DGST

Las figuras 3.35 y 3.36 son una representación gráfica del comportamiento de deterioros respecto a su valor de rechazo, en la figura 3.35 se puede apreciar claramente que su porcentaje de agrietamiento es muy bajo por lo cual prácticamente ese tramo se considera como bueno respecto a este parámetro, sin embargo la figura 3.36 nos muestra que ese tramo cuenta con un alto porcentaje de agrietamiento, se podría decir que alrededor del 60% se considera como no aceptable por lo cual este tramo requiere de un análisis más preciso para poder determinar qué tipo de tratamiento se puede emplear para solucionar este problema que de no hacerlo podría ocasionar posteriormente problemas más graves en la estructura del pavimento.



**Figura 3.35: Gráfica del comportamiento de DET respecto a su valor de rechazo**

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la DGST



**Figura 3.36: Gráfica del comportamiento de DET respecto a su valor de rechazo**

Fuente: Elaboración propia con base a información proporcionada por la DGST

## 4. AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL

“Una Auditoría de Seguridad Vial es un examen formal de un proyecto vial, o de tránsito, existente o futuro, o de cualquier proyecto que tenga influencia sobre una vía, en 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)” (Dourthé Castellón & Salamanca Candia, 2003)

El desarrollo de las ASV se atribuye a Malcolm Bulpitt del Reino Unido. El aplicó, a principios de los años 80 s, el concepto de la ASV independiente para mejorar el nivel de seguridad en los proyectos viales realizados por el Departamento de Carreteras y del Transporte del Consejo del Condado de Kent.

Para ello, Bulpitt utilizó conceptos introducidos originalmente en redes del ferrocarril durante el periodo Victoriano, época en la cual el Gobierno Británico designó a oficiales para que examinaran todos los aspectos de seguridad de una nueva línea ferroviaria antes de que fuera puesta en servicio.

A mediados de los años 80 en el Condado de Kent, un equipo experto en investigación de accidentes, responsable de investigar lugares en donde existía una alta concentración de accidentes de tránsito (puntos negros), tuvo la idea de consultar sobre nuevos proyectos viales o de rediseños viales, que se localizarían en zonas donde se producían una alta frecuencia de accidentes. El equipo estimó que la seguridad vial podría ser mejorada si se inspeccionaran los diseños de los nuevos proyectos viales de modo que cualquier medida de seguridad faltante se pudiera incorporar antes de construirlos.

De este modo, el Condado de Kent desarrolló una política que requería que todos los nuevos diseños viales fueran inspeccionados y aprobados desde la perspectiva de la seguridad vial, antes de la construcción. Si el proyecto no era aprobado no podía pasar a la siguiente etapa. Con el tiempo, este proceso se formalizó con el nombre de Auditoría de Seguridad Vial, y continúa utilizándose.

Procedimientos y políticas similares pronto emergieron en otros lugares. En Australia, por ejemplo, se empezó a aplicar regularmente la ASV a proyectos en su etapa de pre-apertura, de modo de evaluar la seguridad de la nueva vía, antes de su apertura al tránsito. Rápidamente, los ingenieros responsables de esta tarea también reconocieron las ventajas de realizar estas ASV en las etapas previas, principalmente durante el diseño del proyecto vial.

En los años 90 se produjo un interés generalizado en la adopción del proceso de la ASV. Es así como las autoridades viales de Australia y Nueva Zelandia han sistematizado el uso de estos procedimientos, adoptándose y utilizándose desde entonces por ingenieros, asociaciones profesionales y autoridades viales de otras partes del mundo.

En la actualidad la finalidad de una Auditoría de Seguridad Vial (ASV) es evaluar y comprobar que una vía cumple con el propósito para el cual se diseñó, proporcionando seguridad a todos los tipos de usuarios que por ella transitan. Las ASV se pueden realizar en cualquier etapa del proyecto (Planeación, Diseño, Construcción, Pre-apertura y Post-apertura), siendo más eficiente la realización de las mismas en las primeras etapas ya que en una carretera construida y en operación la mitigación es más costosa. En aquellas ASV realizadas a proyectos en operación, es fundamental observar el comportamiento de todos los usuarios en la vía para verificar si las condiciones de seguridad son apropiadas o deben mejorarse.

Para este proyecto en particular se realizara la ASV de la carretera MEX-200 del tramo Manzanillo-Melaque. Como es un tramo carretero que ya se encuentra en operación es fundamental determinar que existen las correctas condiciones de seguridad para todos los usuarios de la vía.

Cabe señalar que el principal objetivo de realizar la ASV es poder ubicar y contrarrestar los puntos de riesgo (PdR) que se encuentran en la vía, los cuales ya fueron mencionados en el apartado 2.5 y con esto poder realizar el mejoramiento de la vía. Para realizar la ASV de este tramo se requiere hacer una recopilación de información para lo cual ya se cuenta con los siguientes antecedentes:

- 1) Flujo de los usuarios de la vía.
- 2) Información de accidentes.
- 3) Información de auditorías o estudios de seguridad vial anteriores.
- 4) Planos de construcción.

El proceso para llevar a cabo la ASV es el siguiente:

- Análisis de la información.
- Inspección del terreno.
- Identificación de problemas de seguridad vial.
- Proposición de alternativas de medidas de mitigación.
- Elaboración del informe final.

Para lo anterior se debe analizar la información recopilada como accidentalidad de la zona, con el fin de identificar las áreas que tienen mayores problemas de seguridad vial para poner atención especial en esos sitios al momento de hacer la inspección del terreno y de esta forma proponer las medidas de mitigación pertinentes para solucionar esos problemas.

## **4.1 Términos de Referencia.**

La Auditoría de Seguridad Vial de la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque, está basada en los resultados obtenidos a partir de la evaluación del tramo con la metodología iRAP. Se toma la decisión de hacer la ASV para poder realizar un análisis detallado de la seguridad vial del tramo y generar recomendaciones para mejorar la seguridad vial del mismo, comparando las recomendaciones resultado de la evaluación iRAP con los hallazgos de la ASV y con esto poder tomar las mejores decisiones para implementar las medidas de mejoramiento en base a la relación costo-beneficio.

## 4.2 Análisis de la Información.

Se realizó una recopilación de información desde el año 2010 al 2014 presentada en el capítulo 3 de la cual se obtuvieron datos muy importantes como la accidentalidad, la cual tiende a decrecer con excepción del año 2011 en el cual se observa que tuvo un repunte, pero a partir de este su comportamiento atendido a decrecer de una forma favorable. En esta parte también se analizó la mortalidad y morbilidad, así como los daños materiales resultado de los mismos accidentes, todos estos presentan una tendencia a la baja con la excepción del año 2011, cabe destacar que es altamente probable de sufrir una lesión grave si se encuentra involucrado en un accidente de tránsito en esta carretera.

Cabe destacar que en base a la información obtenida se concluye que el tramo en estudio tiene un índice importante de accidentalidad, echo que hace evidente la importancia del problema de seguridad vial el cual deberá resolverse, especialmente atendiendo la severidad de las lesiones ocurridas tras los accidentes, misma que puede ser disminuida en gran parte a través del mejoramiento de la infraestructura vial.

También se recopiló información de la operación del tramo carretero, así como su TDPA el cual tiene una tendencia hacia el aumento en los años analizados, respecto a la operación del tramo se tienen datos de Índice de Rugosidad Internacional (IRI), Profundidad de Rodera (PR), Macrotextura (MAC) y Deterioros (DET), del análisis de toda esta información podemos concluir que aproximadamente un 50% del tramo en estudio requiere de algún tipo de tratamiento para mejorar su operatividad lo cual indica que es importante mejorar la conservación del tramo, ya que como se mencionó anteriormente el tramo sufrió un incremento en su flujo vehicular lo cual es altamente probable que se traduzca en mayores deterioros del mismo.

### **4.3 Inspección del Terreno.**

La inspección del terreno provee un conocimiento de las condiciones existentes de la vía, en el que se incluye la evaluación de la señalización, iluminación, demarcaciones, delineación y de las características geométricas, entre otras. El objetivo es identificar los problemas que puedan afectar la percepción de los usuarios de la vía o restringir la visibilidad.

Para el análisis de la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque, se realizó un levantamiento topográfico del tramo con el cual se documentan las características a cada 20 m y como es una carretera que solo tiene un carril por sentido en un solo cuerpo solo se realizó el levantamiento en un solo sentido, con dicho levantamiento se llevó a cabo el trabajo de gabinete, auditando las características más importantes para la seguridad vial del tramo, mismas que se enlistan a continuación: barreras lateras, zonas laterales, señalamiento horizontal y vertical, bandas alertadoras, ancho de acotamiento, alumbrado (en tramos carreteros, en cruces peatonales y en intersecciones), infraestructura para protección de peatones (puentes peatonales y vallas para contener peatones), infraestructura para disminuir velocidad, accesos irregulares y carriles auxiliares.

## **4.4 Resultados de la Auditoria de Seguridad Vial**

En este apartado se describen aquellos factores que intervienen en la seguridad vial de la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque, para facilitar su análisis se dividen en apartados los cuales se explicaran posteriormente de una forma detallada.

### **4.4.1 Zonas Laterales**

Cuando se realiza una Auditoria de Seguridad Vial es de suma importancia revisar minuciosamente las zonas laterales, las cuales juegan un papel muy importante dentro de la seguridad vial de un camino, se debe inspeccionar que la se encuentren despejadas, esto es, que se cuente con zonas laterales que son superables por los vehículos, en las cuales al salir éste de la vía pueda recuperarse, es decir, es necesario que dentro de los próximos 10 metros de la zona lateral a la carretera no haya presencia de pared vertical peligrosa, corte con pendiente ascendente, cuneta profunda, terraplén, precipicio, estructura o puentes rígidos, barrera de seguridad con punta no protegida, rocas grandes de 20 cm o más 20 cm de alto y árbol, poste o señal con diámetro mayor o igual a 10 cm, etc. Para los casos en los que se encontró algo de lo mencionado con anterioridad, es decir, puntos duros, árboles, postes, entre otras cosas, se efectuaron propuestas de medidas de mejoramiento concretas que permitieran que la carretera no fuera riesgosa, es decir, se propuso remover los peligros o proteger a los usuarios de ellos de tal manera que se incrementa la seguridad de la vía, inclusive en caso de que ya existieran dispositivos de seguridad en el tramo, fueron evaluados para determinar si eran adecuados para proteger a los usuarios, si estaban colocados donde eran necesarios y además, dentro de lo observado en las fotografías, se verificó que hubieran sido instalados adecuadamente.

#### 4.4.1.1 Objetos en zonas laterales

En el kilómetro 53+080 del lado derecho del conductor se encontró un poste con más de 10 cm de diámetro a 1 m de la vía el cual corresponde a una señal elevada tipo bandera, este representa un peligro si por alguna circunstancia un vehículo lo impactara. Ver figura 4.1



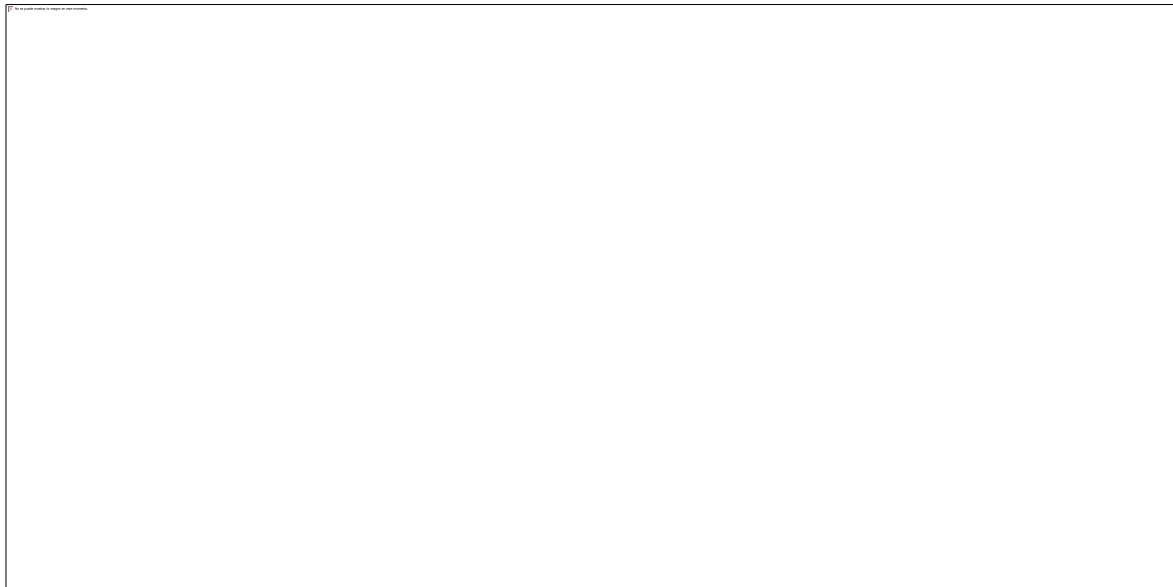
**Figura 4.1: Señal elevada tipo bandera que representa un peligro en la vía**

En el kilómetro 32+270 del lado izquierdo del conductor se registraron postes de líneas eléctricas con más de 10 cm de diámetro ubicados muy cerca de la orilla del carril izquierdo, los cuales afectan seriamente la seguridad de la vía ya que si un vehículo perdiera el control y se saliera de la vía podría impactarse con el poste de líneas eléctricas, lo cual podría desencadenar consecuencias fatales. Ver figura 4.2



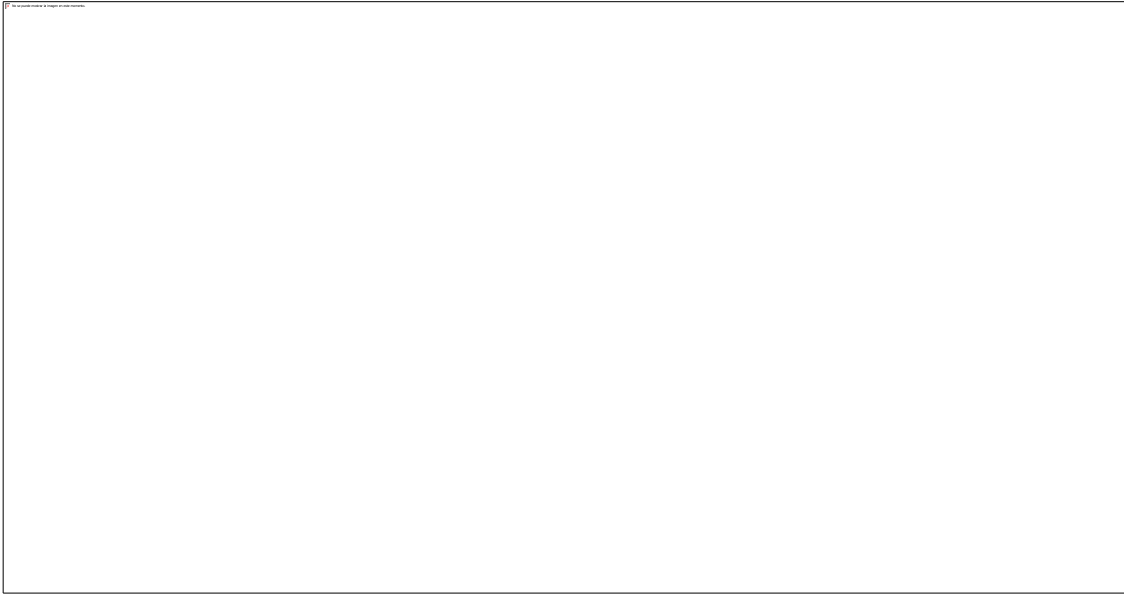
**Figura 4.2: Postes de líneas eléctricas que representan un peligro para la vía**

A lo largo del tramo carretero analizado se registraron varios árboles dentro de los 10 metros a los lados de la vía con diámetro mayor a los 10 cm, los cuales representan un grave peligro para algún vehículo que por algún motivo abandonara la vía y se impactara contra alguno de ellos, un ejemplo claro es el que se encuentra en el kilómetro 21+440 del lado izquierdo del conductor. Ver figura 4.3



**Figura 4.3: Árbol muy cercano a la vía con diámetro mayor a 10 cm**

En el kilómetro 18+980 del lado izquierdo del conductor se observaron pilas de paso superior vehicular con diámetro mayor a 10 cm y muy cercanas a la vía, las cuales presentan un alto riesgo para algún vehículo que abandone la vía y se impacte contra ellas, eso podría tener consecuencias fatales. Ver figura 4.4

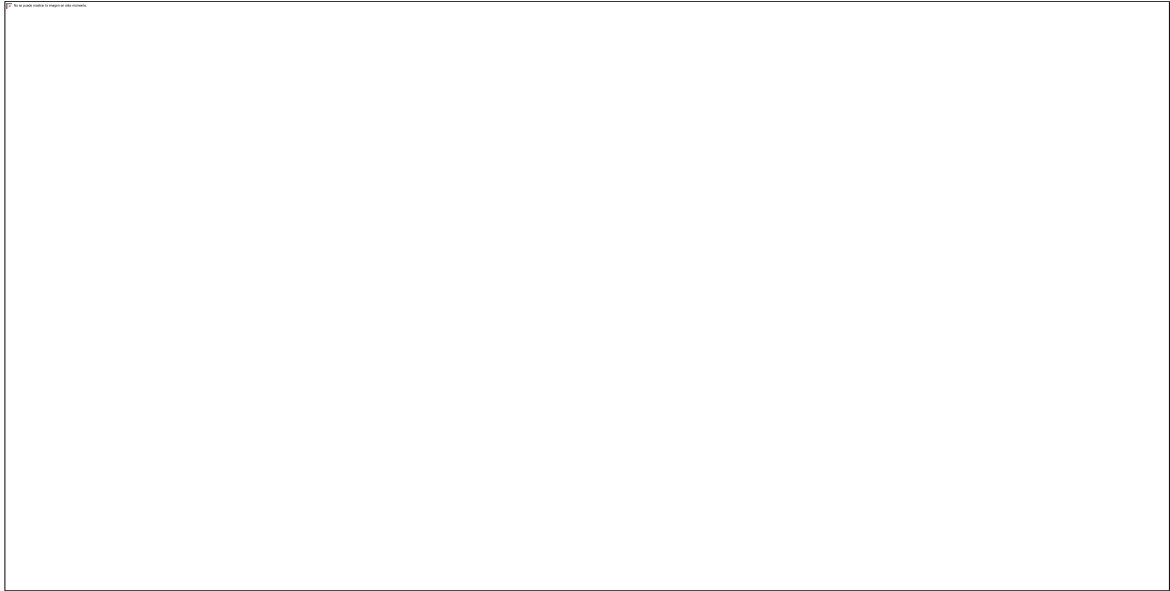


**Figura 4.4: Pilas de paso superior vehicular que representan un peligro para la vía**

#### **4.4.1.2 Obras de drenaje**

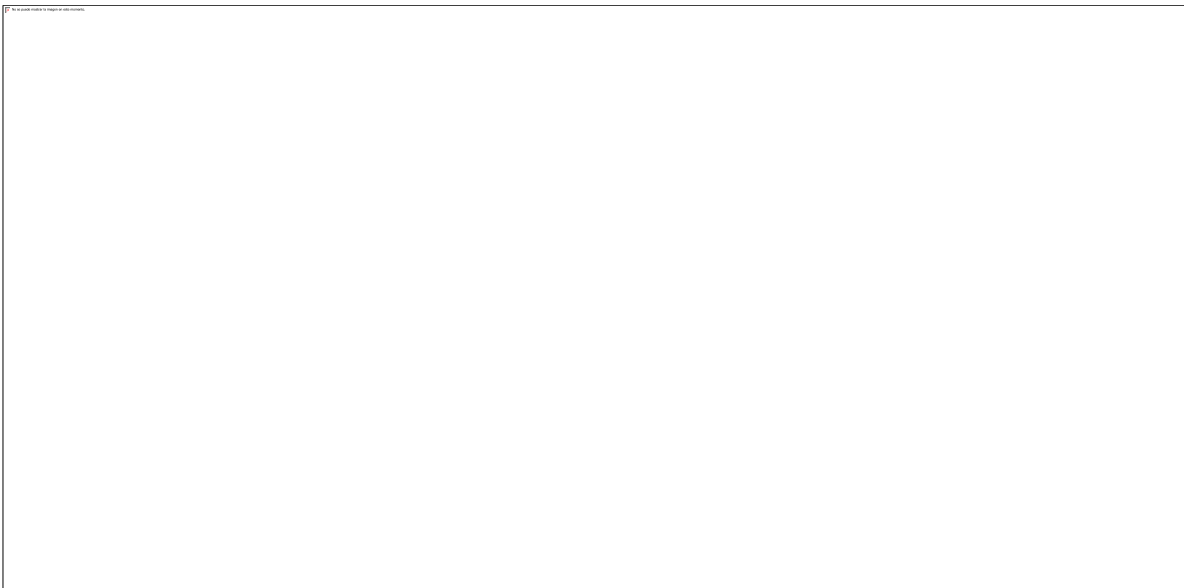
En lo que respecta a las obras de drenaje durante la inspección del tramo se registraron varias boquillas de drenaje y alcantarillas sin protección las cuales representa un grave peligro para los vehículos que circulan por la vía ya que si por algún motivo un vehículo abandonara la vía podría caer en las boquillas de drenaje o las alcantarillas, las cuales presentan un desnivel importante que se forma en la salida de la alcantarilla el cual forma un talud que al salir el vehículo de la vía impide que este se reincorpore a la misma lo que podría causar fatales consecuencias en un accidente.

En las figuras 4.5 se muestra un ejemplo de una boquilla de drenaje ubicada en el kilómetro 27+750 del lado derecho del conductor.



**Figura 4.5: Boquilla de drenaje que representa un peligro para la vía**

En la figura 4.6 se muestra un ejemplo de una alcantarilla sin protección ubicada en el kilómetro 20+440 del lado derecho del conductor.



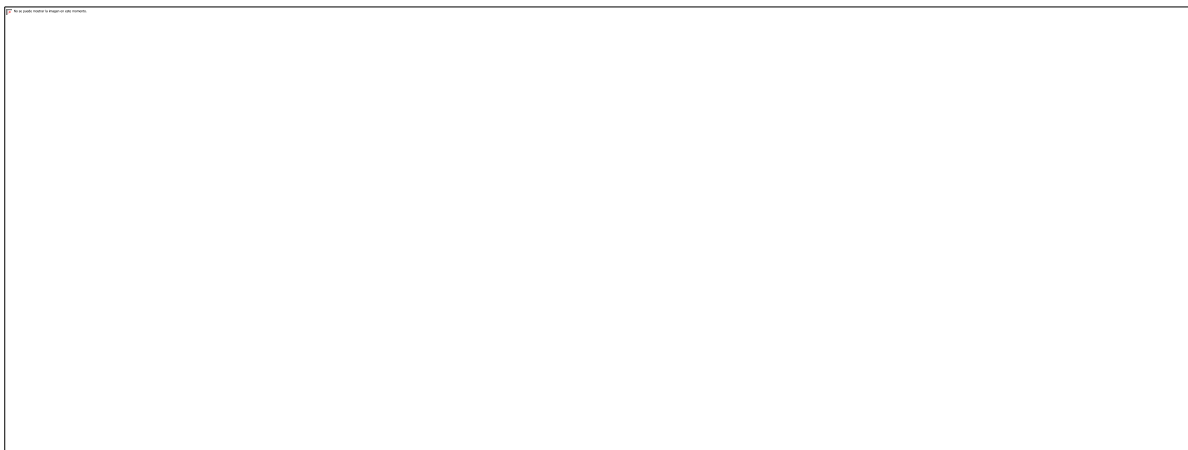
**Figura 4.6: Alcantarilla sin protección que presenta un peligro en la vía**

## 4.4.2 Barreras

En lo que respecta a las barreras se analizaron varias características, se revisó que éstas contaran con la longitud, altura y terminación adecuada, conexión en caso de ser necesario, el empalme de las láminas fuera el correcto, también se revisó que tuvieran el espacio adecuado para desarrollar su ancho de trabajo.

Fueron detectadas diversas bifurcaciones de la vía las cuales no contaban con dispositivos de amortiguamiento adecuados, ya que las secciones extremas en el caso de bifurcaciones deben ser secciones de amortiguamiento, de tal manera que cuando un vehículo se aproxima al extremo de la barrera, pueda impactarse de frente en la sección de amortiguamiento.

