



**UNIVERSIDAD LAICA
“ELOY ALFARO DE MANABÍ”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

TÍTULO:

**“Análisis comparativo de protecciones laterales mediante
las dos metodologías de diseño propuestas por la norma
AASHTO, aplicada en puentes vehiculares del cantón
Manta”**

AUTOR:

LUCAS ALAY CRISTHIAN ALEXANDER

TUTOR:

ING. GEOVANNY DELGADO CASTRO Mg.

MANTA – MANABÍ – ECUADOR

2019

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el presente trabajo de titulación, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, cuyo tema del proyecto es “**Análisis comparativo de protecciones laterales mediante las dos metodologías de diseño propuestas por la norma AASHTO, aplicada en puentes vehiculares del cantón Manta**”, el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo certifico, que el mencionado trabajo reúne los requisitos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado corresponde a al señor Lucas Alay Cristhian con C.I. 131072290-3, estudiante de la carrera de Ingeniería Civil, periodo académico 2019 (2), quien se encuentra apto para la sustentación de su proyecto de titulación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 11 de diciembre del 2019.

Lo certifico,

Ing. Geovanny Delgado Castro Mg.

Docente Tutor

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Se declara que el presente trabajo de investigación titulado “**Análisis comparativo de protecciones laterales mediante las dos metodologías de diseño propuestas por la norma AASHTO, aplicada en puentes vehiculares del cantón Manta**”, es de mi autoría. Todas las definiciones y concepciones tomadas de los diferentes autores se encuentran correctamente citadas, respetando los derechos de propiedad con las respectivas citas que se incluyen en la bibliografía. Las ideas, análisis de los resultados, conclusiones y recomendaciones expuestas son de exclusiva autoría y responsabilidad del mismo.

Por consiguiente, el autor es responsable por el contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Manta, 11 de diciembre del 2019.

Lucas Alay Cristhian Alexander

C.I. 131072290-3

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

TITULO:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROTECCIONES LATERALES MEDIANTE LAS
DOS METODOLOGÍAS DE DISEÑO POPUESTAS POR LA NORMA AASHTO,
APLICADA EN PUENTES VEHICULARES DEL CANTÓN MANTA”**

TESIS DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Sometida a consideración del tribunal de revisión y sustentación del proyecto de investigación de Grado de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a:

A mis padres Simón Lucas (†) y Elba Alay quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre

A mis hermanos, su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi mejor amiga la ING. Melina Vera, por apoyarme cuando más la necesite en mi vida como estudiante universitario y como persona, por extender su mano en momentos difíciles y por la paciencia brindado cada día, de verdad mil gracias querida ingeniera, siempre la tendré presente como amiga y colega.

Cristhian Alexander Lucas Alay

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer en estas líneas la ayuda que me ha brindado la ING. Melina Vera en el proceso de investigación y redacción de este trabajo. En primer lugar, quisiera agradecer a mis padres por haberme dado la oportunidad de formarme de manera profesional en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo además deseo expresar mi reconocimiento a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años, a mi tutor el ING. Geovanny Delgado, por haberme orientado en los momentos que necesité sus consejos.

Cristhian Alexander Lucas Alay

RESUMEN

El propósito de la presente investigación es comparar las metodologías de diseño de protecciones laterales de puentes vehiculares propuestas por las especificaciones de la AASHTO, tomando como modelos de diseño las protecciones laterales más comunes de los puentes vehiculares del cantón Manta.

Existen un grupo variado de diferentes tipos de protecciones laterales, construidas de hormigón armado o las metálicas, sin embargo, en esta investigación se tomaron tres representativas las mismas que son de hormigón armado poste-viga, maciza y las combinadas menores a 70km/h, seleccionadas también por ser las más comunes en los puentes vehiculares de la ciudad de Manta.

Dichas protecciones se diseñaron en función a las especificaciones de la AASHTO STANDAR (esfuerzos admisibles) y LRDF (estados límites), considerando además las dimensiones reales, obteniendo seis diseños en total es decir que cada baranda fue diseñada y analizada para cada una de las condiciones de las dos normas.