En la figura 4.7 ubicada en el kilómetro 53+440 del lado derecho del conductor se puede apreciar claramente una bifurcación sin dispositivo de amortiguamiento, la cual representa un grave peligro si un vehículo se impactara con ella.

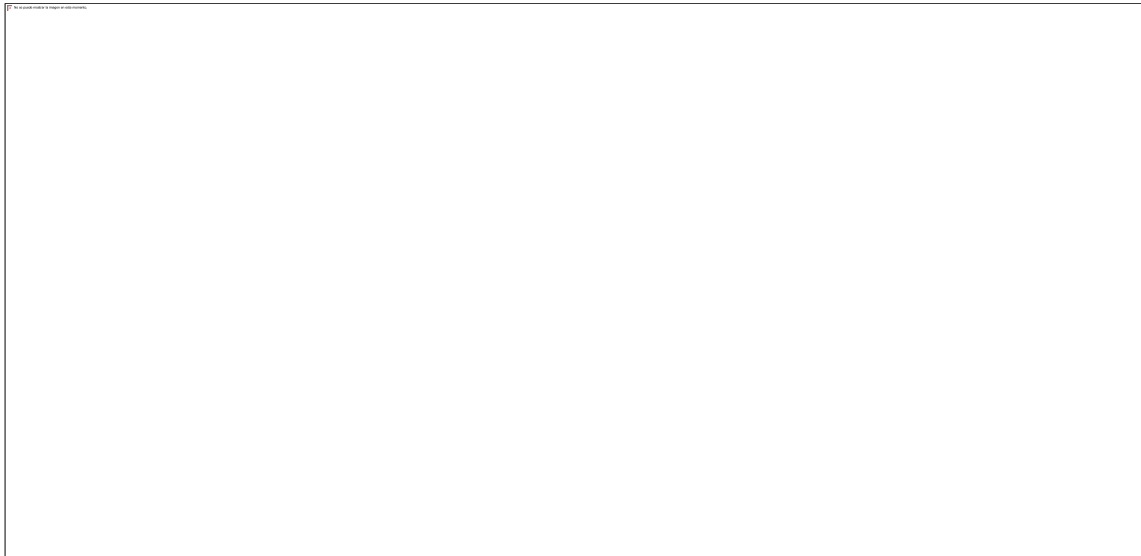


**Figura 4.7: Bifurcación sin dispositivo de amortiguamiento representa un peligro para la vía**

Se tuvieron varias observaciones respecto a la falta de conexión entre barreras, además de la falta de transición de un sistema semirrígido a un rígido o viceversa.

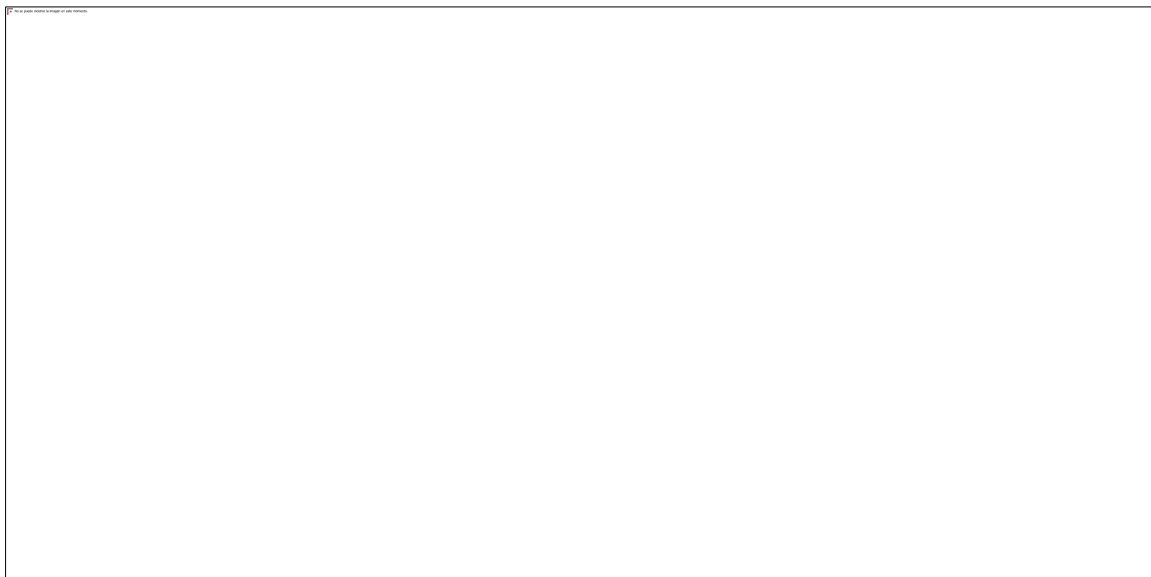
En la figura 4.8 ubicada en el kilómetro 27+820 del lado izquierdo del conductor se puede apreciar la falta de conexión entre una barrera metálica y el parapeto de un

puente, lo cual representa un peligro en caso de que un vehículo se impactara en esa zona.



**Figura 4.8: Falta de conexión entre una barrera metálica y el parapeto de un puente**

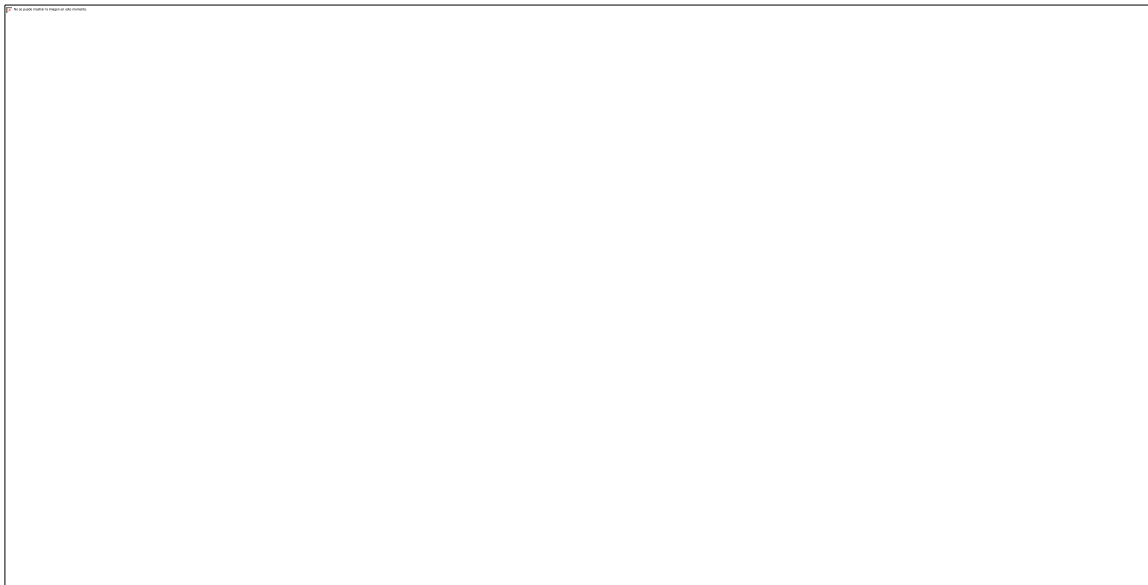
En la figura 4.9 ubicada en el kilómetro 40+180 del lado izquierdo del conductor se puede apreciar una falta de conexión entre barreras metálicas la cual representa un peligro en la vía si un vehículo se impactara en esa zona.



**Figura 4.9: Falta de conexión entre barreras metálicas**

Para asegurar el correcto y seguro funcionamiento de cada barrera, se deben diseñar con dos secciones extremas, una al inicio y otra al final de cada tramo de barrera según sea necesario. Durante esta auditoría de seguridad vial fueron detectadas varias barreras tanto metálicas como de concreto con falta de terminales adecuadas.

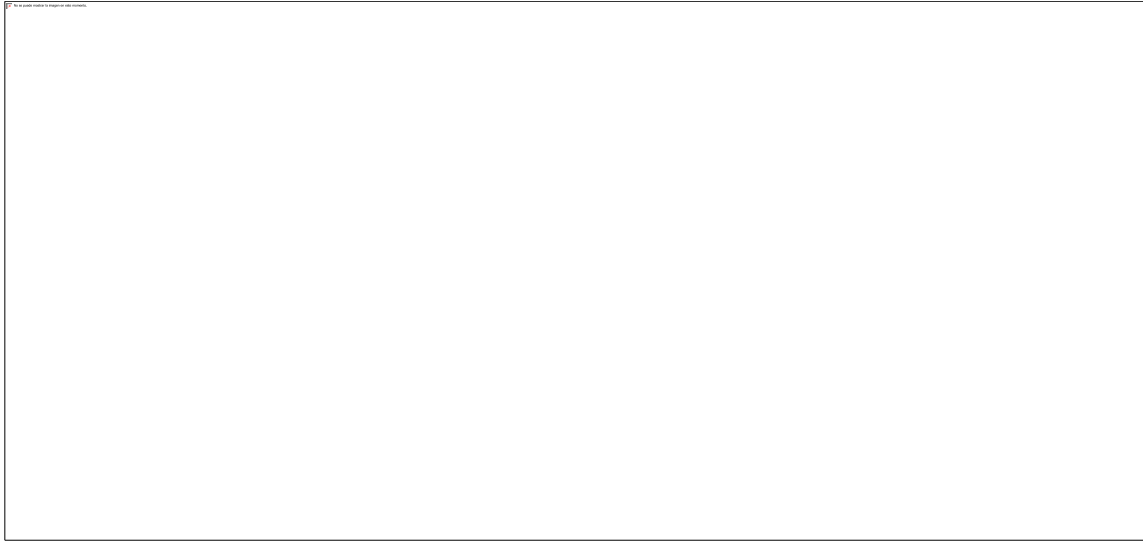
En la figura 4.10 ubicada en el kilómetro 27+000 del lado derecho del conductor se puede observar la sección de inicio de una barrera sin terminal, la cual representa un alto riesgo para un vehículo que se impacte con ella.



**Figura 4.10: Sección de inicio de barrera metálica sin terminal**

Durante la inspección del tramo también se lograron identificar varias partes donde las barreras fueron impactadas y requieren de mantenimiento para restaurar la funcionalidad para la cual fueron instaladas.

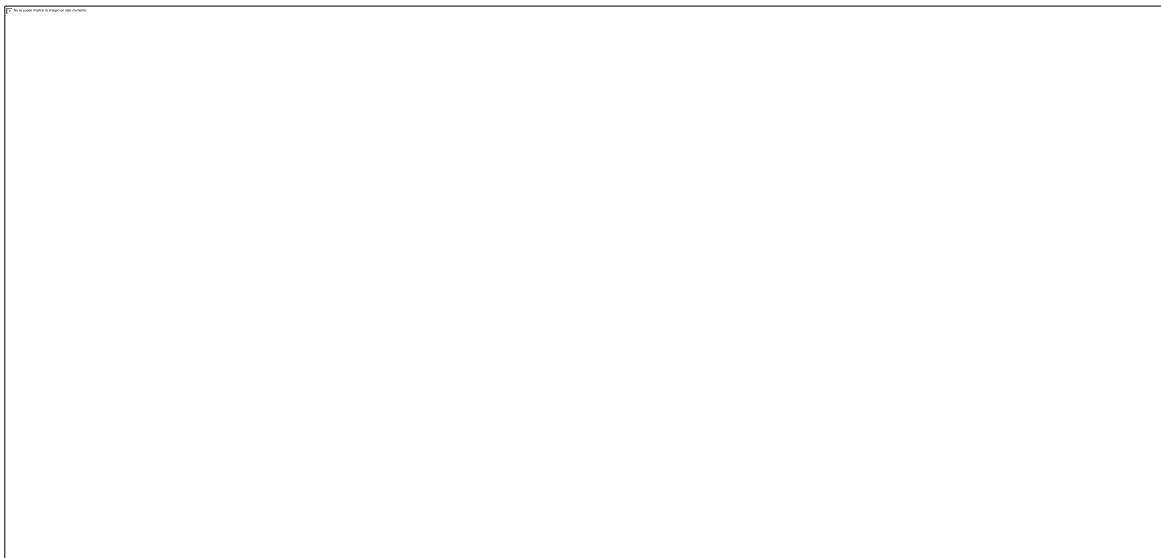
En la figura 4.11 ubicada en el kilómetro 36+850 del lado derecho del conductor se puede apreciar una barrera metálica que fue impactada y en las condiciones que se encuentra representa un alto riesgo para un vehículo que se impacte sobre ella.



**Figura 4.11: Barrera metálica impactada**

También se detectaron barreras metálicas instaladas que no tienen el espacio suficiente para que se desarrolle su ancho de trabajo en caso de un impacto, esto quiere decir que no cumplen con su función.

En la figura 4.12 ubicada en el kilómetro 38+760 del lado derecho del conductor se aprecia una barrera metálica que no cumple con su ancho de trabajo necesario, por lo cual representa un peligro en caso de que un vehículo se impacte sobre ella, no estaría cumpliendo con su función.

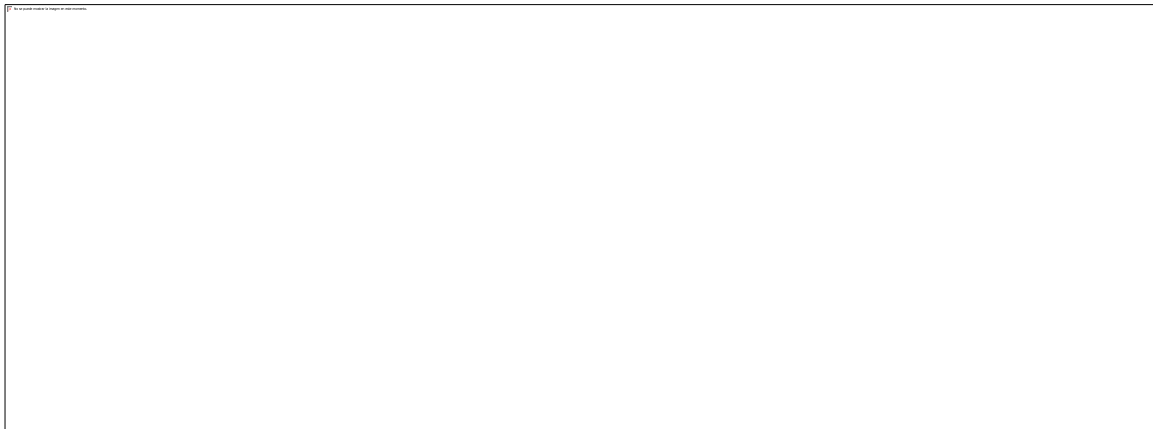


**Figura 4.12: Barrera metálica con ancho de trabajo insuficiente**

### 4.4.3 Bandas Alertadoras.

Las bandas alertadoras son un dispositivo de seguridad vial muy eficiente ya que proporcionan una alerta vibratoria y sonora a aquellos conductores que se salen del camino, evitando de esta forma la pérdida de control del vehículo o la colisión contra objetos u otros usuarios de la vía. Cabe destacar que para el buen funcionamiento de este dispositivo de seguridad es importante que este sea instalado de forma correcta, es decir que solo se utilice en tangentes prolongadas donde el conductor pueda sufrir somnolencia, se debe evitar su instalación en accesos, curvas, zonas urbanas, o lugares donde el acotamiento sea muy limitado ya que este tipo de dispositivo de seguridad puede ser muy ruidoso y representa un peligro para ciclistas y motociclistas. Durante la ASV no se encontró presencia de bandas alertadoras en el tramo en estudio, sin embargo existen zonas que requieren de su instalación.

En la figura 4.13 ubicada en el kilómetro 32+060 se muestra una zona adecuada para instalar las bandas alertadoras.



**Figura 4.13: Zona apropiada para instalar bandas alertadoras**

En las figuras 4.14 y 4.15 ubicadas en los kilómetros 22+580 y 39+960 respectivamente se muestran zonas inapropiadas para la instalación de bandas alertadoras.



**Figura 4.14: Zona inadecuada para instalar bandas alertadoras**



**Figura 4.15: Zona inadecuada para instalar bandas alertadoras**

#### **4.4.4 Acotamientos**

Los acotamientos se pueden definir como un espacio libre de obstáculos a los lados de la vía, el cual proporciona un incremento en la seguridad por ser un espacio que permite una mayor distancia de visibilidad y que puede proporcionar un espacio suficiente para que el vehículo regrese con seguridad al carril de tránsito en el caso de una pérdida del control. Sobre este espacio también se pueden colocar dispositivos de seguridad para aumentar la efectividad del mismo, tal es el caso de las bandas alertadoras, las cuales alertan a los conductores cuando están abandonando el carril de tránsito para que estos se reincorporen de nuevo al carril de circulación, también proporcionan seguridad para algún vehículo que sufra alguna contingencia.

Dentro de la ASV se revisó que la carretera contara con acotamiento a lo largo del tramo en estudio, donde hubiera acotamiento se observó si éste está pavimentado y si el ancho del mismo es mayor o menor a un metro, que es el ancho mínimo de seguridad recomendado por iRAP. Cabe destacar que el tramo en general cuenta con un acotamiento que excede a un metro y se encuentra pavimentado.

#### **4.4.5 Alumbrado**

El alumbrado es una fuente de luz, frecuentemente colocada sobre columnas de lámparas o postes, ya sea al costado del camino o en la faja separadora central y su objetivo es proporcionar iluminación de forma que sean visibles otros usuarios de la vía desde peatones y ciclistas hasta otros conductores de vehículos.

Dentro de la ASV en lo que respecta al alumbrado se revisaron tres tipos de iluminación en el tramo carretero:

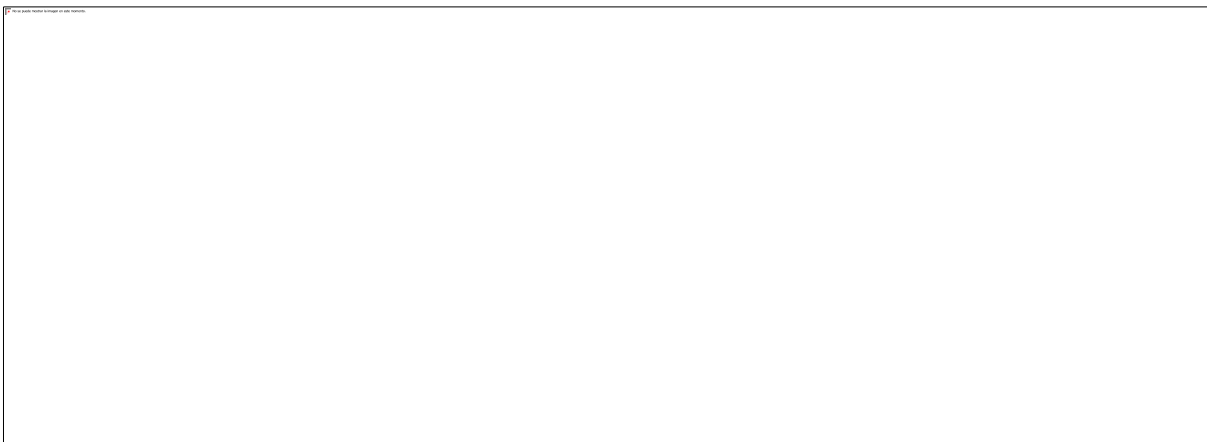
- 1) Alumbrado en tramo carretero: el objetivo de este es que sean visibles los usuarios que transitan paralelamente a la vía ya sea en zonas de paradas de autobús o en pequeñas poblaciones a los costados de la vía.
- 2) Alumbrado en cruce peatonal: el objetivo de este es proporcionar mayor seguridad a los peatones que cruzan la vía.
- 3) Alumbrado en intersecciones: el cual tiene como objetivo verificar que se tiene una buena iluminación en las intersecciones incrementando de esta forma la seguridad al poderse observar claramente si hay algún vehículo atravesando o incorporándose a la vía principal.

En la figura 4.16 ubicada en el kilómetro 20+120 se observa una zona habitacional de lado derecho de la vía la cual no cuenta con iluminación lo cual proporciona un riesgo importante para los peatones y ciclistas que transitan paralelos a la vía principal, en horario nocturno están muy propensos a sufrir un atropellamiento.



**Figura 4.16: Falta de iluminación en zona habitacional**

En la figura 4.17 ubicada en el kilómetro 38+720 se observa un puente peatonal que no cuenta con iluminación, este factor puede ocasionar una sensación de inseguridad para los peatones provocando que estos crucen a nivel la vía lo cual aumenta el riesgo de que puedan ser atropellados.



**Figura 4.17: Puente peatonal sin iluminación**

En la figura 4.18 ubicada en el kilómetro 37+400 se observa una intersección que no cuenta con iluminación, lo cual aumenta el riesgo de que exista una colisión por la falta de visibilidad de vehículos atravesando o incorporándose a la vía principal.



**Figura 4.18: Intersección sin iluminación**

#### **4.4.6 Infraestructura para Peatones**

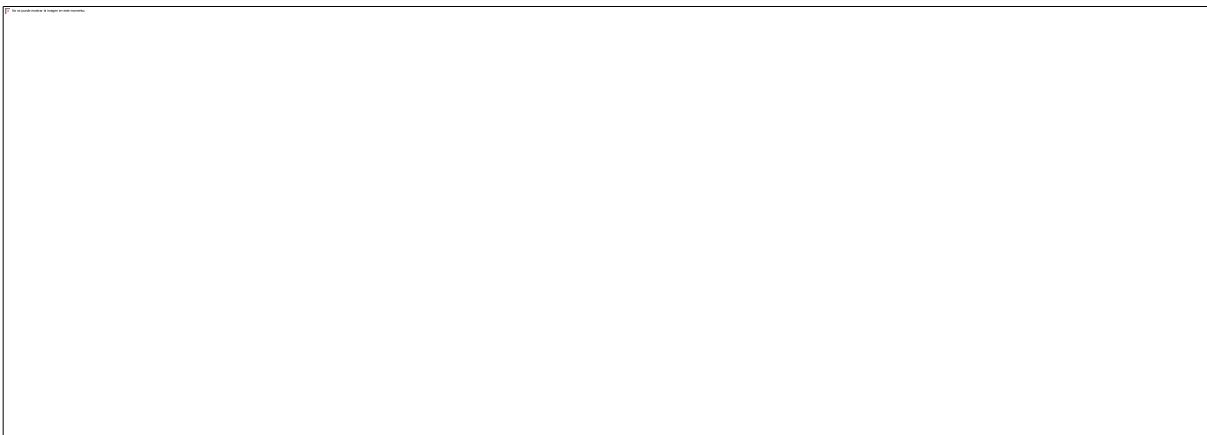
Es de suma importancia proporcionar de forma segura la infraestructura necesaria para que los peatones crucen las vías, mayormente si estas vías son de alta velocidad, las formas más seguras de solucionar este problema es colocando en zonas donde se requiera pasos inferiores o superiores peatonales, por lo general son más eficientes los pasos superiores peatonales (puente peatonal), ya que en los pasos inferiores peatonales los peatones tienen que pasar por debajo de la carretera a través de subterráneos que pueden llegar a infundir temor por la falta de iluminación, en los pasos superiores peatonales se recomienda proteger los extremos del puente peatonal para obligar al peatón a que lo utilice y evitar que cruce la vía a nivel.

En la figura 4.19 ubicada en el kilómetro 23+280 se pueden observar zonas de comercio por ambos lados de la vía, lo cual incrementa el riesgo de que los peatones crucen a nivel y no utilicen el puente peatonal para ello, en este punto sería de gran ayuda colocar vallas peatonales para conducir a los peatones hacia el puente y con ello fomentar el cruce segura de la vialidad.



**Figura 4.19: Cruce de peatones a nivel por zona comercial**

En la figura 4.20 ubicada en el kilómetro 45+100 se observa una zona escolar y comercial, donde se requiere de infraestructura para el cruce seguro de peatones.



**Figura 4.20: Cruce peatonal e nivel en zona escolar y comercial**

En la ASV se revisaron los cruces peatonales a desnivel existentes detectando zonas en la que los peatones no utilizan la infraestructura diseñada para su seguridad, atravesando la vía al mismo nivel que el flujo vehicular, representando esto un alto riesgo de atropellamientos por la interacción de usuarios a nivel, además de que el conductor de vehículo circula a mayor velocidad y no espera encontrar peatones cruzando la vía debido a la existencia del puente peatonal. Esta situación se puede evitar o mitigar con la instalación de vallas o cercas que obligue al peatón a utilizar la infraestructura existente especialmente diseñada para preservar su

seguridad. Es por esta razón que se revisaron y detectaron las zonas aledañas a los puentes peatonales que no cuentan con vallas o cercas para peatones.

#### **4.4.7 Zonas Escolares**

Se puede definir como una zona escolar a aquellas áreas cercanas a las escuelas y otros centros educativos donde hay alto flujo de peatones, por lo general niños y jóvenes. Es recomendable que las zonas escolares tengan límites de velocidad reducidos y que se coloque de forma correcta la señalización de zona escolar, como está indicada en la NOM-034-SCT2-2011 “Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas”.

Es fundamental que las zonas escolares cuenten con un apropiado señalamiento y demarcación para advertir a los conductores de la presencia de usuarios vulnerables como niños y jóvenes peatones y ciclistas.

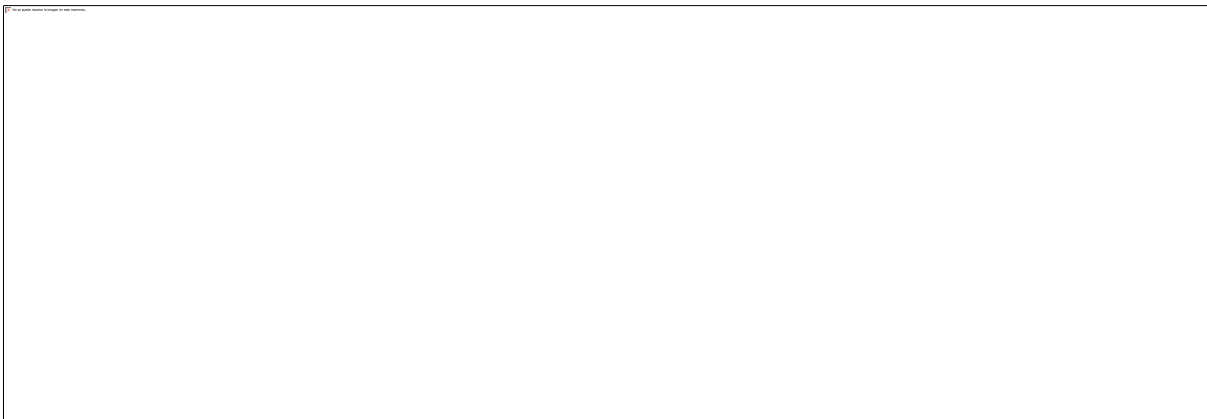
Al realizar la ASV en el tramo Manzanillo-Melaque, se detectaron zonas escolares que no cuentan con la infraestructura adecuada para el cruce seguro de peatones, también se observó que el señalamiento no cumple con la normativa indicada en la NOM-034-SCT2-2011 “Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas” lo cual incrementa el riesgo de atropellamiento por alta concentración de peatones a los costados de la vía.

En la figura 4.21 ubicada en el kilómetro 33+960 se observa cruce de zona escolar y parada de autobuses donde descenden los estudiantes, que no cuenta con infraestructura adecuada y segura para el cruce de peatones.



**Figura 4.21: Cruce escolar inseguro**

En la figura 4.22 ubicada en el kilómetro 38+400 se observa una zona escolar del lado derecho de la vía, la cual carece de dispositivos de seguridad para el cruce seguro de peatones.



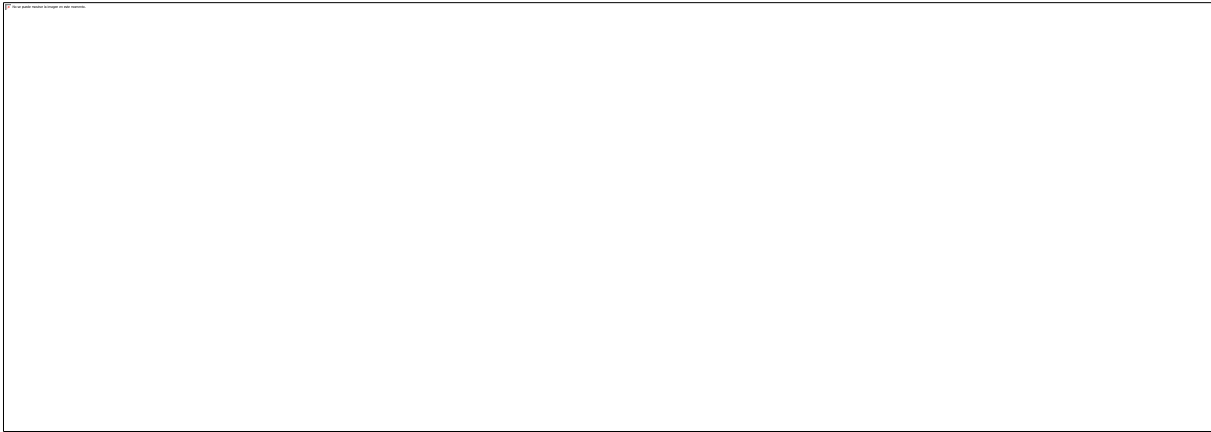
**Figura 4.22: Cruce en zona escolar con señalización deficiente**

#### **4.4.8 Infraestructura para Disminuir Velocidad**

La infraestructura para disminuir velocidad utilizada en carreteras y vialidades urbanas, normalmente se aplica en zonas donde hay un índice elevado de probabilidad que exista un atropellamiento y esto puede ser en las entradas a zonas urbanas donde los vehículos deben disminuir su velocidad, en los pasos a nivel de peatones, cruces a nivel con vías férreas, intersecciones, en zonas escolares, zonas comerciales.

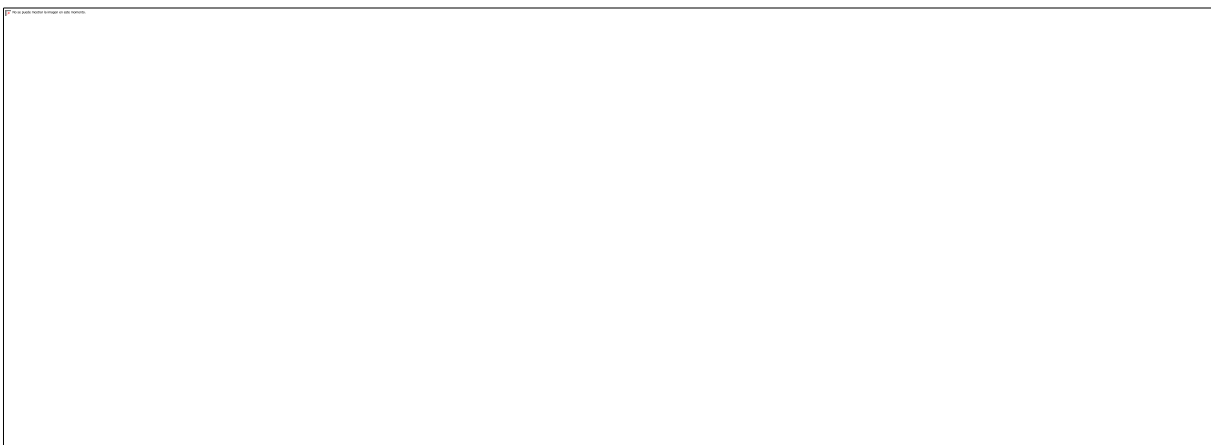
Durante la ASV se detectaron zonas donde los peatones cruzan a nivel las vías y se exponen ampliamente a sufrir un atropellamiento, tal como se muestra en las figuras 4.23 y 4.24.

En la figura 4.23 ubicada en el kilómetro 23+380 se observa que el cruce escolar no cuenta con la infraestructura necesaria para disminuir velocidad, lo cual aumenta el riesgo de que exista un atropellamiento en esa zona.



**Figura 4.23: Cruce escolar con falta de infraestructura para disminuir velocidad**

En la figura 4.24 ubicada en el kilómetro 37+400 se observa una intersección con falta de infraestructura para disminuir velocidad, lo cual incrementa el riesgo de que exista una colisión de vehículos en esa zona.



**Figura 4.24: Intersección con falta de infraestructura para disminuir velocidad**

#### **4.4.9 Carriles Auxiliares y Acceso Irregulares**

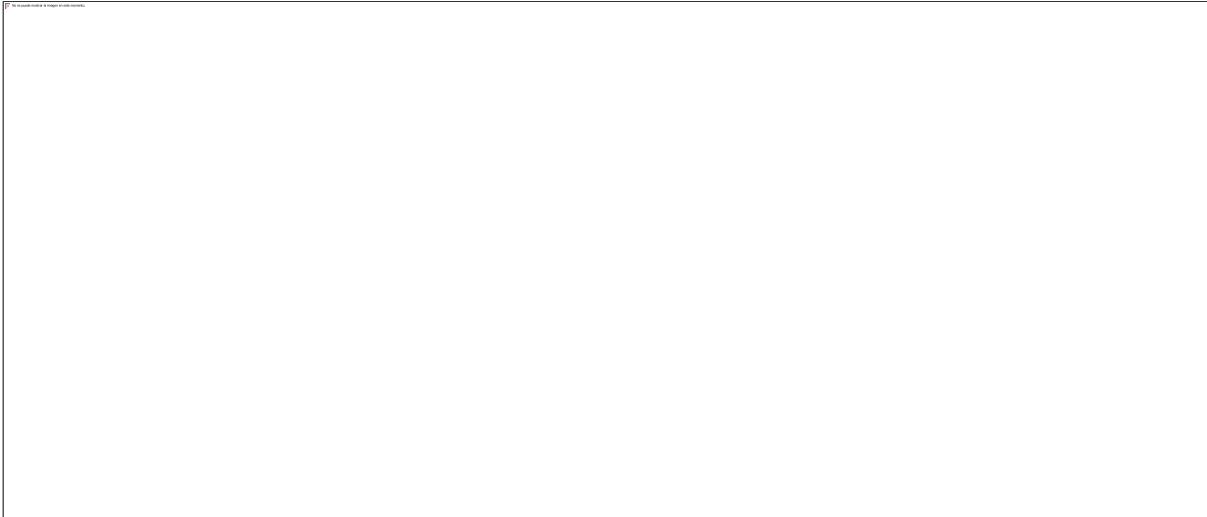
Se llaman carriles auxiliares o de cambio de velocidad a aquellos carriles que se añaden a la sección normal de una calzada con el objetivo de proporcionar a los vehículos el espacio suficiente para maniobrar. Los carriles auxiliares pueden ser de aceleración o de desaceleración.

- Los carriles de aceleración permiten a los vehículos, que entran a la vía principal, adquirir la velocidad necesaria para incorporarse con seguridad a la corriente de tránsito de la misma, proporcionando la distancia suficiente para realizar dicha operación sin interrumpir la corriente de tránsito principal.
- Los carriles de desaceleración permiten a los vehículos que desean salir de una vía, disminuir su velocidad después de haber abandonado la corriente de tránsito principal.

Es de suma importancia la existencia de los carriles de aceleración y desaceleración ya que estos ayudan a disminuir las probabilidades de que exista un accidente por salir o ingresar de la vía principal. Al realizar la ASV se encontró que en muchas ocasiones los carriles auxiliares están en malas condiciones, son de longitud inadecuada, o no se cuenta con carriles auxiliares.

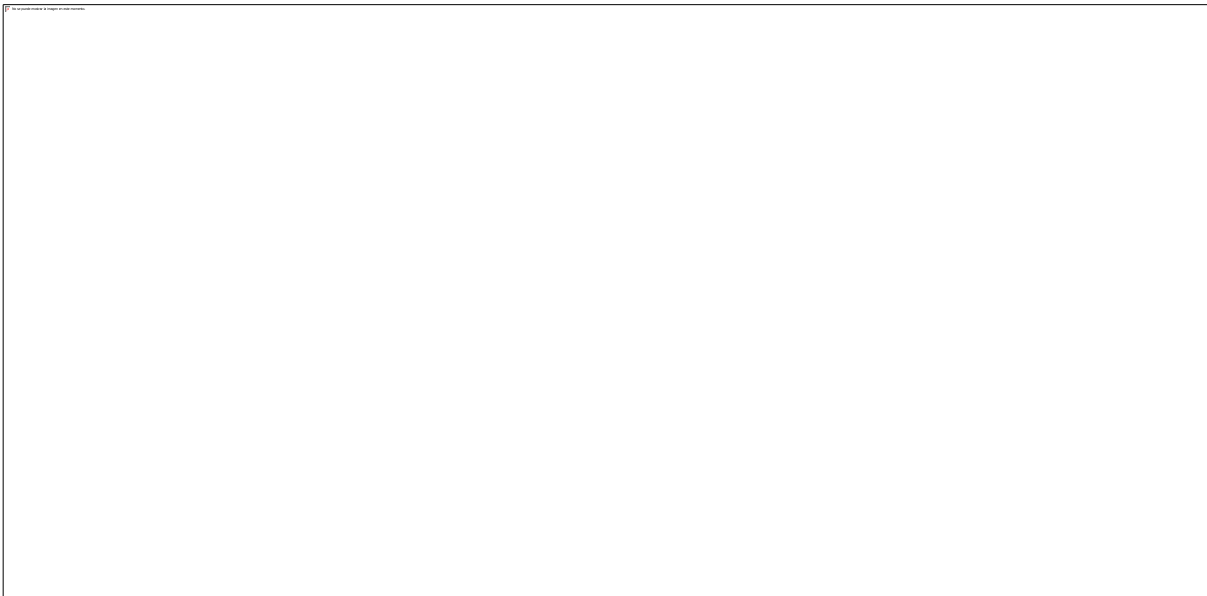
Otra problemática que está relacionada con los carriles auxiliares, es la presencia de accesos irregulares, que por su naturaleza incrementan el riesgo de accidentes debido a la incorporación no señalizada y por consiguiente sin carriles auxiliares desde propiedades privadas o terracerías.

En la figura 4.25 ubicada en el kilómetro 22+600 se puede observar que el carril auxiliar se encuentra en mal estado, lo cual incrementa el riesgo de que pueda ocurrir algún accidente cuando un vehículo se incorpore a él.



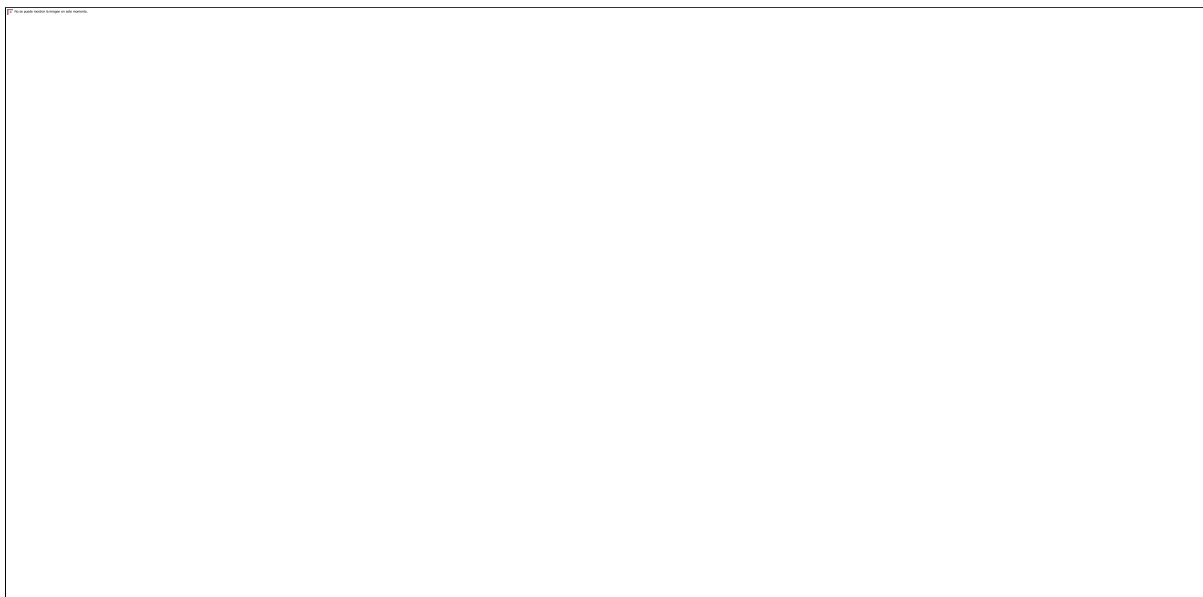
**Figura 4.25: Carril auxiliar en mal estado**

La figura 4.26 ubicada en el kilómetro 23+700 muestra un acceso irregular que no cuenta con carriles de aceleración ni de desaceleración, lo cual representa un peligro para los vehículos que ingresan o salen de la vialidad principal.



**Figura 4.26: Acceso irregular sin carriles de aceleración ni de desaceleración**

En la figura 4.27 ubicada en el kilómetro 25+260 se observa un acceso que proviene de una propiedad privada y está ubicado en una curva, lo cual lo hace más peligroso ya que aumenta la probabilidad de que se genere un accidente en ese punto cuando un vehículo intente ingresar a la vía principal.



**Figura 4.27: Acceso irregular peligroso**

#### **4.4.10 Señalamiento Horizontal y Vertical.**

Dentro de un sistema vial es de suma importancia tomar en cuenta y respetar los dispositivos de señalización, para que dicho sistema funcione de forma correcta y segura para todos los usuarios de la vía.

El objetivo de las señales horizontales y verticales en una vía es proporcionar información suficiente al usuario de forma que llegue a su destino y que realice un trayecto seguro, esto se logra mediante la colocación de diversas señales y marcas que orientan al usuario sobre el lugar donde se encuentra y la forma de llegar a su destino, informando y advirtiendo también de las condiciones prevalecientes del trayecto, además de fomentar la seguridad de todos los usuarios de la vía.

Para realizar esta parte de la ASV se utilizó la información proporcionada por el sistema innovador de auscultación de carreteras AMAC (Advanced Mobile Asset Collection), el cual nos ayuda a determinar el estado actual de las señales y marcas en la vía y con esto se determina cuales marcas o señales requieren de mantenimiento o reemplazo de acuerdo a la normativa vigente del país que para nuestro caso fue la NOM -034-SCT2-2011, en la cual se estipulan cuáles son

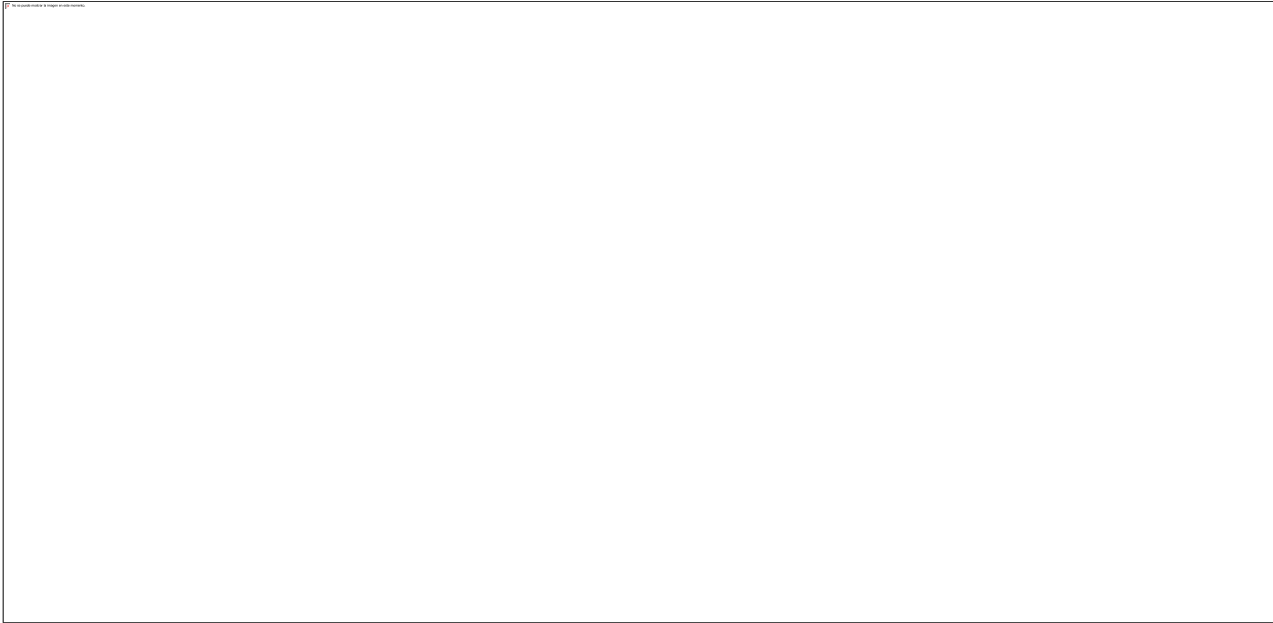
coeficientes de retrorreflexión que debe de cumplir la señalización medidos en candelas lux por metro cuadrado [(cd/lux)/m<sup>2</sup>].

Cabe destacar que este equipo fue de gran ayuda para realizar la ASV del tramo en estudio ya que nos ayudó a determinar que las señales tengan su posición correcta en la vía, así como el correcto estado de sus colores y retrorreflectividad.

El criterio utilizado para el análisis del señalamiento es el siguiente:

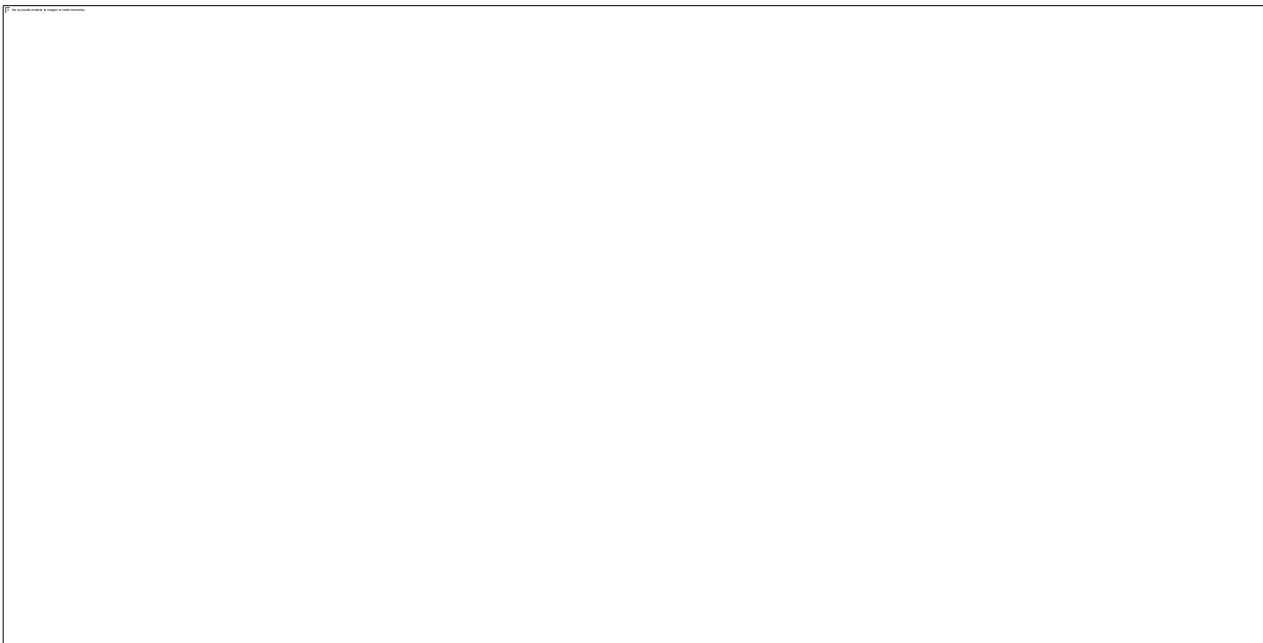
- Óptimo: cuando los valores de retrorreflexión de todos los colores de cada señal superan los umbrales en al menos un 5%.
- Tolerable: cuando los valores de retrorreflexión de todos los colores de cada señal superan los umbrales pero al menos uno de los colores lo supera por menos de un 5%.
- No legible: cuando el valor de retrorreflexión de alguno de los colores se encuentra por debajo del umbral correspondiente.
- Sin criterio: cuando la retrorreflexión debido a la geometría de la vía en ese punto se ha medido en un ángulo de observación de 0.5° en lugar de 0.2°.
- N/A: la señal se ha podido inventariar pero debido a su estado de conservación o que ha estado oculta por vegetación o por el trazo de la carretera se ha detectado a una distancia a la que no es posible medir valores de retrorreflexión.

En la figura 4.28 se observa cómo se obtiene la información que nos proporciona el equipo AMAC respecto a la retrorreflectividad del señalamiento vertical, así como de la correcta colocación de las señales en donde evalúa su altura y ángulo de colocación.