Estableciendo con esto comparaciones con el fin de verificar sus variaciones en las dimensiones, fuerzas, momentos y aceros de refuerzo; entre cada una de las normas AASHTO STANDAR Y LRFD. Resultados con los cuales también fue factibles ver que especificación conserva mayor variación, cual es más rigurosa y así mismo la que propone mayor resistencia a cada protección lateral vehicular.

Palabras Claves: AASHTO, AASHTO STANDAR y AASHTO LRFD

ABSTRACT

The purpose of the present investigation is to compare the design methodologies of lateral protections of vehicle bridges proposed by the specifications of the AASHTO, taking as design models the most common lateral protections of the vehicular bridges of the Manta canton.

There is a varied group of different types of lateral protections, reinforced concrete or metal constructions, however, in this investigation three representative ones will be taken which are made of post-beam, solid and combined concrete less at 70 km / h, directly also for being the most common in the vehicular bridges of the city of Manta.

These protections were designed according to the specifications of the AASHTO Standard (admissible stresses) and LRDF (limit states), in addition to the actual dimensions, obtaining six designs in total, that is, each rail was designed and analyzed for each of the conditions of the two norms.

Establishing with this comparisons in order to verify their variations in dimensions, forces, moments and reinforcing steels; between each of the STANDARD AASHTO AND LRFD standards. Results with which it is also feasible to see which specification retains greater variation, which is more rigorous and also the one that proposes greater resistance to each vehicle side protection.

Keywords: AASHTO, AASHTO STANDAR and AASHTO LRFD

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	III
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT.....	VIII
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
HIPÓTESIS DEL PROBLEMA	4
MÉTODO DEL TRABAJO CIENTÍFICO	5
CAPÍTULO I	6
1. ESTADO DEL ARTE	6
1.1. Antecedentes	6
1.2. Bases Teóricas.....	7
1.2.1. Generalidades de un puente	7
1.2.1.1. Estructuración.....	8
1.2.1.2. Clasificación de los puentes	9
1.2.2. Sistemas de defensa vial	13
1.2.2.1. Tipos de sistemas de contención vial	13
1.2.2.1.1. Sistemas de contención vial en carreteras	13
<i>1.2.2.1.1.1. Otros tipos de contención vial en carreteras</i>	<i>14</i>
- Amortiguadores de impacto	14
- Lechos de frenado	15
1.2.2.1.2. Sistema de contención vial en puentes	16
1.2.3. Protecciones laterales de puentes.....	16
1.2.3.1. Clasificación de las protecciones laterales	17
1.2.3.1.1. Por el uso del puente.....	17
1.2.3.1.2. Por el comportamiento estructural.....	19
1.2.3.1.3. Por el material empleado	20

1.2.3.2.	Elementos que componen una protección lateral	21
1.2.3.2.1.	Elementos de protecciones laterales peatonales	21
1.2.3.2.2.	Elementos de protecciones vehiculares	22
1.2.3.2.2.1.	<i>Protecciones laterales vehiculares metálicas</i>	22
-	Postes.....	22
-	Vallas vehiculares	22
-	Soldadura.....	23
-	Instalación y acabado	23
1.2.3.2.2.2.	<i>Protecciones laterales vehiculares de hormigón</i>	23
-	Postes.....	23
-	Vallas vehiculares de hormigón	23
-	Bordillo.....	23
-	Parapetos	24
-	Materiales de construcción.....	24
1.2.3.2.2.3.	<i>Protecciones laterales vehiculares combinadas menores a 70Km/h</i> 25	
-	Postes metálicos	25
-	Pasamanos metálicos.....	25
-	Parapeto de hormigón.....	25
-	Acera	26
-	Bordillo.....	26
1.2.3.2.2.4.	<i>Protecciones laterales vehiculares combinada mayores a 70Km/h</i>	26
-	Baranda Vehicular.....	26
-	Baranda peatonal y ciclista.....	26
1.2.3.3.	Transiciones entre las protecciones laterales y la barrera de contención de una carretera.....	27
1.2.3.4.	Disposición de las protecciones laterales	28
1.2.3.4.1.	Disposición longitudinal.....	28
1.2.3.4.2.	Disposición por altura e inclinación	29
CAPÍTULO II.....		30
2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
2.1.	Metodología de la investigación	30
2.2.	Materiales.....	30
2.3.	Normas	31
2.4.	American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	31

2.4.1.	Especificaciones para el diseño de protecciones laterales en puentes vehiculares, AASTHO Standard.....	31
2.4.1.1.	Diseño de características generales	31
2.4.1.1.1.	Dimensiones y cargas de diseño para protecciones laterales vehiculares	31
2.4.1.1.2.	Dimensiones y cargas de diseño, para protecciones laterales peatonales y ciclistas	33
2.4.1.1.2.1.	<i>Protecciones laterales para peatones</i>	33
2.4.1.1.2.2.	<i>Protecciones laterales para ciclistas</i>	34
2.4.1.1.3.	Dimensiones y cargas de diseño para protecciones laterales combinadas	35
2.4.1.1.4.	Dimensiones y cargas de diseño para la vereda	36
2.4.1.1.4.1.	<i>Bordillo</i>	36
2.4.1.1.4.2.	<i>Acera</i>	36
2.4.1.2.	Hormigón armado.....	38
2.4.1.2.1.	Esfuerzos admisibles. (Sección 8, Parte B)	38
2.4.1.2.2.	Flexión (Sección 8.15.3).....	38
2.4.1.2.2.1.	<i>Longitud de desarrollo para el anclaje de varilla</i>	40
2.4.1.3.	Diseño de perfiles metálicos.....	41
2.4.1.3.1.	Diseño de la placa Base	42
2.4.1.3.2.	Diseño de los pernos de anclaje.....	43
2.4.2.	Especificaciones para el diseño protecciones laterales en puentes vehiculares, AASHTO LRFD.....	44
2.4.2.1.	Lineamientos o disposiciones generales de las protecciones laterales	44
2.4.2.1.1.	Dimensiones mínimas para acera y bordillos	45
2.4.2.1.2.	Dimensión y carga de diseño, para las protecciones laterales peatonales y ciclistas	45
2.4.2.1.2.1.	<i>Protecciones laterales para peatones</i>	45
-	Geometría	45
-	Carga viva de diseño	46
2.4.2.1.2.2.	<i>Protecciones laterales para ciclistas</i>	47
-	Geometría	47
-	Carga viva de diseño	47
2.4.2.1.3.	Diseño para las protecciones combinadas	47
2.4.2.2.	Criterios para seleccionar el nivel de ensayo.....	48
2.4.2.2.1.	Fuerzas de diseño para las protecciones laterales de tráfico vehicular...50	

2.4.2.3.	Hormigón armado.....	52
2.4.2.3.1.	Flexión.....	52
2.4.2.3.1.1.	<i>Longitud de desarrollo para el anclaje de varilla</i>	53
2.4.2.3.2.	Diseño de bordillos y veredas.....	54
2.4.2.4.	Diseño de perfiles metálicos.....	55
2.4.2.4.1.	Diseño de la placa base y pernos de anclaje.....	56
2.4.2.5.	Resistencia de las protecciones laterales.....	57
2.4.2.5.1.	Resistencia de las protecciones laterales rígidas.....	57
2.4.2.5.2.	Resistencia de las protecciones laterales aliviadas.....	60
2.4.2.5.2.1.	<i>Postes y vallas vehiculares</i>	60
2.4.2.6.	Parapetos de hormigón, postes y vigas metálicas (combinada menor a 70Km/h) 61	
CAPÍTULO III.....		64
3.	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	64
3.1.	Descripción de los puentes vehiculares.....	64
3.2.	Parámetros geométricos de las protecciones a diseñar.....	65
3.3.	Diseño de protecciones laterales por el AASHTO STANDARD.....	66
3.3.1.1.	Protección lateral de hormigón (poste - viga).....	66
3.3.1.1.1.	Diseño del poste.....	67
3.3.1.1.2.	Diseño de la viga.....	69
3.3.1.1.3.	Diseño del bordillo.....	72
3.3.1.2.	Protección lateral de hormigón (maciza).....	75
3.3.1.2.1.	Diseño del parapeto.....	75
3.3.1.3.	Protección lateral combinada menor a 70 km/h.....	81
3.3.1.3.1.	Diseño de la valla vehicular.....	83
3.3.1.3.2.	Diseño del poste.....	85
3.3.1.3.3.	Diseño de la placa base.....	86
3.3.1.3.4.	Diseño del parapeto.....	90
3.3.1.3.5.	Diseño del bordillo.....	95
3.3.1.3.6.	Diseño de acera.....	97
3.4.	Diseño de protecciones laterales por la AASHTO LRFD.....	101
3.4.1.1.	Protección lateral de hormigón (poste y viga).....	102
3.4.1.1.1.	Dimensiones y armado del poste.....	105
3.4.1.1.2.	Dimensiones y armado de la viga.....	106
3.4.1.1.3.	Transferencia de corte entre poste y tablero.....	109