**Figura 4.28: Informe de retrorreflectividad de señalamiento vertical**

En la figura 4.29 se puede apreciar cómo evalúa el equipo AMAC la retrorreflectividad del señalamiento horizontal, hace una evaluación del mismo y nos ayuda a determinar cuáles son los principales tramos en donde este requiere mantenimiento o ser reemplazado.



**Figura 4.29: Informe de retrorreflectividad de señalamiento horizontal**

En esta parte del proyecto también se utilizó la visualización de imágenes en 360° que es la captura de imágenes con las cámaras del equipo AMAC, se utilizó para determinar el señalamiento faltante y ubicar señales cubiertas con vegetación o zonas donde el señalamiento horizontal fue cubierto por arena, también fue de gran ayuda para evaluar cierta información de las señales revisadas por medio de retroreflectividad, ver figura 4.30.



**Figura 4.30: Visualización 360°**

## **5. PROGRAMAS DETALLADOS DE IMPLEMENTACIÓN**

Para facilitar el análisis del tramo este se dividió en dos partes la primera va de la troncal con el libramiento de Manzanillo cuota hasta los límites entre el estado de Colima y Jalisco, es decir la parte que corresponde al estado de Colima por donde pasa el tramo en estudio y la segunda parte va de los límites del estado de Colima y Jalisco hasta la troncal con barra de navidad, esa parte es la que corresponde al estado de Jalisco por donde pasa en tramo en estudio.

En las siguientes tablas se presenta un concentrado de las deficiencias específicas detectadas en la ASV y estos se agrupan por estado y por lado derecho o lado izquierdo del conductor, ya que así lo representa iRAP cuando es una vía con dos sentidos de circulación y no está dividida por barrera central, el cual es nuestro caso para el tramo en estudio y se toma como base el sentido del cadenamiento que para nuestro caso va de Manzanillo a Melaque en orden ascendente.

### **5.1 Zonas Laterales**

Durante la ASV en las zonas laterales se revisó que no hubiera presencia de objetos que puedan representar un peligro en caso de salida del camino o pérdida de control del vehículo, estos objetos pueden ser: piedras con altura mayor a los 20 cm, postes cuyo diámetro sea mayor a 10 cm (alumbrado, señales, etc.), boquillas de drenaje, árboles con diámetro mayor a 10 cm, estos objetos representan un grave peligro de seguridad vial si se encuentran dentro de los 10 m de distancia de la vía.

En la tabla 5.1 se enlistan las principales deficiencias detectadas en las zonas laterales en el tramo en estudio, las cuales se presentan por lado derecho o lado izquierdo del conductor, así como por su entidad federativa correspondiente (COL-Colima y JAL-Jalisco) por donde atraviesa el tramo en estudio.

**Tabla 5.1: Objetos laterales detectados durante la ASV**

<b>Objetos en Zona Lateral</b>	<b>COL</b>	<b>JAL</b>	<b>Total</b>
<b>Lado derecho del conductor</b>			
Árboles con diámetro mayor a 10 cm	4	1	5
Bifurcaciones de la vía con falta de amortiguadores de impacto	3	1	4
Boquilla de drenaje	5	0	5
Postes con diámetro mayor a 10 cm	11	11	22
<b>Total lado derecho del conductor</b>	<b>23</b>	<b>13</b>	<b>36</b>
<b>Lado izquierdo del conductor</b>			
Árboles con diámetro mayor a 10 cm	2	4	6
Bifurcaciones de la vía con falta de amortiguadores de impacto	1	1	2
Boquilla de drenaje	0	0	0
Postes con diámetro mayor a 10 cm	2	1	3
<b>Total lado izquierdo del conductor</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>11</b>
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>19</b>	<b>47</b>

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 5.1 podemos destacar que la entidad federativa que cuenta con más peligros en las zonas laterales es Colima, y el lado derecho del conductor es en el que se enlista la mayor cantidad de objetos laterales que representan un peligro para la seguridad vial de la vía, también se puede observar que el objeto más común detectado son los postes con diámetro mayor a 10 cm, que pueden ser de señales o alumbrado público, es importante mencionar que las algunas bifurcaciones y boquillas de drenaje que no cuentan con dispositivo de protección lo cual hace que representen un peligro latente para los usuarios de esta vía.

## **5.2 Barreras**

Para las barreras dentro de la ASV se enfocó en revisar la continuidad de las mismas, que cuenten con todos los dispositivos de contención asociados tales como terminales, postes a la distancia correcta, espacio suficiente para que permita la deformación de trabajo de la barrera, se detectaron casos en los que la barrera ya fue colisionada pero no se ha reparado, zonas donde fue retirada para proporcionar un acceso irregular, entre otros.

En la tabla 5.2 se enlistan las principales deficiencias encontrada en las barreras, separadas por estados, lado derecho o izquierdo del conductor y tipo de problema detectado.

**Tabla 5.2: Deficiencias detectadas en barreras laterales**

<b>Deficiencias en Barreras</b>	<b>COL</b>	<b>JAL</b>	<b>Total</b>
<b>Lado derecho del conductor</b>			
Ancho de trabajo deficiente	2	0	2
Barreras impactadas	1	7	8
Sitios donde se requiere instalar barrera de concreto Longitud en (km) de barrera de concreto que se requiere	2 (0.08 km)	1 (0.04 km)	3 (0.12 km)
Sitios donde se requiere instalar barrera metálica Longitud en (km) de barrera metálica que se requiere	35 (11.626 km)	17 (5.00 km)	52 (16.626 km)
Falta de conexión entre barreras	10	4	14
Falta de terminal	2	0	2
<b>Total lado derecho del conductor</b>	<b>52</b>	<b>29</b>	<b>81</b>
<b>Lado izquierdo del conductor</b>			
Ancho de trabajo deficiente	1	0	1
Barreras impactadas	2	3	5
Sitios donde se requiere instalar barrera de concreto Longitud en (km) de barrera de concreto que se requiere	1 (0.04 km)	0	1 (0.04 km)
Sitios donde se requiere instalar barrera metálica Longitud en (km) de barrera metálica que se requiere	22 (19.01 km)	26 (8.12 km)	48 (27.13 km)
Falta de conexión entre barreras	6	1	7
Falta de terminal	2	0	2
<b>Total lado izquierdo del conductor</b>	<b>34</b>	<b>30</b>	<b>64</b>
<b>TOTAL</b>	<b>86</b>	<b>59</b>	<b>145</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.2 se observa que el estado donde se enlista mayor cantidad de deficiencias en las barreras metálicas es en Colima, siendo el lado derecho del conductor el que destaca, las deficiencias más comunes que destacan son la falta de barrera metálica, falta de conexiones entre barreras, terminales.

En la tabla 5.3 se presenta las longitudes de barreras faltantes, cabe destacar que dentro de estas cifras también se enlistan los sitios en donde se requiere el remplazo de la barrera existente, ya que debido al mantenimiento de la vía, mala instalación o

deterioros más del 90% de la barrera metálica lateral requiere ser remplazada para que cumpla su funcionalidad como lo estipula la normativa vigente, NOM-037-SCT2-2012, Barreras de protección en carreteras y vialidades urbanas.

**Tabla 5.3: Cantidad de barrera faltante**

<b>Cantidad de Barrera faltante</b>	<b>COL</b>	<b>JAL</b>	<b>Total</b>
<b>Lado derecho del conductor</b>			
Longitud de barrera de concreto que se requiere (km)	0.08	0.04	0.12
Longitud de barrera metálica que se requiere (km)	11.626	5	16.626
<b>Lado izquierdo del conductor</b>			
Longitud de barrera de concreto que se requiere (km)	0.04	0	0.04
Longitud de barrera metálica que se requiere (km)	19.01	8.12	27.13
<b>Cantidad total de barrera de concreto faltante (km)</b>	<b>0.12</b>	<b>0.04</b>	<b>0.16</b>
<b>Cantidad total de barrera metálica faltante (km)</b>	<b>30.636</b>	<b>13.12</b>	<b>43.756</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 5.3 el estado que requiere que se le instala mayor cantidad de barrera lateral es Colima con un total de 30.636 km, también se puede apreciar que la cantidad de barrera que se requiere instalar en el tramo en estudio en ambos sentidos es de 43.756 km lo cual representa una cifra muy importante.

### **5.3 Acotamientos y Bandas Alertadoras**

Para el caso de los acotamientos durante la ASV se revisó su ancho y que estuviese pavimentado, el ancho mínimo requerido es de 1 metro, cabe destacar que en todo el tramo en estudio se cumplió este requisito por lo cual se puede concluir que el acotamiento se encuentra en estado óptimo.

En lo que respecta a las bandas alertadoras durante la ASV se observó que el tramo en estudio no cuenta con bandas alertadoras por lo cual se propone colocarlas en ciertos sitios estratégicos, como es el caso de las tangentes prolongadas donde puede causar somnolencia al conductor y ocasionar que este salga de la vía, cabe destacar que las bandas alertadoras no se deben colocar en curvas o en zonas urbanas ya que pueden causar bastante ruido y molestar a los habitantes de la zona.

En la tabla 5.4 se presentan los sitios y las longitudes de bandas alertadoras que se recomienda colocar, así como las distancias en kilómetros por cada estado por donde pasa el tramo en estudio.

**Tabla 5.4: Bandas alertadoras que se recomienda colocar**

<b>Bandas Alertadoras</b>	<b>COL</b>	<b>JAL</b>	<b>Total</b>
<b>Lado derecho del conductor</b>			
Sitios donde se requiere instalar bandas alertadoras Longitud en (km) de banda alertadora que se requiere	10 (7.15 km)	4 (2.04 km)	14 (9.19 km)
<b>Lado izquierdo del conductor</b>			
Sitios donde se requiere instalar bandas alertadoras Longitud en (km) de banda alertadora que se requiere	8 (5.18 km)	4 (2.04 km)	12 (7.22 km)
<b>TOTAL</b>	18 (12.33 km)	8 (4.08 km)	26 (16.41 km)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.4 podemos apreciar que en el estado de Colima es donde se recomienda colocar la mayor cantidad de bandas alertadoras, la cantidad total de bandas alertadoras que se recomienda colocar en todo el tramo en estudio es de 16.41 km.

## 5.4 Alumbrado

El alumbrado se considera como un elemento se suma importancia dentro de la seguridad vial de una carretera ya que permite la visibilidad en condiciones nocturnas de puntos de alto conflicto en los que pueden ocurrir accidentes con graves consecuencias. Para el caso en estudio dentro de la ASV se revisó el alumbrado en tres tipos de infraestructura:

- Alumbrado en tramo carretero.
- Alumbrado en cruces peatonales.
- Alumbrado en intersecciones.

En la tabla 5.5 se presenta un compendio de los puntos de cada tipo de infraestructura en los que no se registra alumbrado o donde existe se encuentra en malas condiciones.

**Tabla 5.5: Deficiencias de alumbrado**

<b>Deficiencias en Alumbrado</b>	<b>COL</b>	<b>JAL</b>	<b>Total</b>
<b>Lado derecho del conductor</b>			
Deficiencia de alumbrado en cruce peatonal	11	3	14
Deficiencia de alumbrado en intersección	6	6	12
Sitios que requieren alumbrado en tramo carretero Longitud en (km) de alumbrado en tramo carretero	6 (2.36 km)	8 (4.96 km)	14 (7.32 km)
<b>Lado izquierdo del conductor</b>			
Deficiencia de alumbrado en intersección	1	4	5
Sitios que requieren alumbrado en tramo carretero Longitud en (km) de alumbrado en tramo carretero	3 (1.32 km)	5 (4.32 km)	8 (5.64 km)
<b>TOTAL</b>	27	26	53

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.5 se observa que en los dos estados casi es igual la cantidad de puntos que requieren alumbrado y que de lado derecho del conductor es la parte donde hay más sitios con deficiencia de alumbrado, también se aprecian las longitudes que requieren alumbrado y el lado derecho es donde se requiere la mayor cantidad.

## **5.5 Infraestructura para Peatones**

Dentro de una vialidad los peatones juegan un papel muy importante ya que son muy vulnerables al momento de ocurrir un accidente y los resultados pueden ser catastróficos, se debe prestar atención especial en los sitios donde interactúan los peatones con la carretera para salvaguardar su seguridad, utilizando infraestructura adecuada como es el caso de los puentes peatonales, que proporcionan una forma segura para que el peatón cruce las vialidades, y también las vallas peatonales son de suma importancia para canalizar a los peatones hacia los cruces seguros.

Durante la ASV se buscaron aquellos puntos en los que se incrementa el riesgo para los peatones al momento de interactuar con los vehículos que circulan por la vía. En la Tabla 5.6 se muestran las deficiencias, en materia de infraestructura para peatones, encontradas en la ASV realizada al tramo carretero en estudio.

**Tabla 5.6: Deficiencias de infraestructura para peatones**

<b>Deficiencias de infraestructura para peatones</b>	<b>COL</b>	<b>JAL</b>	<b>Total</b>
<b>Lado derecho del conductor</b>			
Puentes peatonales que se requieren	4	3	7
Sitios donde se requiere valla o cerca peatonal	11	3	14
Longitud en (km) de valla o cerca peatonal requerida	(1.04 km)	(0.30 km)	(1.34 km)
<b>Lado izquierdo del conductor</b>			
Sitios donde se requiere valla o cerca peatonal	12	3	15
Longitud en (km) de valla o cerca peatonal requerida	(1.19 km)	(0.40 km)	(1.59 km)
<b>Total de puentes peatonales que se requieren</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<b>Total de sitios de valla o cerca peatonal requerida</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>29</b>
<b>Longitud total de valla o cerca peatonal requerida</b>	<b>2.23 (km)</b>	<b>0.7 (km)</b>	<b>2.93 (km)</b>

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la ASV se detectaron 7 sitios que requieren la instalación de puentes peatonales, de los cuales 4 se encuentran en el estado de Colima y 3 en Jalisco, también se detectaron 29 sitios que requieren valla peatonal de los cuales 23 están en el estado de Colima, de lo cual podemos concluir que el estado de Colima es el que requiere mayor atención respecto a infraestructura para peatones.

## **5.6 Infraestructura para Disminuir Velocidad y Zonas Escolares.**

Durante la ASV se detectaron 4 zonas escolares, las cuales requieren un mejoramiento en el señalamiento horizontal y vertical como lo estipula la normativa vigente NOM -034-SCT2-2011 para advertir a los conductores la presencia de peatones en la zona, que por lo general son niños y jóvenes. También es importante considerar el mejoramiento y la instalación de infraestructura para reducir la velocidad en esa zona y en las entradas a zonas urbanas en donde existe una interacción entre peatones y vehículos.

En la tabla 5.7 se enlistan las zonas escolares detectadas durante la ASV en el tramo en estudio, las cuales fueron 4 en el estado de Colima se ubican 3 y en el estado de Jalisco 1, también se ubicaron los puntos que requieren infraestructura para disminuir la velocidad, como es el caso de los accesos a zonas urbanas, intersecciones, cruces peatonales y zonas escolares, en total se detectaron 17 puntos que requieren este tipo de infraestructura, de los cuales el estado de Jalisco requiere 12.

**Tabla 5.7: Infraestructura para disminuir velocidad y zonas escolares**

<b>Infraestructura para disminuir velocidad y zonas escolares</b>	<b>COL</b>	<b>JAL</b>	<b>Total</b>
<b>Lado derecho del conductor</b>			
Infraestructura para disminuir velocidad	6	3	9
Zonas escolares	1	0	1
<b>Lado izquierdo del conductor</b>			
Infraestructura para disminuir velocidad	6	2	8
Zonas escolares	2	1	3
<b>Total de Infraestructura para disminuir velocidad</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>17</b>
<b>Total de zonas escolares</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 5.7 Control de Accesos Irregulares

Dentro de la revisión también se detectaron los puntos donde existen accesos irregulares a la vía principal, los cuales normalmente son accesos a propiedades privadas (parcelas, casas habitación, centros recreativos, comercios, etc) los cuales representan un riesgo alto para los usuarios ya que no se encuentran señalizados ni cuentan con la infraestructura adecuada para la incorporación segura de los vehículos a la vía principal.

En la tabla 5.8 se enlistan los accesos irregulares por ambos lados de la vía, en la cual podemos observar que se tiene un total de 82 accesos irregulares, de los cuales 51 se encuentran en el estado de Colima, también se aprecia que la cantidad de accesos es muy similar por ambos lados de la vía siendo para el lado derecho del conductor 43 y para el lado izquierdo 39. Para estos sitios es muy importante

restringir su acceso a la vía principal y para los casos que lo requiera formalizar la misma, para lograr aumentar la seguridad vial del tramo en estudio.

**Tabla 5.8: Control de accesos irregulares**

<b>Control de accesos irregulares</b>	<b>COL</b>	<b>JAL</b>	<b>Total</b>
<b>Lado derecho del conductor</b>			
Accesos irregulares	27	16	43
<b>Lado izquierdo del conductor</b>			
Accesos irregulares	24	15	39
<b>Total de accesos irregulares</b>	<b>51</b>	<b>31</b>	<b>82</b>

Fuente: Elaboración propia

## 5.8 Carriles Auxiliares

En la ASV se observó que las longitudes de carriles auxiliares de aceleración y desaceleración en incorporación o salidas en algunos casos son inexistentes o no cuentan con la longitud necesaria para la correcta y segura incorporación o salida de los vehículos desde y hacia la vía principal, para estos casos se recomienda construir y/o ampliar los carriles auxiliares.

En la tabla 5.9 se presentan los sitios y los carriles auxiliares que se recomienda mejorar en el tramo en estudio, para este caso en la tabla se enlistaron las paradas de autobús, intersecciones y accesos, de los cuales se recomienda mejorar un total de 29 sitios en todo el tramo analizado, el estado de Colima requiere que se mejoren 22 sitios y el estado de Jalisco 7, cabe destacar que en el lado derecho para el estado de Colima es donde se detectaron la mayor cantidad de puntos a mejorar con un total de 14.

**Tabla 5.9: Sitios que requieren mejorar o instalar carriles auxiliares**

<b>Carriles auxiliares que requieren ser mejorados</b>	<b>COL</b>	<b>JAL</b>	<b>Total</b>
<b>Lado derecho del conductor</b>			
Accesos	7	4	11
Intersecciones	3	1	4
Paradas de autobús	4	0	4
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>19</b>
<b>Lado izquierdo del conductor</b>			
Accesos	2	1	3
Intersecciones	1	1	2
Paradas de autobús	5	0	5
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>10</b>
<b>Total de puntos que requieren ser mejorados</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>29</b>

Fuente: Elaboración propia

## **5.9 Señalamiento Horizontal y Vertical**

El señalamiento horizontal y vertical son de vital importancia en las carreteras ya que previenen, orientan e informan al conductor sobre distintas situaciones que puede encontrarse en su camino. Conocerlo es de gran utilidad para salvaguardar la seguridad del conductor y del tránsito en nuestras carreteras.

Durante la auscultación del tramo en estudio se lograron detectar numerosos problemas de señalamiento como son: ausencia de señales, falta de conservación en el señalamiento horizontal y vertical, así como señalamiento mal ubicado.

En la tabla 5.10 se muestran las deficiencias detectadas del señalamiento vertical de la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque, incluye la contabilización del señalamiento faltante por tipo de señal, así como por el lado que se requiere y la sumatoria por entidad federativa.

**Tabla 5.10: Deficiencias del señalamiento vertical**

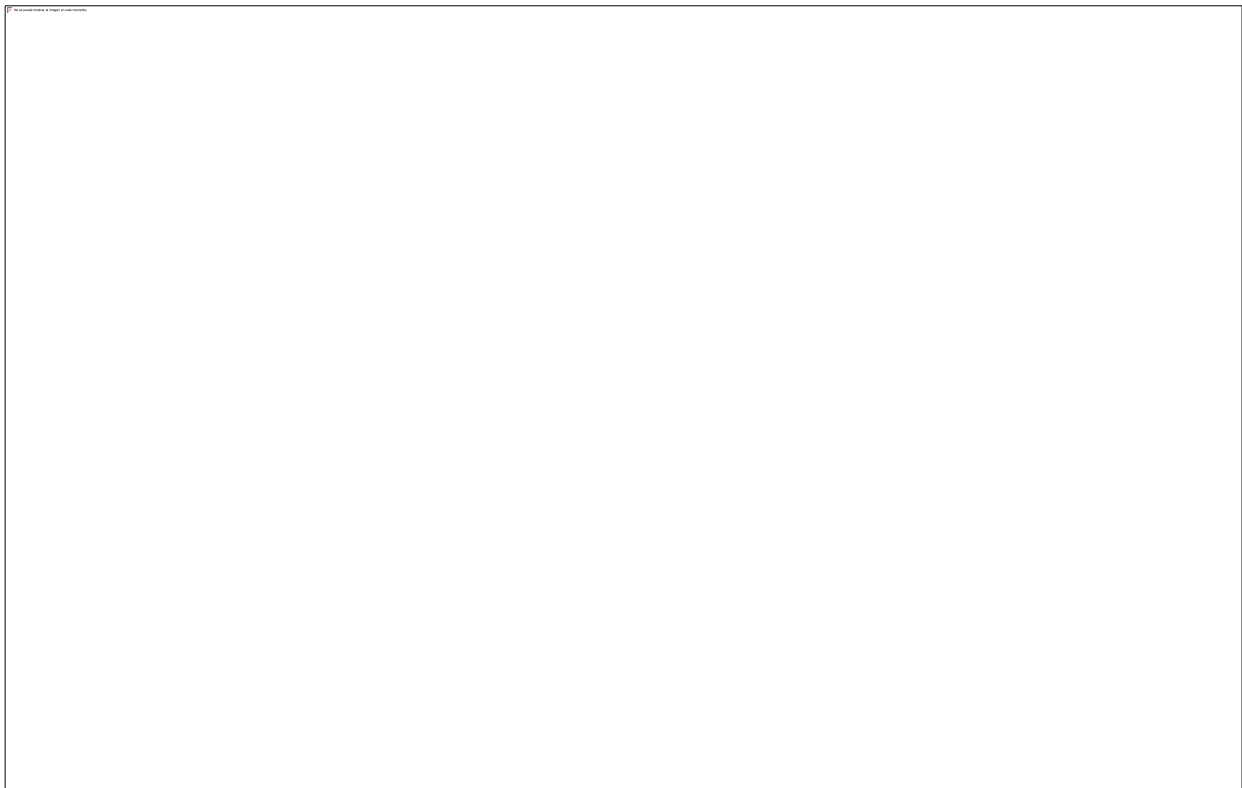
--

Fuente: Elaboración propia

Analizando la tabla 5.10 podemos apreciar que la mayor carencia de señalamiento es para el preventivo, posteriormente también se observa una gran carencia en las señales diversas de las cuales destaca la señal (OD-5) indicador de obstáculos, en total se recomienda mejorar e instalar 142 señales.

En la tabla 5.11 se enlistan las deficiencias detectadas del señalamiento horizontal, por ambos lados de la vía y por entidad federativa, en la cual destaca que el estado de Jalisco es el que tiene mayores problemas respecto a este tipo de señalamiento, y las líneas que presentan más problemas son las de orilla del arroyo vial y posteriormente las separadoras de sentido de circulación.

**Tabla 5.11: Deficiencias del señalamiento horizontal**

The image shows a large, empty rectangular box with a thin black border, which is intended to contain the data for Table 5.11. The table content is not visible in the provided image.

Fuente: Elaboración propia

## 5.10 Otros

Durante la ASV se detectaron tres puntos específicos que requieren de atención especial, en el kilómetro 39+380 se encuentra ubicada una parada de autobús que no cuenta con carriles de aceleración ni de desaceleración, tampoco cuenta con bahía de ascenso y descenso de pasajeros, por lo cual los camiones se paran en el acotamiento para realizar estas maniobras, acto que representa un peligro de seguridad vial para lo cual se recomienda reubicar la parada de autobús a un sitio más seguro o en su defecto recorrerla un poco hacia atrás para incorporar las medidas de seguridad pertinentes, ver figura 5.1.



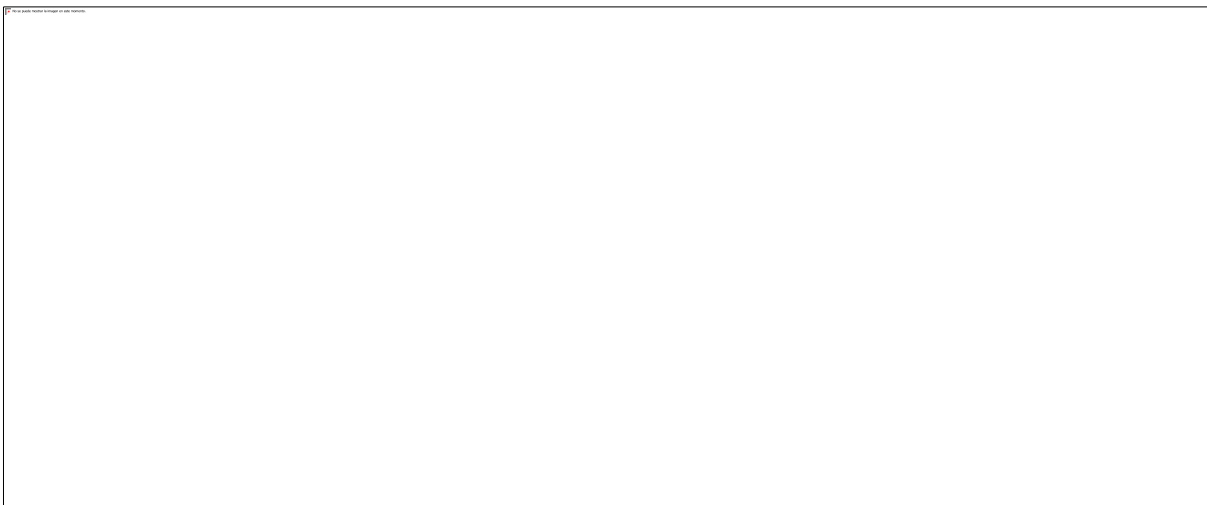
### **Figura 5.1: Parada de autobús que representa un peligro de seguridad vial**

En el kilómetro 35+620 de lado izquierdo del conductor se encuentra una parada de autobús ubicada en una curva que no cuenta con carriles de aceleración ni de desaceleración, tampoco cuenta con bahía de ascenso y descenso de pasajeros por lo cual el camión tiene que pararse en el acotamiento para realizar esta maniobra, cuestión que proporciona un grave peligro de seguridad vial, por lo cual se recomienda reubicar la parada de autobús para que se le instalen las medidas de seguridad pertinentes, ver figura 5.2.



**Figura 5.2: Parada de autobús que representa un peligro de seguridad vial**

En el kilómetro 33+500 se detectó una señal de cruce peatonal a nivel (SP-32) bajo un puente peatonal, lo cual puede confundir a los usuarios de la vía y a los peatones, se recomienda retirar esta señal y que los peatones utilicen únicamente el puente peatonal para cruzar la vía por eso punto, ver figura 5.3.



**Figura 5.3: Señal SP-32 mal ubicada**

En este capítulo se presentó una descripción general de los principales problemas de seguridad vial detectados en la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque, así como la cuantificación de los mismos. En el Anexo 1 se muestra el listado completo por ambos lados de la vía y por kilómetro, de todas las deficiencias encontradas al auditar la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque.

## **6. MEDIDAS DE MEJORAMIENTO**

En este capítulo se presentan una serie de recomendaciones propuestas para solventar las deficiencias detectadas durante la Auditoría de Seguridad Vial, mediante las cuales se pretende mejorar la seguridad vial de la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque.

### **6.1 Zonas Laterales**

Las zonas laterales de la vía deben estar despejadas para proporcionar una superficie traspasable por los vehículos de forma que si estos salen del camino puedan recuperarse. Se recomienda entre 9 y 10 m de zona lateral que no haya presencia de objetos peligrosos, cortes con pendiente ascendente, cunetas profundas, terraplenes, precipicios, estructuras rígidas, puntas de barreras desprotegidas, rocas de grandes dimensiones, árboles, postes, etc.

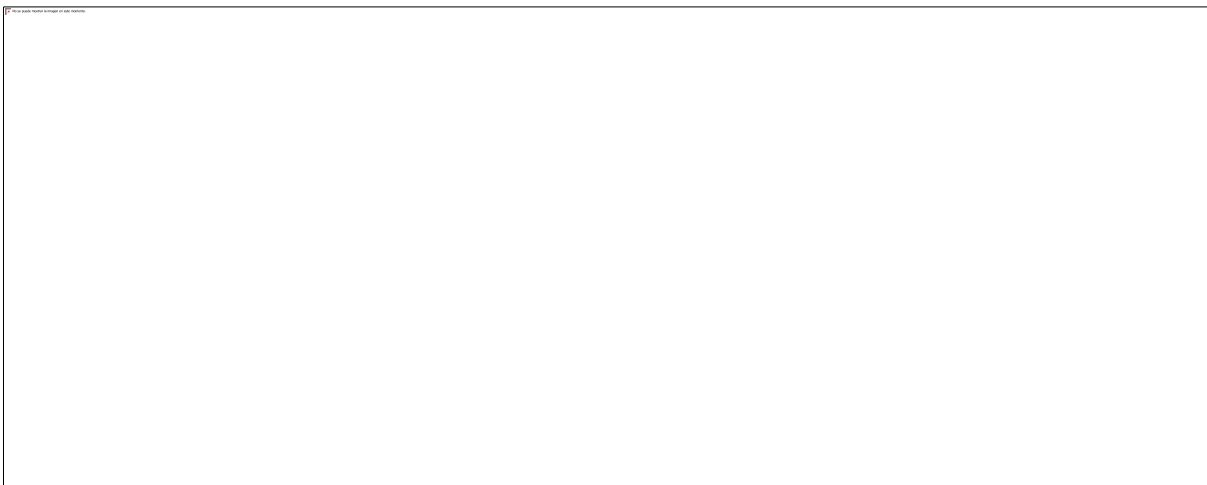
Después de haber realizado la auscultación del tramo en estudio se detectaron algunos de los elementos que se mencionaron anteriormente en las zonas laterales y que representan un peligro para la seguridad vial del tramo. En este apartado se efectúan propuestas de medidas de mejoramiento concretas que permitan que la carretera no sea riesgosa, es decir, se propone la remoción o protección de los elementos que representan un peligro de tal manera de evitar el accidente o reducir su severidad, en aquellos casos en los que ya existen dispositivos de seguridad en el tramo, se determinó si son adecuados para proteger a los usuarios, si están colocados donde son necesarios y también se verificó su correcta instalación.

La propuesta de mejoramiento para algunas señales informativas elevadas tipo bandera consiste en cambiar la señal elevada por una señal informativa baja para que el poste que la sujeta no represente un peligro de seguridad vial como se muestra en la figura 6.1.



**Figura 6.1: Cambiar señal informativa elevada por señal informativa baja**

Para algunos postes la medida de mejoramiento recomendada es proteger con barreras metálicas de orilla de corona (considerando el ancho de trabajo de las mismas) para evitar que los vehículos que pierdan el control se impacten sobre los postes, ver figura 6.2.



**Figura 6.2: Protección de postes**

La medida de mejoramiento propuesta para los árboles que se encuentran ubicados muy cerca de la vía (longitud menor a 10 m) se recomienda analizar la alternativa de retirarlos o de protegerlos para evitar que algún vehículo que pierda el control se impacte sobre ellos, ver figura 6.3.



**Figura 6.3: Eliminar o proteger arboles**

Para el caso donde se tienen pilas o de objetos fijos muy cerca de la vía donde el ancho de trabajo de las barreras metálicas no es suficiente para proteger los objetos, se recomienda colocar berrea de concreto para evitar la colisión de los vehículos errantes con las estructuras, ver figura 6.4.



**Figura 6.4: Protección para pilas y objetos fijos muy cercanos a las vía**

## **6.2 Barreras**

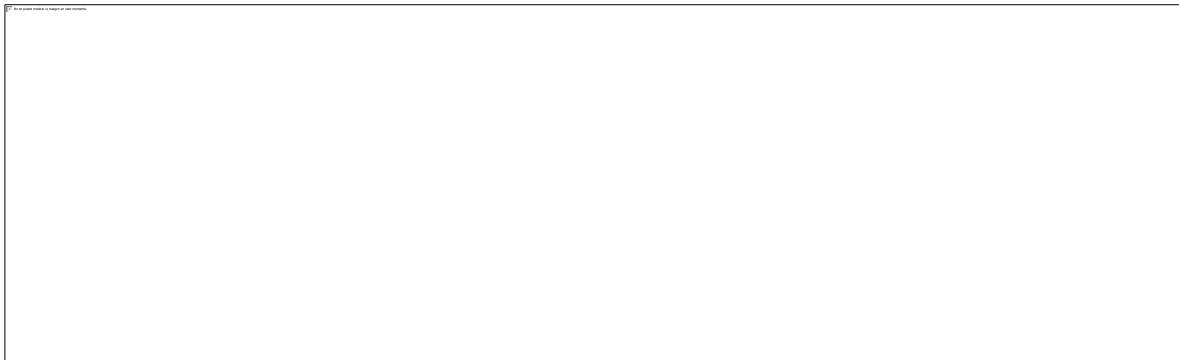
Las barreras son un dispositivo de seguridad muy eficaz en las carreteras, cabe destacar que es de suma importancia que su instalación sea correcta para que se cumpla el objetivo para el cual fue diseñado en la NOM-037-SCT2-2012, Barreras de protección en carreteras y vialidades urbanas, se especifica cual es la forma correcta de sus instalación, para que puedan reencausar a los vehículos que se salen de la vía, de forma que es fundamental que estén correctamente colocadas, que tengan libre su ancho de trabajo, que se les proporcione el mantenimiento adecuado y que cuente con las terminales adecuadas, es decir, que la barrera en sí no represente un peligro y desempeñe correctamente el trabajo para el cual fue diseñada. A continuación se presentan las medidas de mejoramiento para los principales problemas encontrados durante la ASV al tramo en estudio.

Respecto a las bifurcaciones que se observó no cuentan con dispositivo de protección se recomienda instalar amortiguador de absorción de impacto, como se observa en la figura 6.5.



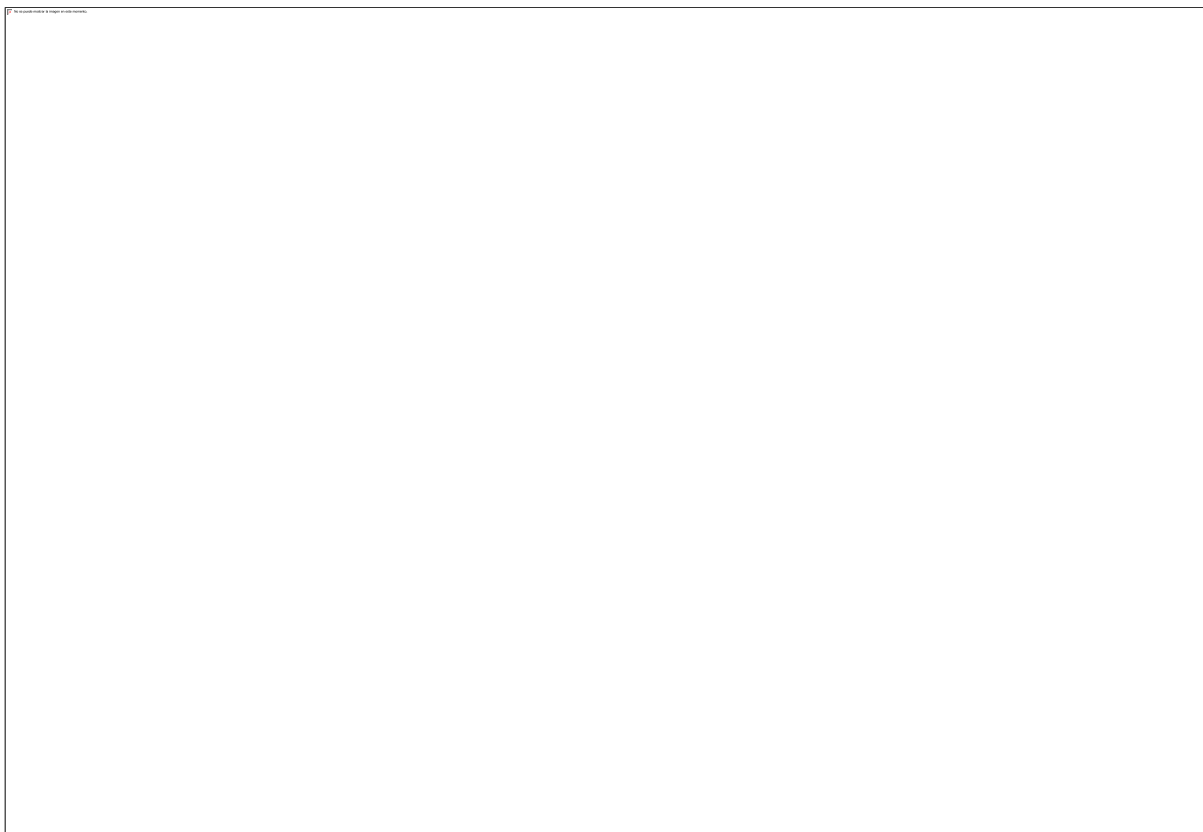
**Figura 6.5: Ejemplos de amortiguadores de absorción de impacto**

Para aquellas barreras que tienen terminación tipo “cola de pescado” se recomienda reemplazar este tipo de terminales por terminales de impacto adecuadas desde el punto de vista de la seguridad vial, además de colocar las que hagan falta en los extremos en los casos que ni siquiera cuenten con una terminal, ver figura 6.6.



**Figura 6.6: Ejemplos de terminales de impacto para barrera metálica**

En lo que se refiere a conexión entre barreras metálicas de diferentes crestas, barreras de concreto y parapetos de puentes se recomienda hacerlo con forme marca la normativa vigente NOM-037-SCT2-2012, Barreras de protección en carreteras y vialidades urbanas, ver figura 6.7.



**Figura 6.7: Transición de barrera metálica de dos y tres crestas y muro vertical de concreto**

Para aquellos casos en los que se detectó la falta de mantenimiento de la barrera, la medida de mejoramiento propuesta es el inmediato reemplazo de las barreras impactadas, con el propósito de que se cumpla con la función para la cual fue instalada en un principio, siendo evidente que es indispensable el buen funcionamiento de la misma ya que se observa que se tiene una zona peligrosa.

Para los casos donde se detectó que existe algún objeto que interviene con el ancho de trabajo de la barrera metálica se recomienda valorar si se puede retirar el objeto o de lo contrario protegerlo con una barrera rígida para ese punto en particular.

### **6.3 Acotamientos**

La importancia de los acotamientos radica en ser un espacio libre de obstáculos a los lados de la vía, mismo que proporciona un incremento en la seguridad por ser un espacio que permite una mayor distancia de visibilidad así como para que el

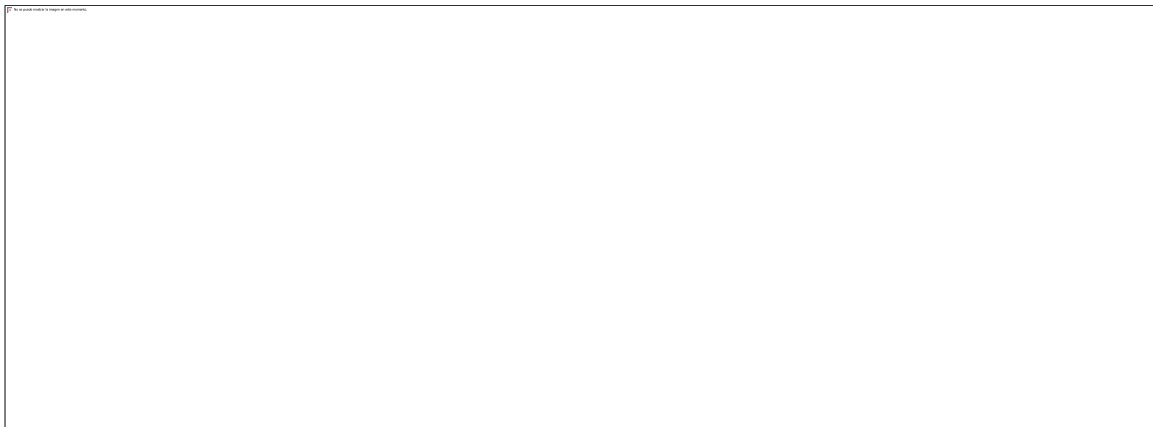
vehículo regrese con seguridad al carril de tránsito. Adicionalmente sobre este espacio se colocan algunos dispositivos de seguridad tales como las bandas alertadoras que, como su nombre lo dice, alertan a los conductores que abandonan el carril de tránsito.

Del acotamiento se revisó que tuviese como mínimo un metro de ancho y que este se encuentra pavimentado y en correctas condiciones, cabe mencionar que en general todo el tramo analizado cumple con estos requisitos.

## 6.4 Bandas Alertadoras

Las bandas alertadoras son un dispositivo de seguridad vial muy eficiente ya que proporcionan una alerta vibratoria y sonora a aquellos conductores que se salen del camino, evitando de esta forma la pérdida de control del vehículo o la colisión contra objetos u otros usuarios de la vía.

La carretera MEX-200 en el tramo Manzanillo-Melaque, no cuenta con bandas alertadoras, por lo tanto como medida de mejoramiento se propone la instalación de las mismas en los tramos donde se requiere, como son las tangentes largas, evitando su instalación en zonas urbanas, curvas o accesos, ver figura 6.8.

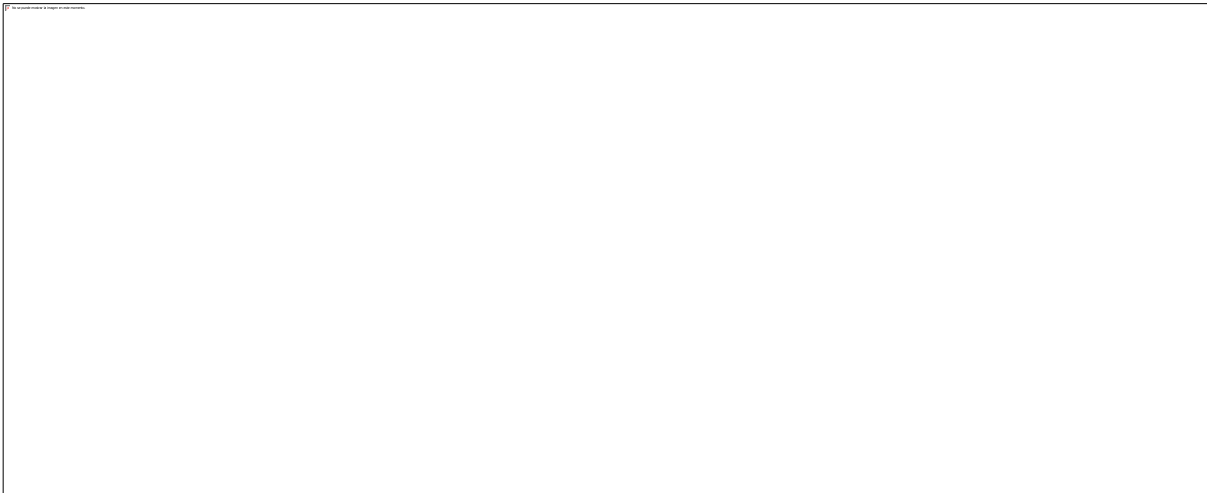


**Figura 6.8: Zona apropiada para instalar bandas alertadoras**

## 6.5 Alumbrado

El alumbrado contribuye en gran medida a mejorar las condiciones de seguridad en una vía en la condición nocturna, es por esto que durante la ASV se revisó el alumbrado en tres puntos importantes: los cruces peatonales en los que se evitan atropellamientos, en las intersecciones ya que si se encuentra bien iluminada se reduce el riesgo de colisión por falta de visibilidad, y en tramos carreteros evitando de esta forma atropellamientos a peatones presentes a lo largo del camino.

La medida de mejoramiento propuesta para los tramos carreteros que no cuentan con iluminación y se encuentran urbanizados, se recomienda instalar postes con luminarias en los puntos requeridos para iluminar la zona, ver figura 6.9.



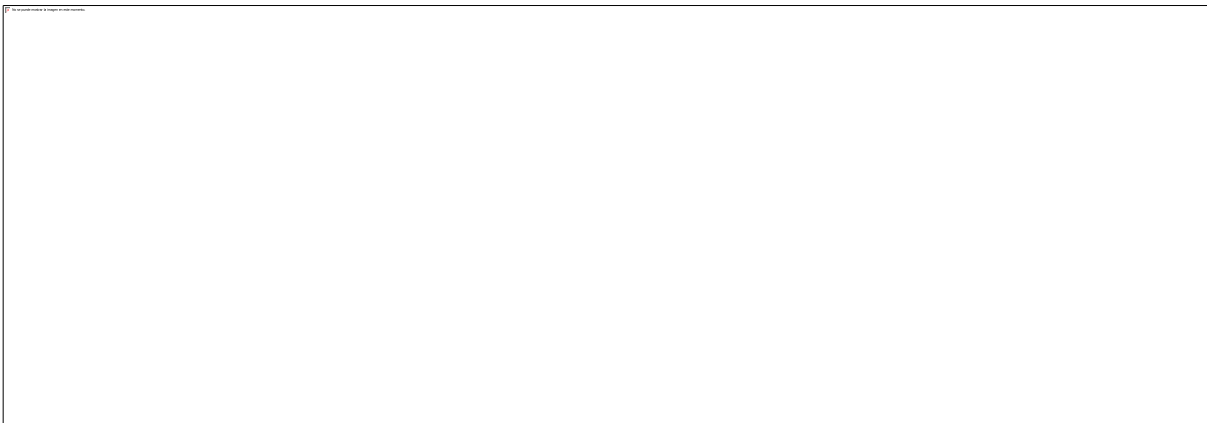
**Figura 6.9: Instalación de postes con luminarias en tramo carretero**

En los sitios donde existen puentes peatonales que no cuentan con alumbrado, se recomienda instalar luminarias en los puentes para iluminarlos durante la noche y con esta medida hacerlos más seguros y confiables para los peatones, ver figura 6.10.



**Figura 6.10: Instalar alumbrado en puente peatonal**

Para las intersecciones que no cuentan con alumbrado se recomienda colocar postes con luminarias en los puntos requeridos para iluminar la zona y reducir el riesgo de colisiones en la noche por falta de visibilidad, ver figura 6.11.



**Figura 6.11: Colocar postes con luminarias en intersecciones**

## **6.6 Infraestructura para Peatones**

En la ASV se revisaron los cruces peatonales a desnivel existentes detectando zonas en la que los peatones no utilizan la infraestructura diseñada para su seguridad, atravesando la vía al mismo nivel que el flujo vehicular, representando esto un alto riesgo de atropellamientos por la interacción de usuarios a nivel, además de que el conductor de vehículo circula a mayor velocidad y no espera encontrar peatones cruzando la vía debido a la existencia del puente peatonal. Esta situación se puede evitar o mitigar con la instalación de vallas o cercas que obligue al peatón

a utilizar la infraestructura existente especialmente diseñada para preservar su seguridad. Es por esta razón que se revisaron y detectaron las zonas aledañas a los puentes peatonales que no cuentan con vallas o cercas para peatones.

Se propone la instalación de 7 puentes peatonales en diferentes puntos del tramo analizado, así como sus respectivas cercas peatonales. En la tabla 6.1 se presenta el resumen de la infraestructura para peatones propuesta del tramo en estudio.

**Tabla 6.1: Deficiencias de infraestructura para peatones**

<b>Deficiencias de infraestructura para peatones</b>	<b>COL</b>	<b>JAL</b>	<b>Total</b>
<b>Lado derecho del conductor</b>			
Puentes peatonales que se requieren	4	3	7
Sitios donde se requiere valla o cerca peatonal	11	3	14
Longitud en (km) de valla o cerca peatonal requerida	(1.04 km)	(0.30 km)	(1.34 km)
<b>Lado izquierdo del conductor</b>			
Sitios donde se requiere valla o cerca peatonal	12	3	15
Longitud en (km) de valla o cerca peatonal requerida	(1.19 km)	(0.40 km)	(1.59 km)
<b>Total de puentes peatonales que se requieren</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<b>Total de sitios de valla o cerca peatonal requerida</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>29</b>
<b>Longitud total de valla o cerca peatonal requerida</b>	<b>2.23 (km)</b>	<b>0.7 (km)</b>	<b>2.93 (km)</b>

Fuente: Elaboración propia

## 6.7 Zonas Escolares

Es recomendable que las zonas escolares tengan límites de velocidad reducidos y que se coloque de forma correcta la señalización de zona escolar, como está indicada en la NOM-034-SCT2-2011 “Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas”.