3.4.1.1.4.	Diseño del bordillo	111
3.4.1.2.	Protección lateral de hormigón (maciza).....	114
3.4.1.2.1.	Análisis en sentido longitudinal (Mw)	116
3.4.1.2.2.	Análisis en sentido trasversal (Mc)	117
3.4.1.2.3.	Resistencia de la protección	118
3.4.1.2.4.	Transferencia de corte entre el parapeto y tablero:.....	119
3.4.1.3.	Protección lateral combinada.....	121
3.4.1.3.1.	Análisis en sentido longitudinal (Mw) del parapeto.....	123
3.4.1.3.2.	Análisis en sentido trasversal (Mc) del parapeto.....	124
3.4.1.3.3.	Resistencia del parapeto	125
3.4.1.3.4.	Resistencia de todo el conjunto de la protección lateral combinada	126
3.4.1.3.5.	Diseño de la placa base.....	130
3.4.1.3.6.	Transferencia de corte entre el parapeto y tablero.....	135
3.4.1.3.7.	Diseño del bordillo	137
3.4.1.3.8.	Diseño de acera.....	140
3.5.	Comparación de resultados	143
3.5.1.	Protección lateral de hormigón poste-viga	144
3.5.1.1.	Secciones	144
3.5.1.2.	Fuerzas y Momentos.....	144
3.5.1.3.	Acero de refuerzo	145
3.5.2.	Protección lateral de hormigón armado (maciza)	146
3.5.2.1.	Secciones	146
3.5.2.2.	Fuerzas y Momentos.....	147
3.5.2.3.	Acero de refuerzo	147
3.5.3.	Protección lateral combinada.....	148
3.5.3.1.	Secciones	148
3.5.3.2.	Fuerzas y Momentos.....	150
3.5.3.3.	Acero de refuerzo	151
	CONCLUSIONES	153
	RECOMENDACIONES.....	155
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	156
	ANEXOS	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Partes de un puente vehicular (Superestructura e Infraestructura).....	8
Figura 1.2: Baranda de seguridad en carretera.....	13
Figura 1.3: Defensa vial metálica	14
Figura 1.4: Amortiguadores de impacto	15
Figura 1.5: Lechos de frenado	16
Figura 1.6: Protecciones laterales más comunes.....	17
Figura 1.7: Protecciones laterales vehiculares	17
Figura 1.8: Protección lateral combinada, con velocidades mayores a 70 Km/h	18
Figura 1.9: Protección lateral combinada, con velocidades menores de 70 Km/h	19
Figura 1.10: Protecciones laterales rígidas y flexibles.....	20
Figura 1.11: Protección lateral rígida simple y doble	20
Figura 1.12: Elementos de una protección lateral.....	22
Figura 1.13: Protección de hormigón armado.....	24
Figura 1.14: Protección de hormigón prefabricado	25
Figura 1.15: Protección lateral combinada	27
Figura 1.16: Transición entre sistemas	27
Figura 1.17: Disposición longitudinal de la transición	29
Figura 1.18: Inclinación de protecciones laterales.....	29
Figura 2.1: Cargas y alturas mínimas de protecciones laterales vehiculares	32
Figura 2.2: Cargas y alturas mínimas de protecciones laterales para peatones	34
Figura 2.3: Cargas y alturas mínimas de protecciones laterales para ciclistas	34
Figura 2.4: Protecciones laterales vehiculares – peatonales	35
Figura 2.5: Protecciones laterales vehiculares – ciclistas	35
Figura 2.6: Secciones y carga del borillo.....	36
Figura 2.7: Secciones de la acera.....	36
Figura 2.8: Carga viva peatonal.....	37
Figura 2.9: Carga accidental de rueda en anden	37
Figura 2.10: Longitud de anclaje y doble de la varilla	41
Figura 2.11: Solicitaciones de la placa base	42
Figura 2.12: Protecciones laterales de bajas velocidades (menores a 70km/h)	44
Figura 2.13: Protecciones laterales combinadas de altas velocidades (mayores a 70km/h)	44