Al realizar la ASV en el tramo Manzanillo-Melaque, se detectaron zonas escolares que no cuentan con la infraestructura adecuada para el cruce seguro de peatones, también se observó que el señalamiento no cumple con la normativa indicada en la NOM-034-SCT2-2011 “Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas” lo cual incrementándose el riesgo de atropellamiento por alta concentración de peatones a los costados de la vía.

Se recomienda instalar de forma correcta las señales de cruce escolar como lo marca la normativa NOM-034-SCT2-2011, ver figura 6.12.



**Figura 6.12: Señal preventiva para zonas escolares**

Para determinar la distancia longitudinal a la cual se deben instalar la señales preventivas antes de la zona de riesgo se debe contemplar la velocidad como lo indica la tabla 6.2 extraída del Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad 2014.

**Tabla 6.2: Ubicación longitudinal de las señales preventivas**

A large empty rectangular box intended for the table detailing the longitudinal location of preventive signs.

Fuente: Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad 2014.

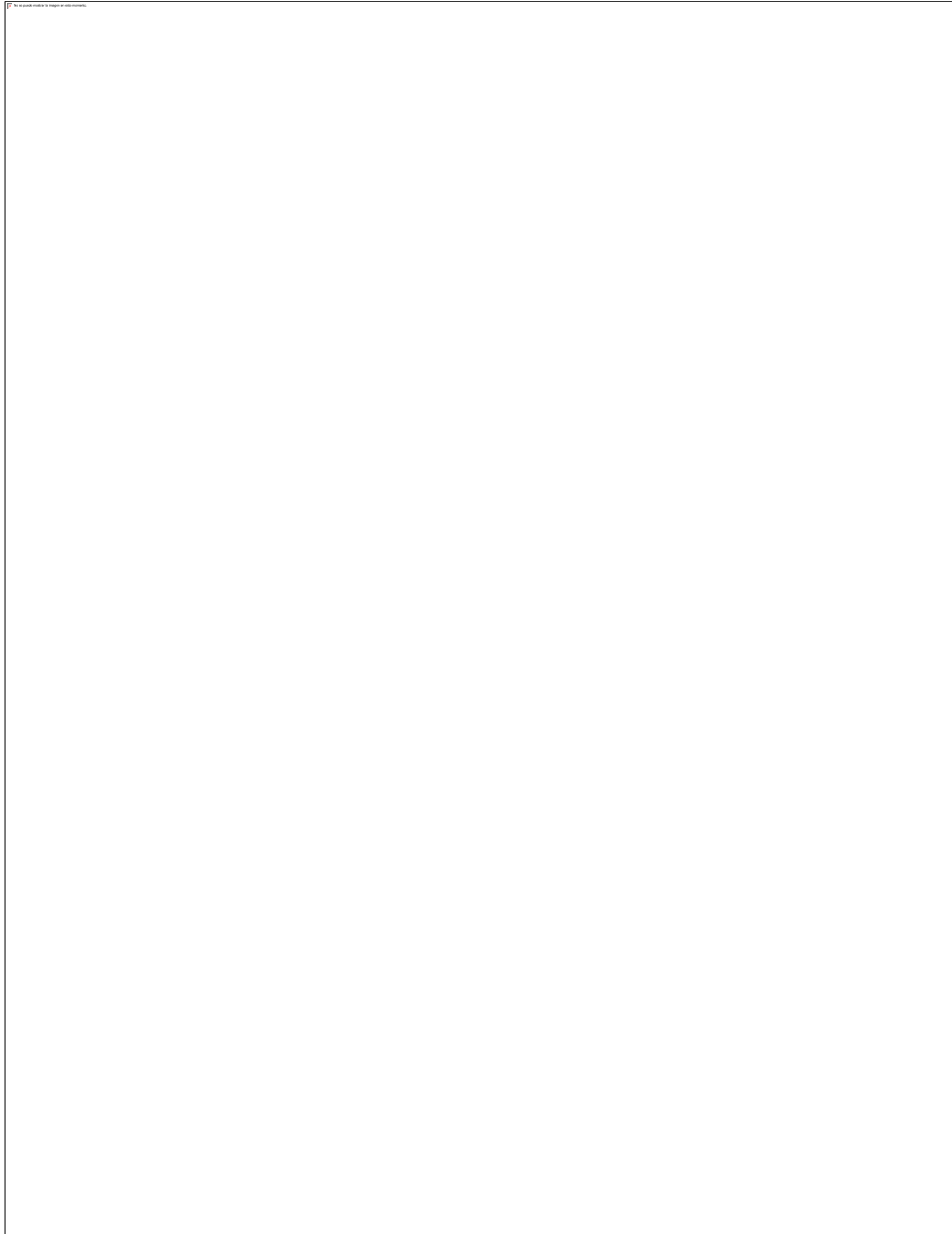
## **6.8 Infraestructura para Disminuir Velocidad**

La infraestructura para disminuir velocidad utilizada en carreteras y vialidades urbanas, normalmente se aplica en zonas donde hay un índice elevado de probabilidad que exista un atropellamiento y esto puede ser en las entradas a zonas urbanas donde los vehículos deben disminuir su velocidad, en los pasos a nivel de peatones, cruces a nivel con vías férreas, intersecciones, en zonas escolares, zonas comerciales.

Se recomienda instalar la infraestructura para disminuir velocidad de forma correcta como lo marca la normativa vigente NOM-034-SCT2-2011, Para el caso específico del tramo en estudio, se propone que la infraestructura para disminuir velocidad sean rayas logarítmicas, mismas que producen al conductor una ilusión óptica y auditiva de que el vehículo se acelera, siendo la reacción del mismo el reducir la velocidad. Es importante combinar este tipo de infraestructura con la señalización preventiva adecuada. Las rayas deben ser de color blanco reflejante, de 60 cm de ancho y colocarse en forma transversal al eje de la carretera en el sentido de circulación como se muestra en la figura 6.13. Dichas rayas deben ser realizadas, su longitud total, el número de rayas y la separación entre ellas se determinan conforme a lo señalado en la figura 6.14 las cuales fueron extraídas del Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad 2014.



**Figura 6.13: Ejemplo de colocación de rayas logarítmicas para velocidad de entrada de 50 km/h y velocidad de salida de 30 Km/h**



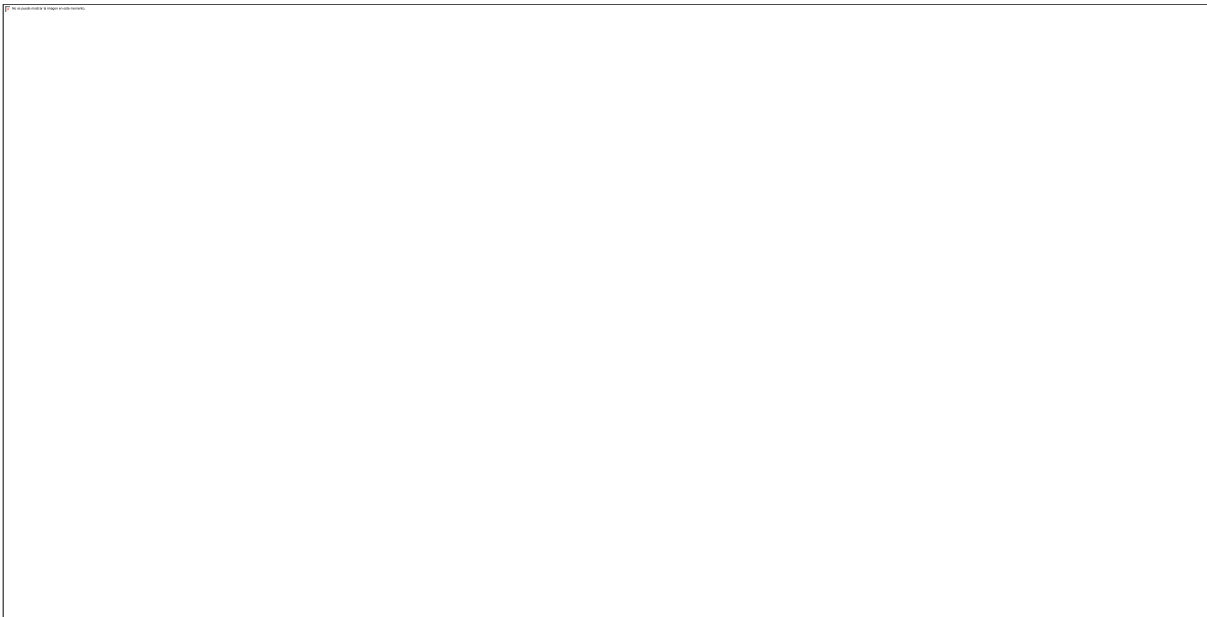
**Figura 6.14: Separación entre rayas con espaciamento logarítmico**

## 6.9 Control de Accesos Irregulares

Es de suma importancia el control de los accesos irregulares ya que incrementan el riesgo de accidentes debido a la incorporación no señalizada y por consiguiente sin carriles auxiliares, este tipo de accesos normalmente se incorporan desde propiedades privadas o terracerías.

La medida de mejoramiento es eliminar este tipo de accesos ya se con barrera metálica o de concreto según sea el caso y para los casos donde es un acceso irregular muy importante se requiere formalizar el mismo.

Para el tramo en estudio se cuenta con 82 accesos irregulares los cuales deben ser eliminados para mejorar la seguridad vial del tramo en estudio, ver figura 6.15.



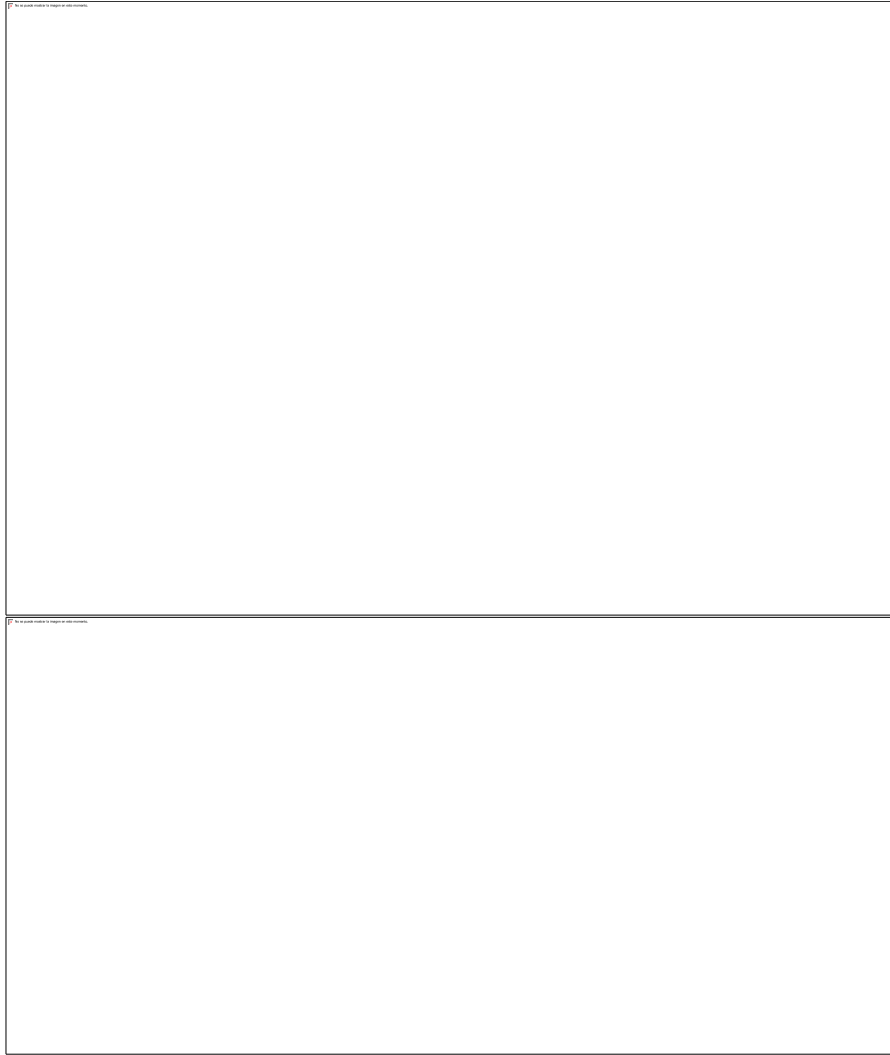
**Figura 6.15: La medida de mejoramiento para este caso es prolongar la barrera metálica**

## 6.10 Carriles Auxiliares

La función de los carriles auxiliares es de hacer más fácil y segura las maniobras de incorporación y salidas de la vía principal, por lo cual es muy importante que cuenten con su longitud adecuada para que cumplan con su función correctamente, esta

longitud viene estipulada en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, también es importante que los carriles auxiliares se encuentren en buen estado ya que esta medida también disminuye la probabilidad de un accidente.

Como ya se estipulo anteriormente las zonas que se revisaron en la ASV respecto a carriles auxiliares fueron las paradas de autobús, intersecciones y accesos, delas cuales se detectó que 29 sitios requieren ser mejorados, por lo tanto la medida de mejoramiento propuesta consiste en construir y ampliar los carriles auxiliares correspondientes de acuerdo a las especificaciones del Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, las cuales se representan en la figura 6.16.



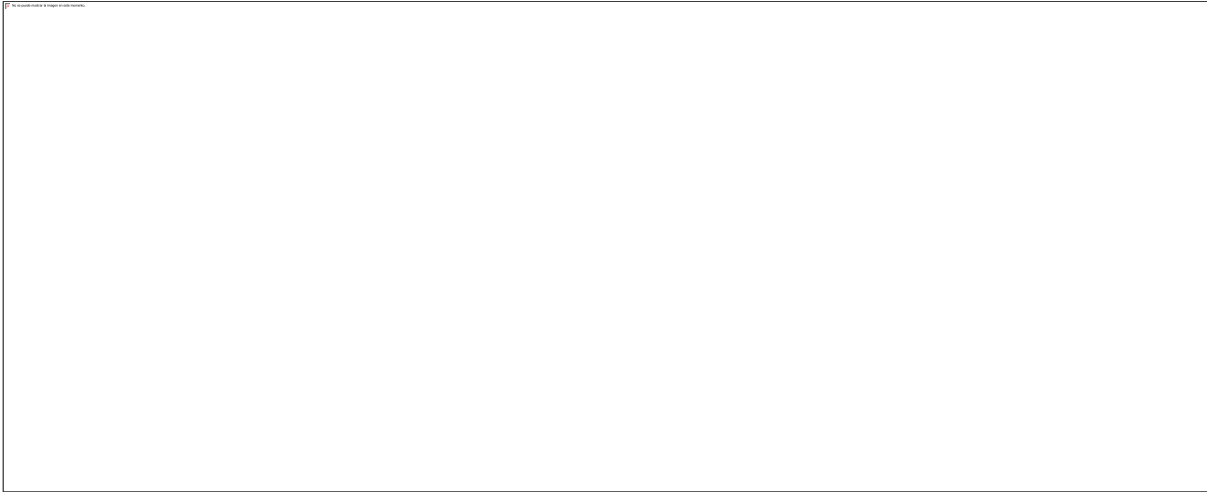
**Figura 6.16: Parámetros estipulados por el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras para determinar la longitud de los carriles de aceleración y desaceleración**

## **6.11 Otros**

En ciertos puntos del tramo carretero se detectaron deficiencias particulares, para las cuales se proponen las siguientes medidas de mejoramiento.

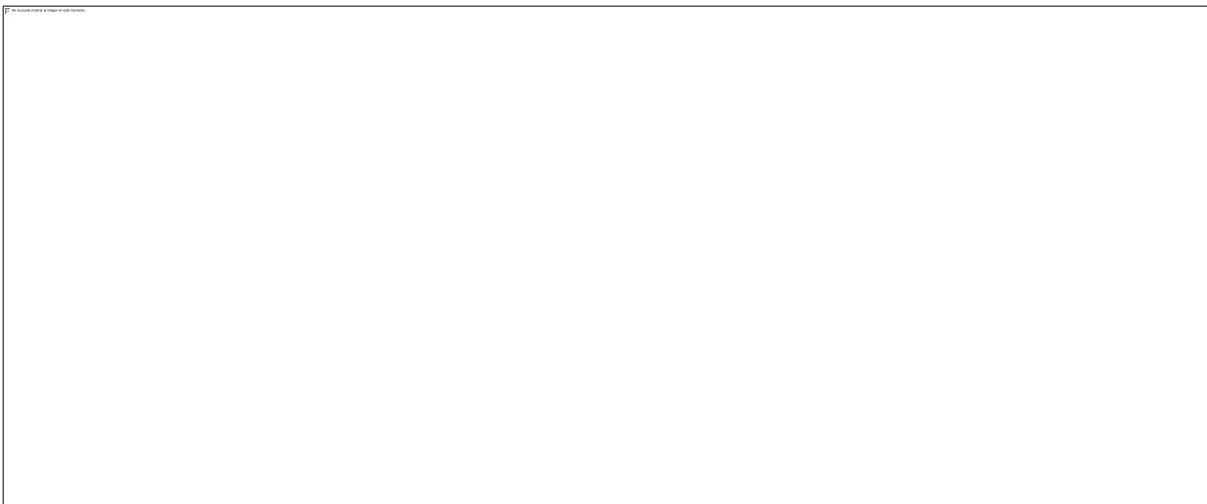
Se detectaron dos sitios con paradas de autobús que representan un peligro de seguridad vial, ya que no cuentan con bahía para descenso y ascenso de pasajeros, tampoco cuentan con carriles de aceleración ni de desaceleración, por lo tanto para estos casos se recomienda reubicar las paradas de autobús a una zona más segura

donde se les pueda colocar la infraestructura de seguridad adecuada para su correcto funcionamiento, ver figura 6.17.



**Figura 6.17: Parada de autobús que representa un peligro de seguridad vial**

Otra deficiencia que fue detectada es una señal SP-32 que corresponde a cruce de peatones a nivel, se encuentra ubicada bajo un puente peatonal, lo cual puede confundir tanto a los peatones como a los automovilistas y este conflicto podría cuásar un accidente, lo más recomendable para estos casos es retirar la señal y que los peatones usen el puente peatonal para cruzar de forma segura la vía, ver figura 6.18.

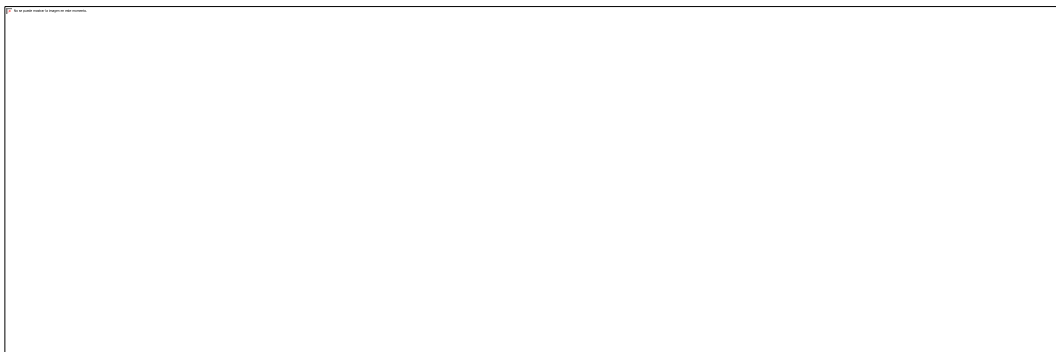


**Figura 6.18: Señal SP-32 cruce de peatones mal ubicada**

## 6.12 Análisis y Recomendaciones en Puntos de Riesgo (PdR)

En base a los resultados obtenidos de la gráfica de cadenamiento vs clasificación por estrellas y de la ASV se ubicaron los principales puntos de riesgo del tramo carretero Manzanillo-Melaque, los cuales se analizaron de forma puntal para determinar las medidas de mejoramiento más apropiadas en base a la factibilidad de su implementación para mejorar la seguridad vial de esos sitios, cabe destacar que dentro del análisis se ubicaron 6 PdR los cuales obedecen principalmente a intersecciones, retornos y accesos a la vía principal, ver Tabla 6.3.

**Tabla 6.3: Ubicación de puntos de riesgo (PdR)**



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6.4 se muestra un análisis completo del PdR 1 el cual corresponde a un retorno a desnivel ubicado en el kilómetro 19+600 de la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque. En la gráfica de cadenamiento vs clasificación por estrellas se observa un pico en este sitio en particular, además iRAP otorgo una clasificación de 1 estrella en base a los criterios de seguridad vial que fueron evaluados en el retorno, cuando se realizó la ASV se detectó la problemática existente en el sitio la cual corresponde a la falta de señalización y dispositivos para disminuir velocidad a los vehículos que ingresan al retorno ya que este es muy angosto y sus radios de curvatura son muy restringidos lo cual es peligroso para los vehículos que ingresan a altas velocidades, también se detectó que falta de iluminación y de un dispositivo

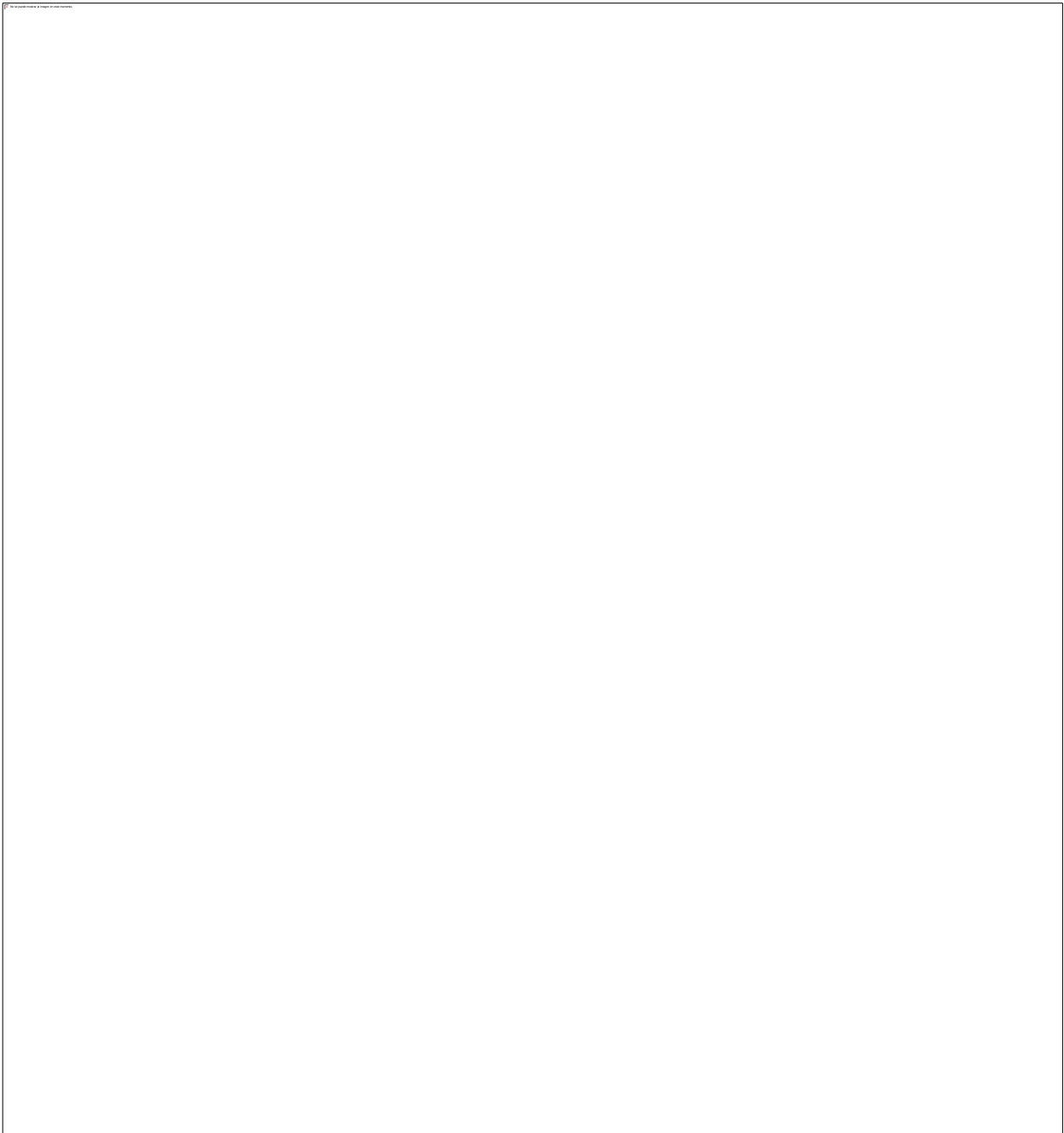
para disipar energía en la bifurcación (amortiguador de impacto) y terminales adecuadas en puntas de barreras, así como eliminar un acceso irregular ubicado en la gasa del retorno.

Después de identificar la problemática existente se analiza si las medidas de mejoramiento propuestas por la metodología iRAP son las más apropiadas para prevenir o disminuir el riesgo de muertos y lesionados graves en la ocurrencia de un accidente.

A partir del análisis de toda la información recopilada que se tiene del sitio se procede a proponer las medidas de mejoramiento más apropiadas a favor de la seguridad, en la tabla 6.4 se enlistan las medidas de mejoramiento propuestas, así como una representación gráfica de la problemática del sitio.

Otra alternativa de solución que se puede proponer a largo plazo sería mejorar la geometría del retorno, modificando el alineamiento de la curva de entrada.

**Tabla 6.4: Informe del punto de riesgo 1**

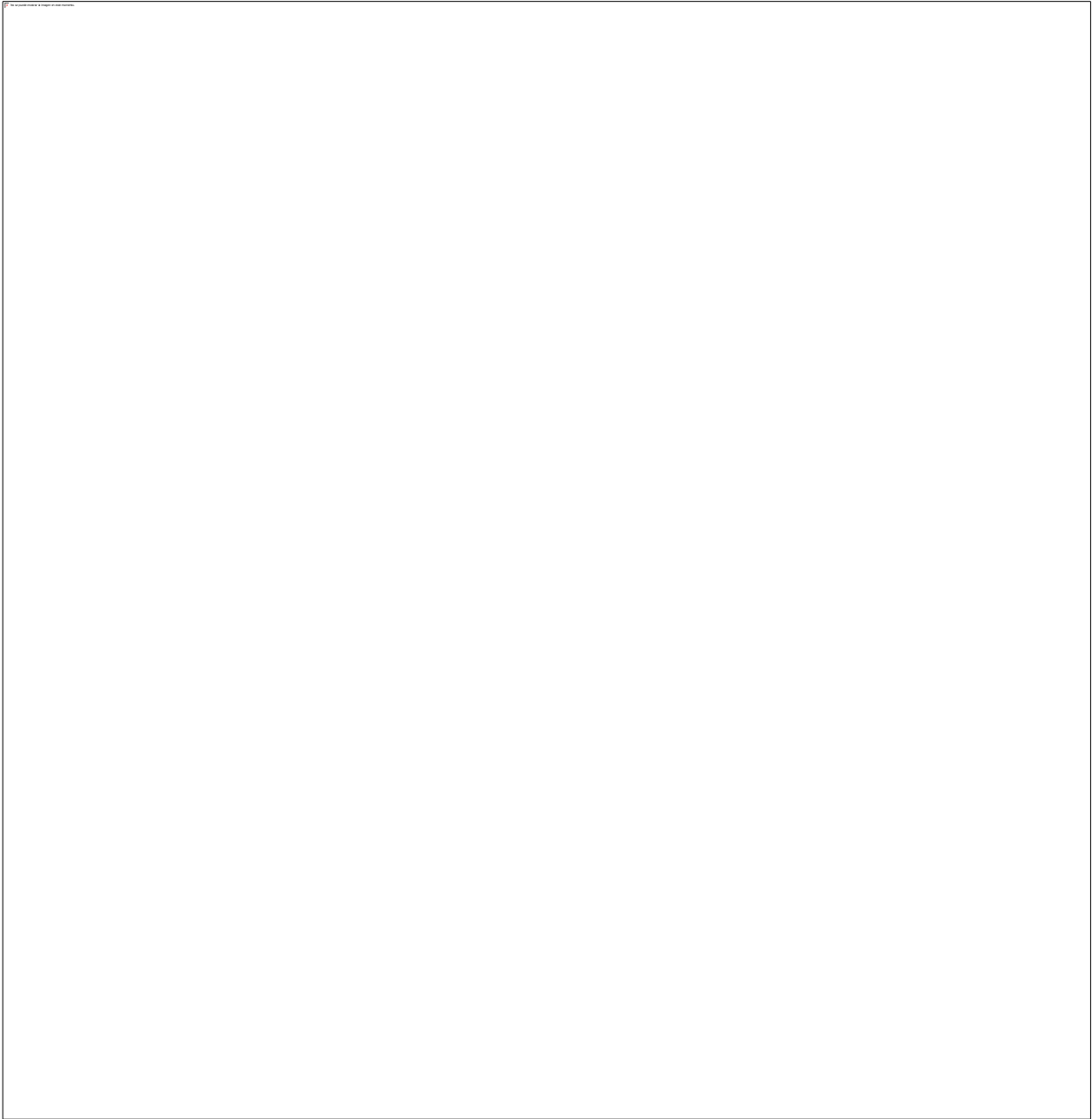
A large, empty rectangular frame with a thin black border, intended for the content of Table 6.4. The interior of the frame is completely blank.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6.5 se muestra un informe completo del PdR 2 el cual corresponde a un acceso irregular ubicado en el kilómetro 27+940 de la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque. En este punto se observa un pico en la gráfica de cadenamiento vs clasificación por estrellas, iRAP otorga una clasificación de 1 estrella lo cual indica que es un sitio donde existe una alta probabilidad de que ocurra un accidente. Durante la ASV se logró detectar la problemática del sitio la cual podemos resumir de la siguiente manera, se detectó un acceso irregular en una curva, carece de señalamiento horizontal y vertical así como de carril de aceleración. Para solucionar esta problemática iRAP propone ciertas medidas de mejoramiento las cuales se analizan y con base en la información recopilada del sitio en estudio se determina cuáles son las más apropiadas para la seguridad vial del sitio analizado. En la tabla 6.5 se enlistan las medidas de mejoramiento más apropiadas para contrarrestar la problemática del sitio a corto plazo, así como imágenes que representan la problemática del sitio.

Cabe mencionar que una medida de mejoramiento a largo plazo sería solucionar de forma conjunta el problema reubicando la entrada y salida a una tangente para que los rangos de visibilidad sean apropiados y se formalice el sitio con señalamiento y sus dispositivos de control.

**Tabla 6.5: Informe del punto de riesgo 2**

A large, empty rectangular frame with a thin black border, intended for the content of Table 6.5. The interior of the frame is completely blank.

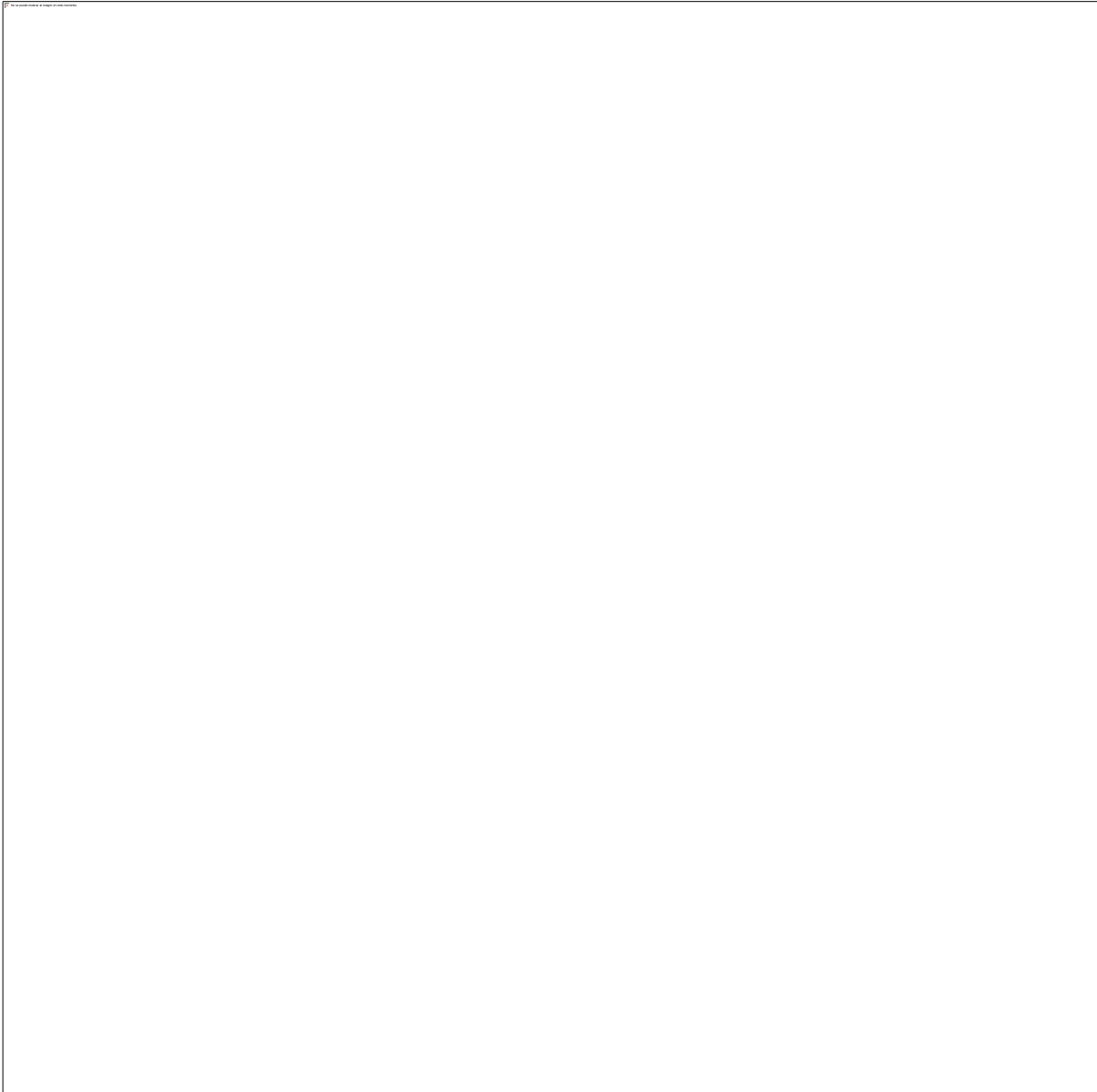
Fuente: Elaboración propia

El PdR 3 corresponde al acceso y salida de un centro recreativo que se encuentra ubicado en el kilómetro 35+740 de la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque. Para dicho punto se observa un pico en la gráfica de cadenamiento vs clasificación por estrellas, otorgándole iRAP la calificación de 1 estrella. Durante la ASV se detectó la problemática principal del sitio, que consiste en falta de señalización horizontal y vertical, así como mal estado y longitud insuficiente de carriles de aceleración y desaceleración, falta de iluminación y postes de CFE muy cercas de la vía principal.

La metodología iRAP propone medidas de mejoramiento para contrarrestar la problemática del sitio, las cuales son analizadas para determinar su viabilidad en base a toda la información que se tiene recopilada del sitio, en la tabla 6.6 se enlistan las medidas de mejoramiento que se determinó son las más apropiadas para mejorar la seguridad vial del sitio a corto plazo.

Las medidas de solución que se proponen para mediano y largo plazo son, reubicar los postes de CFE y mejorar la longitud de los carriles de aceleración y desaceleración.

**Tabla 6.6: Informe del punto de riego 3**



Fuente: Elaboración propia

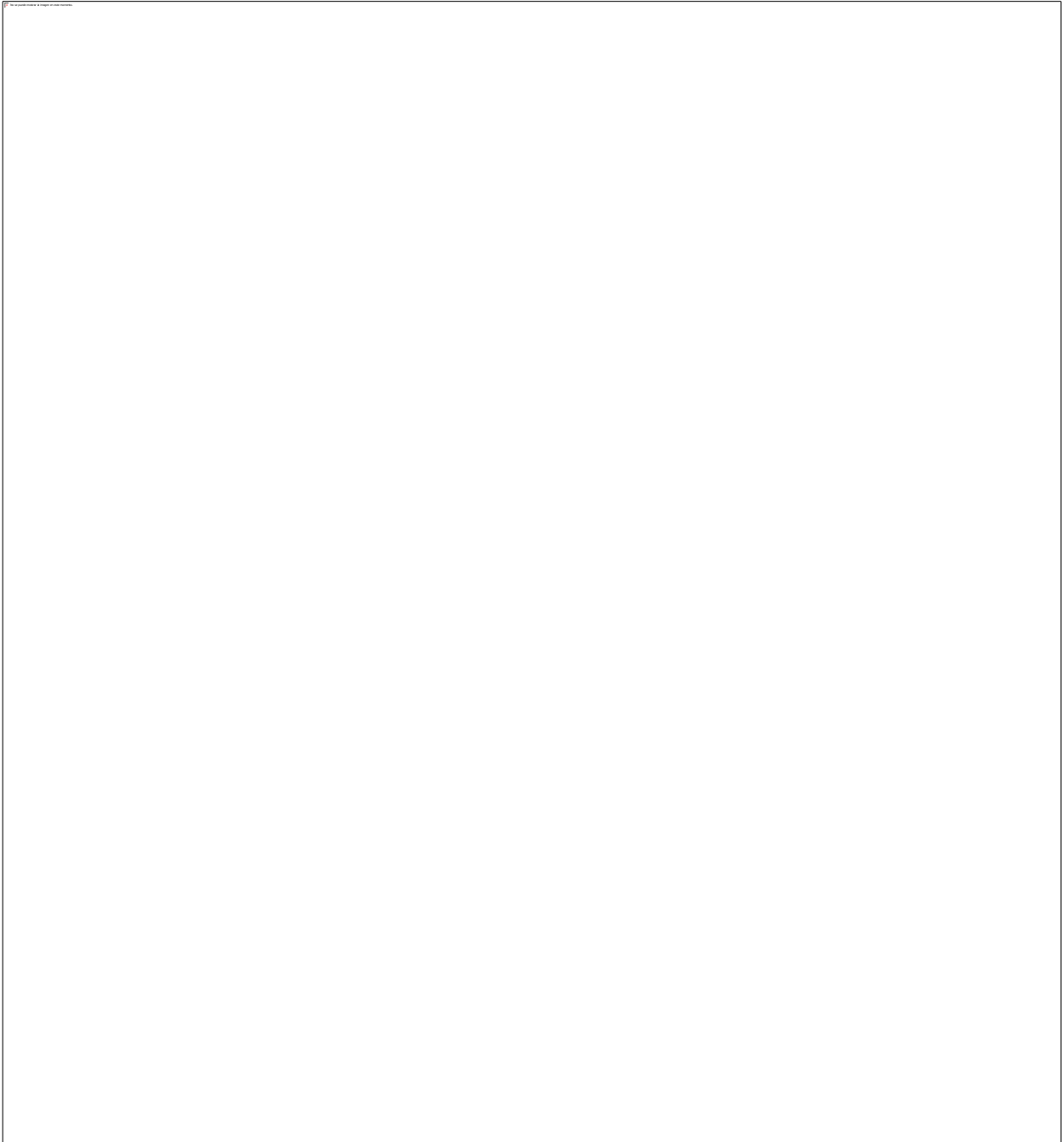
El PdR 4 corresponde a una intersección a nivel que se encuentra ubicada en el kilómetro 37+400 de la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque. Sitio en el cual se observa un pico en la gráfica de cadenamiento vs clasificación por estrellas, iRAP otorga una clasificación de 1 estrella lo cual indica que existe un alto riesgo de sufrir un accidente en ese punto y de que sus consecuencias sean severas. Al realizar la ASV se detectó la problemática de la intersección que corresponde principalmente a la falta de señalización horizontal y vertical, existen conflictos en los entrecruzamientos de los vehículos y falta de iluminación en el sitio, también carece de infraestructura para disminuir velocidad.

Ante esta problemática la metodología iRAP ofrece medidas de mejoramiento para contrarrestar el problema y mejorar la seguridad vial del sitio, estas medidas son analizadas y con base a la información que se tiene del sitio se toman decisiones para proponer la aplicación de las que se requieren.

En la tabla 6.7 se describe un análisis completo del PdR 4, así como imágenes y diagramas que representan la problemática existente, también se puede observar un listado de las medidas de mejoramiento más apropiadas para solucionar el problema de seguridad vial que se tiene en el sitio, cabe destacar que estas medidas de mejoramiento se consideran a corto plazo.

La medida de mejoramiento más apropiada para este sitio a largo plazo puede ser implementar un cruce a desnivel, para lo cual se deben realizar varios factores y hacer estudios para determinar la viabilidad de un proyecto de este tipo.

**Tabla 6.7: Informe del punto de riego 4**

A large, empty rectangular frame with a thin black border, intended for the content of Table 6.7. The interior of the frame is completely blank.

Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta al PdR 5 tenemos que corresponder a una intersección a nivel la cual se encuentra ubicada en el kilómetro 42+660 de la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque. Para este sitio se observó un pico en la gráfica de cadenamamiento vs clasificación por estrellas, iRAP le otorga una clasificación de 1 estrella, lo cual indica que existe una alta probabilidad de que ocurra un incidente en el sitio y de que sus consecuencias sean fatales.

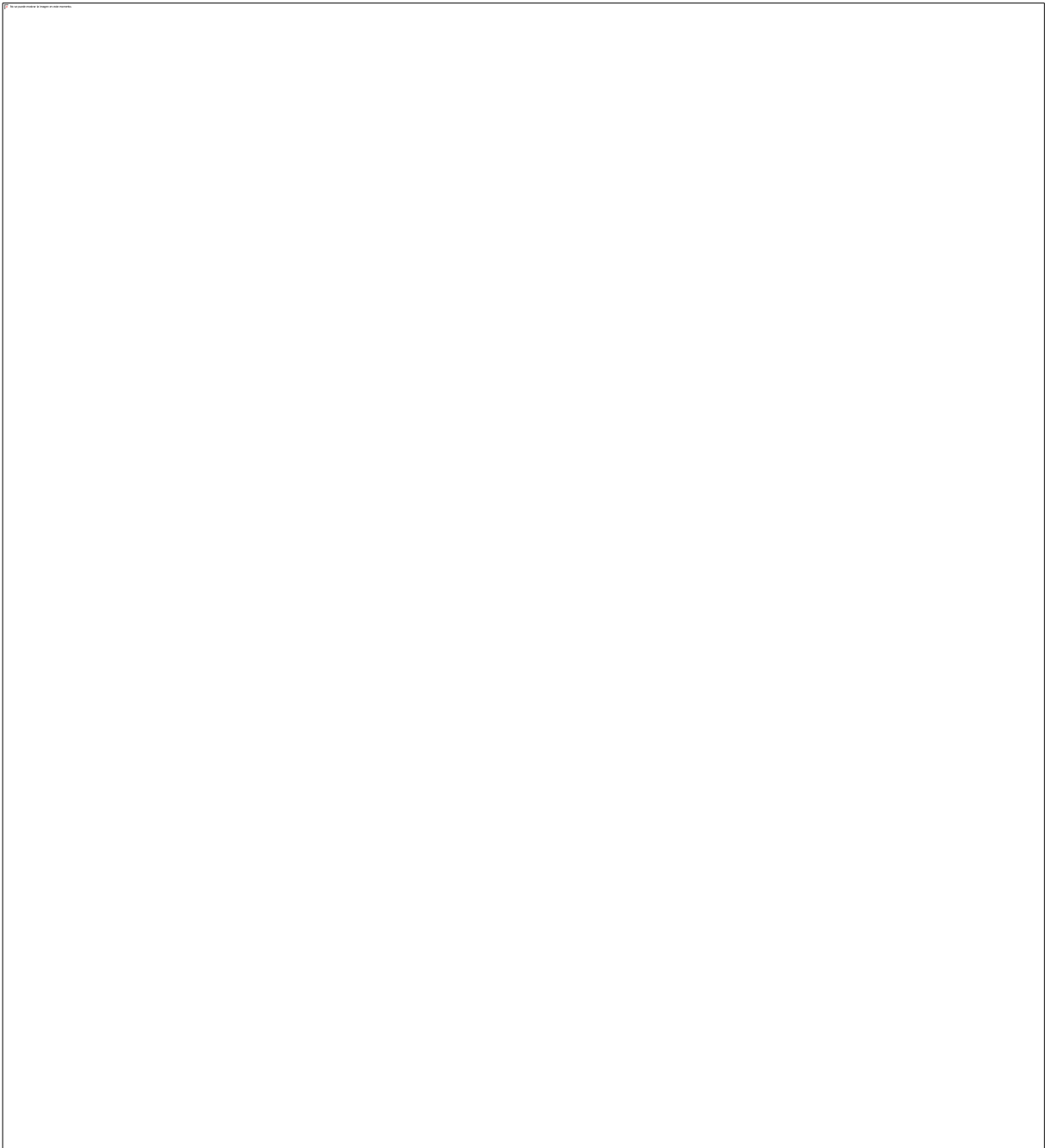
A partir de la ASV que se realizó en el tramo en estudio se detectó la problemática en el sitio la cual corresponde a problemas de entrecruzamiento vehicular, falta de visibilidad ya que la intersección se encuentra ubicada en una curva horizontal, mal estado de la superficie de rodadura en los carriles de aceleración y desaceleración, falta de infraestructura para disminuir velocidad, mal estado y carencia de señalización horizontal y vertical, falta de iluminación, conflictos de tránsito por puesto de control militar.

Para contrarrestar esta problemática la metodología iRAP ofrece medidas de mejoramiento, las cuales son evaluadas y analizadas para determinar la viabilidad de las mismas, a partir de toda la información recopilada del sitio se propone la implementación de las medidas de mejoramiento más apropiadas a corto plazo.

En la tabla 6.8 se describe un análisis completo del PdR 5, también se pueden observar imágenes y diagramas que representan la problemática del sitio, enlista las medidas de mejoramiento requeridas para mejorar la problemática existente en el sitio.

Como soluciones a largo plazo se propone otro tipo de arreglo en la intersección que considere un carril de almacenamiento para los vehículos que giran a la izquierda y mayor longitud en los carriles de aceleración y desaceleración, también se podría solucionar con un arreglo a desnivel de la intersección, para estas alternativas se debe hacer un estudio detallado del sitio y determinar la viabilidad de los proyectos.

**Tabla 6.8: Informe del punto de riego 5**



Fuente: Elaboración propia

En el kilómetro 51+300 de la carretera MEX-200 tramo Manzanillo-Melaque, se encuentra ubicado el PdR 6 el cual corresponde a una intersección a nivel, iRAP le otorgo la calificación de 1 estrella a este sitio y al observar la gráfica de cadenamamiento vs clasificación por estrellas podemos observar que existe un pico, lo cual indica que este sitio tiene problemas de seguridad vial y requiere la implementación de medidas de mejoramiento para contrarrestar el problema.

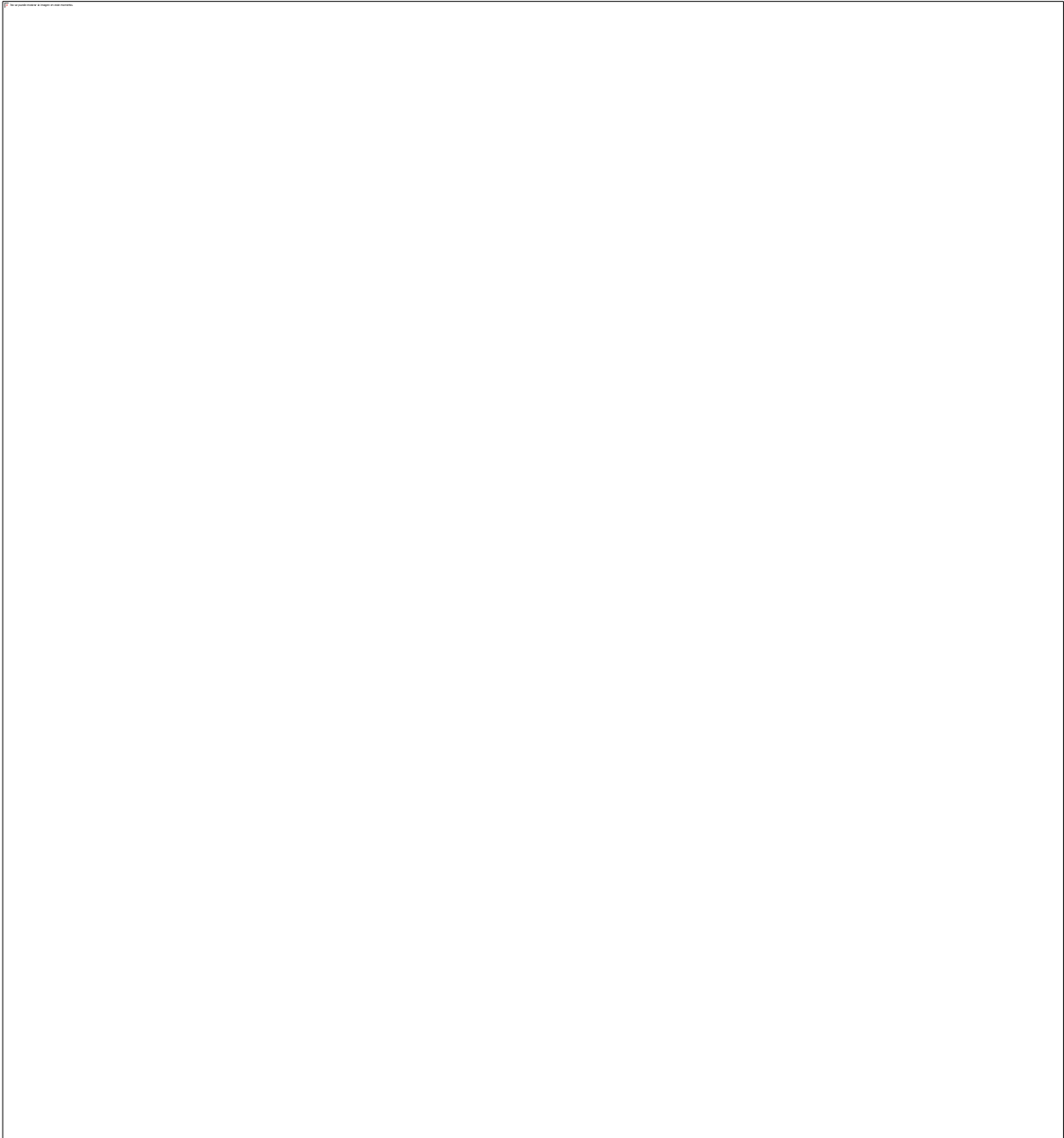
Al realizar la ASV se detectó la problemática del sitio, la cual consiste en problemas de entrecruzamiento vehicular, señalización horizontal y vertical en mal estado, deficiencia de visibilidad en carriles auxiliares y falta de iluminación.

La metodología iRAP propone medidas de mejoramiento para solucionar la problemática existente, las cuales son analizadas para determinar su viabilidad a favor de la seguridad vial para la implementación de las mismas, tomando en cuenta toda la información recopilada del sitio.

En la tabla 6.9 se describe un análisis del PdR 6, también se pueden observar figuras y diagramas que representan la problemática del sitio. Dentro de su contenido se encuentran las medidas de mejoramiento que se consideraron las más apropiadas para mejorar la problemática existente del sitio a corto plazo.

Para largo plazo se podría considerar la opción de hacer una intersección a desnivel, proyecto para el cual se requiere hacer un análisis completo y detallado del sitio para determinar su viabilidad.

**Tabla 6.9: Informe del punto de riesgo 6**

A large, empty rectangular frame with a thin black border, intended for the content of Table 6.9.

Fuente: Elaboración propia

Es importante atender todas las deficiencias encontradas en el tramo analizado de forma ordenada, priorizando aquellos problemas o puntos con mayor conflicto como son los PdR que fueron descritos anteriormente.

## **7. CONCLUSIONES.**

La metodología iRAP es de gran ayuda para identificar los principales puntos de riesgo en las carreteras, también es muy útil como herramienta de planeación y una guía para la implementación de acciones en el ámbito de la seguridad vial. Con base en los valores de eficiencia propuestos por iRAP, para cada medida de mejoramiento, se puede concluir que tendrán un impacto directo en la disminución de muertos y lesionados graves durante la ocurrencia de un accidente.

El análisis de los datos obtenidos para el tramo, demostró que el tramo Manzanillo-Melaque la carretera MEX-200 es de gran importancia ya que cuenta con un TDPA de aproximadamente 10,000 vehículos, de los cuales el 25% son vehículos pesados. Con base en los resultados obtenidos de IRI, MC, PR, DT, se concluye que su estado es aceptable, con excepción de la parte que se encuentra en el estado de Jalisco que presenta una gran problemática en relación con su superficie de rodamiento. Respecto al análisis de la accidentalidad se tiene un total de 111 accidentes, de los cuales se registran 17 muertos y 138 lesionados en un lapso de 5 años ubicándola dentro de las carreteras que presentan más saldos de percances a nivel nacional. Dado la anterior se demuestra la importancia de atender dicho tramo carretero.

La ASV realizada por medio del recorrido en vídeo demostró ser una herramienta muy valiosa para poder garantizar que el tramo en estudio cumpla con criterios óptimos de seguridad vial, asimismo ayudó a ubicar los principales puntos de riesgo y todos los elementos que representan un riesgo a los usuarios de la vía. Como resultado de la ASV se encontraron un total de 11 deficiencias generales, presentes a lo largo de todo el tramo, y un total de 6 puntos de riesgo que requieren atención urgente.

A partir de los hallazgos encontrados en el punto anterior, se generaron los programas detallados de trabajo en donde se especifica donde se requiere instalar cada medida de mejoramiento. Estos programas serán de gran utilidad para elaborar los proyectos ejecutivos y términos de referencia para una futura licitación de obras.

Las medidas y acciones sugeridas en este trabajo son en su mayoría de bajo costo y alto impacto de las que se puede obtener un gran beneficio, el cual se verá reflejado en la disminución de accidentes, muertos y lesionados graves.

Se estima que con base en los programas detallados generados, se puede realizar un nuevo plan de inversión para vías más seguras que tenga una mayor relación beneficio - costo que el propuesto por la metodología iRAP.

Con base en los conocimientos obtenidos al realizar este trabajo se puede concluir que un buen proyecto carretero que incorpore criterios de seguridad vial puede reducir la probabilidad de ocurrencia de accidentes o en su defecto minimizar el efecto de los mismos, ya que es más fácil diseñar y construir caminos más seguros, que modificar los existentes.

## 7.1 Aportaciones

El presente trabajo pretende concientizar respecto a la problemática de seguridad vial que existe en nuestro país, para que nosotros como especialistas en vías terrestres incursionemos al mejoramiento de la seguridad vial de nuestras carreteras, esto se puede lograr tomando en cuenta todos los elementos de seguridad vial que requiere una carretera al momento de proyectar, diseñar, construir, operar y dar mantenimiento. Con lo cual fortalecemos la formación de profesionistas con una visión de seguridad vial que debe ser uno de los objetivos primordiales en el país.

La Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) invierte importantes recursos para el mejoramiento de la RCF. Los resultados de los trabajos realizados por iRAP y AMAC es una información muy valiosa que puede contribuir a un mejoramiento sustancial de la seguridad vial. Sin embargo, existe un “hueco técnico” entre los datos proporcionados y la materialización de las obras que corrijan la infraestructura para que funcione como una vía que sea indulgente ante el error humano y proporcione estándares de seguridad vial óptimos para todos los usuarios. Este trabajo pretende llenar ese “hueco técnico” proporcionando una guía para la elaboración de los proyectos ejecutivos de conservación y mejoramiento de seguridad vial, partiendo de los resultados de los trabajos realizados por iRAP y AMAC, atendiendo todas las deficiencias encontradas de forma ordenada y priorizando aquellos problemas y puntos de mayor conflicto, contribuyendo de esa forma a la reducción de los accidentes de tránsito y sus consecuencias.

Este trabajo concluye con todos sus alcances, dejando abierto únicamente algunos puntos que se pueden continuar, cómo la realización de un análisis de beneficio – costo a partir de los volúmenes de obra calculados, pudiendo llegar a un plan de inversión para vías más seguras a un nivel de detalle más preciso que el de la metodología de iRAP.

# Bibliografía

- Abarca Pérez, E., Méndoza Díaz, A., & Pérez Castro, J. G. (2013). Proyecto de Mejoramiento de un Tramo Carretero a Partir de su Evaluación con el Modelo iRAP. *Instituto Mexicano del Transporte*(389), 17-146.
- Advanced Mobile Asset Collection (AMAC). (s.f.). *Advanced Mobile Asset Collection*. Recuperado el 15 de 04 de 2016, de <http://www.amacglobal.com>
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2009). *Highway Safety Manual*. AASHTO, Washington D.C., Estados Unidos de América.
- Arriaga Patiño, M., Garnica Anguas, P., & Rico Rodríguez, A. (1998). *Índice Internacional de Rugosidad en la Red Carretera de México*. Sanfandila, Qro.
- Australian Road Assessment Programme. (2005). *Methodology*. AusRAP and Australian Automobile Association, Canberra, Australia.
- Australian Road Assessment Programme. (2008). *Comparing risk maps and star ratings*. AusRAP Technical Working Paper, Grupo ARRB, Canberra, Australia.
- Cal y Mayor R., R., & Cárdenas G., J. (2007). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones*. México: Alfaomega.
- Canadian Road Assessment Programme. (2009). *Feasibility Study (CanRAP): Data Collection and Analysis*. Transport Canada, Ottawa, Canadá.
- Centeno, A., & Urzúa, J. (2014). *Resultados iRAP-México 2012*. IV Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, Cancún, México.
- Colucci, B., & Valle, D. (2014). *Desarrollo de Modelos de Predicción de Choques Aplicables a Franjas Resonantes en Bermas en Autopistas*. IV Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial (CISEV), Cancún, México.
- Cuevas Colunga, A. C., Pérez Castro, J. G., Mayoral Grajeda, E. F., & Mendoza Días, A. (2014). *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales*. Sanfandila, Qro, 2015.
- Cuevas, C., Gómez, N., Villegas, N., Mayoral, E., & Mendoza, A. (2013). *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales (2010)*. Documento Técnico No. 51, Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México.
- Cuevas, C., Gómez, N., Villegas, N., Mayoral, E., & Mendoza, A. (2013). *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales (2011)*. Documento Técnico No. 56, Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México.

- Cuevas, C., Mayoral, E., & Mendoza, A. (2011). *Definición de indicadores de seguridad vial en la red carretera federal*. Publicación Técnica No. 345, Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México.
- Cuevas, C., Villegas, N., Mayoral, E., & Mendoza, A. (2010). *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales (2009)*. Documento Técnico No. 46, Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México.
- Cuevas, C., Villegas, N., Mayoral, E., & Mendoza, A. (2014). *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales (2012)*. Documento Técnico No. 57, Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México.
- Díaz-Pineda, J. (2008). *Auditorías de Seguridad Vial, Experiencia en Europa*. I CISEV, Instituto Ibero-Americano de Seguridad Vial, San José, Costa Rica.
- Dourthé Castellón, A., & Salamanca Candia, J. (2003). *Guía Para Realizar una Auditoría de Seguridad Vial*. Santiago, Chile.: CONASET.
- Elvik, R. (2007). *State-of-the-art approaches to road accident black spot management and safety analysis of road networks*. Institute of Transport Economics, Oslo, Noruega.
- Espinoza, R. (2014). *Uso de bases de datos en el desarrollo de metodologías para evaluar la susceptibilidad de accidentes de tránsito en vías urbanas*. IV Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial (CISEV), Cancún, México.
- European Road Assessment Programme. (2011). *Crash Rate - Star Rating Comparisons*. iRAP/EuroRAP Working Paper 504.2, Hampshire, Reino Unido.
- European Road Assessment Programme. (2013). *RAP Road Risk Mapping Manual: Design Specification*. EuroRAP RAP-RM-3.1, Hampshire, Reino Unido.
- European Road Assessment Programme. (2013). *RAP Road Risk Mapping Manual: Technical Specification*. EuroRAP RAP-RM-2.1, Hampshire, Reino Unido.
- Gómez González, N., Saucedo Rojas, M. G., Péres Castro, J. G., Rios Quesada, G., Abarca Pérez, E., & Mendoza Díaz, A. (2015). *Mejoras de la Seguridad Vial de la Infraestructura de un Tramo Carretero, Apartir de su Evaluación iRAP*. Sanfandila, Qro.
- Harwood, D., Gilmore, D., & Bauer, K. (2010). *usRAP Pilot Program: Phase III*. MRI Project No. 310537.1.021, AAA Foundation for Traffic Safety, Washington D.C., E.U.A.
- Hauer, E., Harwood, D., Council, F., & Griffith, M. (2002). *Estimating safety by the empirical bayes method: a tutorial*. Statistical Methodology: Applications to design, data analysis and evaluation, Journal of the Transportation Research Board No. 1784, TRB, Washington D.C., E.U.A.

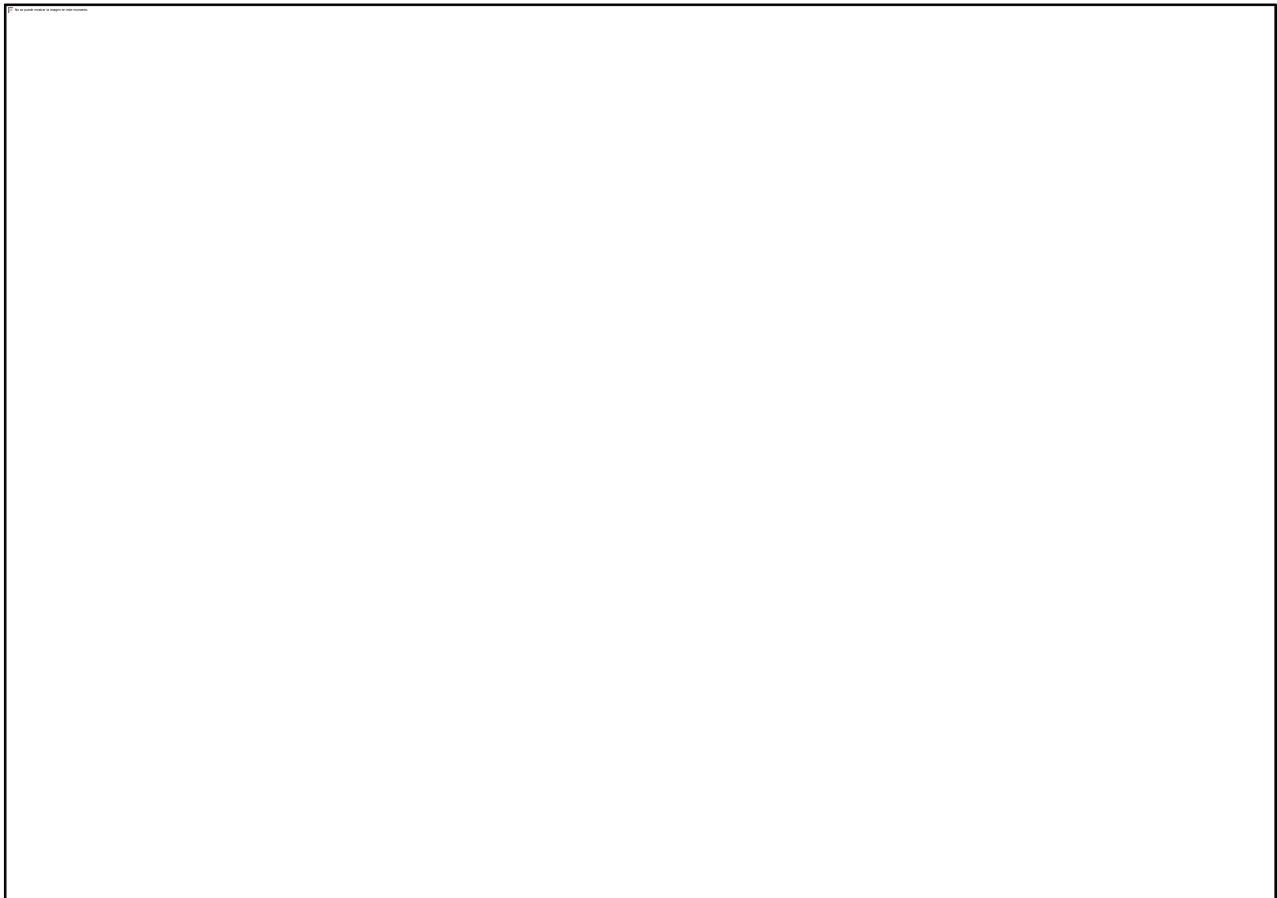
- INEGI. (2009). *Síntesis Metodológica de la Estadística de Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas y Suburbanas*. Aguascalientes: INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). *Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2014*. ISBN 978-607-739-409-9, INEGI, Aguascalientes, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). *Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos*. Aguascalientes México: ISBN 978-607-739-733-5.
- International Road Assessment Programme (iRAP). (2012). *Software VIDA de International Road Assessment Programme*. Recuperado el 10 de 04 de 2016, de <https://vida.irap.org>
- International Road Assessment Programme (iRAP). (2012). *toolkit.irap.org*. Recuperado el 25 de 04 de 2016, de <http://www.toolkit.irap.org>
- International Road Assessment Programme. (2014). *Methodology*. iRAP Fact Sheets 1-14, Hampshire, Reino Unido.
- International Road Assessment Programme. (20 de Julio de 2014). *Proyecto iRAP-México 2012*. Obtenido de ViDA: [www.vida.irap.org](http://www.vida.irap.org)
- INTERNATIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME, iRAP. (2012). *Planes de Inversion Para Vias mas Seguras*. Hampshire, Reino Unidos.
- iRAP. (s.f.). *Calificación por Estrellas para Vías Más Seguras*.
- Justo-Sierra, F. (2011). *Ingeniería de seguridad vial: relación entre los caminos y la gente que muere en y por ellos*. Documento No. 3, Instituto del Transporte, Academia Nacional de Ingeniería, Buenos Aires, Argentina.
- Lynam, D. (2012). *Development of Risk Models for the Road Assessment Programme*. iRAP y Transport Research Laboratory (TRL), Londres, Reino Unido.
- MaMahon, K., & Dahdah, S. (2010). *El verdadero costo de las colisiones viales: el valor de una vida y el costo de una lesión grave*. iRAP y Fundación FIA para el Automóvil y la Sociedad, Hampshire, Reino Unido.
- Martín, O., Díez, F., Pedrero, D., & Molinero, A. (2012). *Identificación y caracterización de los objetos de los márgenes de la carretera que son impactados en accidentes por salidas de la vía*. Cod. 0100.DGT21356 v3, Fundación CIDAUT, Valladolid, España.
- Mendoza Díaz, A., Abarca Pérez, E., & Saucedo Rojas, M. G. (2011). *Prácticas para evaluar la calidad de infraestructura carretera de cuota*. Sanfandila, Qro.
- OMS. (2013). *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013*. Departamento de Prevención de la Violencia, los Traumatismos y la Discapacidad (VIP), OMS, Ginebra, Suiza.

- ONU. (2011). *Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020*. Ginebra, Suiza.
- Organización de Naciones Unidas. (2011). *Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020*. ONU, Ginebra, Suiza.
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Salvemos millones de vidas*. OMS, Ginebra, Suiza.
- Organización Mundial de la Salud. (2013). *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013*. Departamento de Prevención de la Violencia, los Traumatismos y la Discapacidad (VIP), OMS, Ginebra, Suiza.
- Pardillo, J. (2004). *Procedimientos de Estudio, Diseño y Gestión de Medidas de Seguridad Vial en las Infraestructuras*. 1era Edición, Fundación Agustín de Betancourt, ISBN: 84-609-3331-8, Madrid, España.
- Poong Hung, C., & Ramírez Culebro, J. A. (2016). Identificación de puntos de riesgo en las carreteras de México. *AMIVTAC VÍAS TERRESTRES*, 22-24.
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la Lengua Española*. 22a Edición, Madrid, España.
- Secretaría de Comunicaciones y transportes (SCT). (s.f.). *Datos Viales 2010-2014*. Dirección General de Servicios Técnicos (DGST). Recuperado el 10 de 05 de 2016, de <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2014). *Estrategias de mejora para la seguridad de la infraestructura en México*. IV congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial. Cancún, México.
- Xumini, L. (2009). La seguridad vial y las infraestructuras. Revista RUTAS No. 130, Asociación Técnica de Carreteras, Madrid, España.

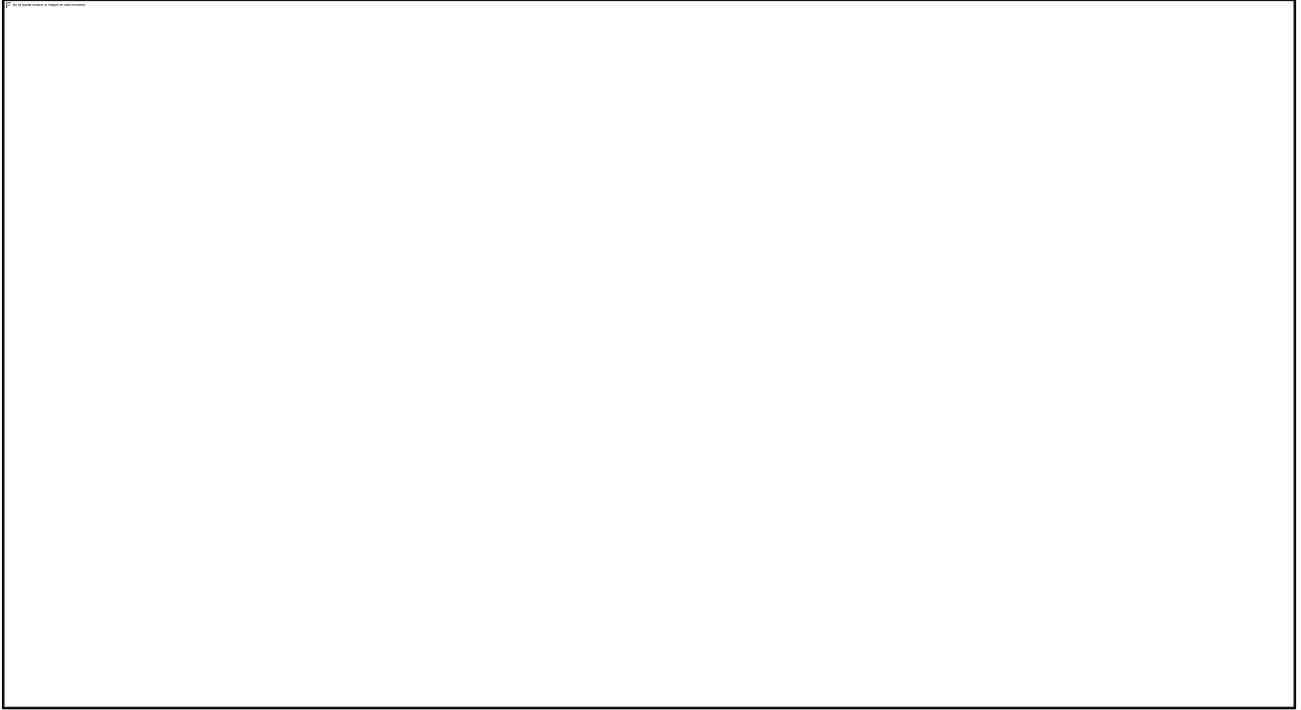
## **Anexos:**

En esta parte se incluyen las tablas del detalle de las cuantificaciones de las medidas de mejoramiento propuestas, que tienen la finalidad de subsanar las deficiencias detectadas en la ASV, realizadas en el tramo carretero en estudio. La información mostrada en las tablas es el insumo principal para generar los proyectos ejecutivos de cada medida. Las tablas presentadas son únicamente ilustrativas del trabajo realizado, ya que el trabajo completo describe las recomendaciones para cada segmento de 100 m de la totalidad de 40 km auditados en ambos sentidos de circulación. Sera anexado el archivo completo de Excel en el formato digital de la tesis.

**Tabla A.1: Cuantificación de las medidas de mejoramiento propuestas para bandas alertadoras y pavimentación de acotamientos**



**Tabla A.2: Cuantificación de las medidas de mejoramiento propuestas para el señalamiento vertical y horizontal**

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the content of Table A.2.

**Tabla A.3: Cuantificación de las medidas de mejoramiento propuestas para mejoramiento de intersecciones, infraestructura para disminuir velocidad y vallas peatonales**

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the content of Table A.3.

**Tabla A.4: Cuantificación de las medidas de mejoramiento propuestas para alumbrado en tramos carreteros, intersecciones y puentes peatonales**

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the content of Table A.4.

**Tabla A.5: Cuantificación de las medidas de mejoramiento propuestas para señalamiento en zonas escolares, control de accesos y carriles auxiliares**

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the content of Table A.5.

**Tabla A.6: Cuantificación de las medidas de mejoramiento propuestas para barreras y obstáculos en los costados de la vía**

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the content of Table A.6.

**Tabla A.7: Cuantificación de las medidas de mejoramiento propuestas para puentes peatonales y otros hallazgos**

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the content of Table A.7.