Figura 2.14: Dimensiones de veredas	45
Figura 2.15: Altura y cargas que actúan sobre las protecciones laterales para peatones	46
Figura 2.16: Altura y cargas que actúan sobre las protecciones laterales para ciclistas	47
Figura 2.17: Fuerzas de diseño de acuerdo al nivel de ensayo	50
Figura 2.18: Aplicación de fuerza de diseño para protecciones vehiculares	52
Figura 2.19: Análisis mediante líneas de fluencia de un muro de hormigón, para el caso de un impacto cerca del extremo de un segmento del muro	58
Figura 2.20: Análisis mediante líneas de fluencia de un muro de hormigón, para el caso de un impacto dentro de un segmento de este.	59
Figura 2.21: Modo de falla para un solo tramo en protecciones laterales postes y vigas	60
Figura 2.22: Modo de falla para tres tramos en protecciones laterales postes y vigas ..	60
Figura 2.23: Modo de falla para dos tramos en protecciones laterales postes y vigas ..	61
Figura 2.24: Análisis del conjunto formado por un muro de hormigón y un riel metálico con un impacto a la mitad de la longitud de la protección	62
Figura 2.25: Análisis del conjunto formado por un muro de hormigón y un riel metálico con un impacto justo en el poste de la protección	63
Figura 3.1: Dimensiones de la protección lateral poste – viga, corte transversal	66
Figura 3.2: Solicitaciones de carga	67
Figura 3.3: Armado del poste.....	69
Figura 3.4: Diagrama de cuerpo libre	71
Figura 3.5: Armado de la viga	72
Figura 3.6: Dimensiones y sollicitación de carga en bordillo.....	72
Figura 3.7: Armado de bordillo	74
Figura 3.8: Diseño final de la protección lateral de hormigón armado (poste - viga) ...	74
Figura 3.9: Dimensiones y sollicitación de carga de la protección lateral.....	75
Figura 3.10: Armado del parapeto, análisis en sentido transversal (vista en planta).....	78
Figura 3.11: Armado del parapeto, análisis en sentido transversal (vista frontal).....	78
Figura 3.12: Diagrama de cuerpo libre en el sentido longitudinal.....	78
Figura 3.13: Armado del parapeto, análisis en sentido longitudinal (vista frontal).....	80
Figura 3.14: Diseño final de la protección lateral de hormigón armado (maciza)	81
Figura 3.15: Dimensiones de la protección lateral combinada, corte longitudinal.....	82
Figura 3.16: Dimensiones de la protección lateral combinada, corte transversal.....	82
Figura 3.17: Solicitaciones de carga	82
Figura 3.18: Diagrama de cuerpo libre	83

Figura 3.19: Diagrama de cuerpo libre	84
Figura 3.20: Diagrama de cuerpo libre	85
Figura 3.21: Solicitaciones de carga en la placa base	86
Figura 3.22: Esfuerzos en la placa base	88
Figura 3.23: Dimensión placa base	89
Figura 3.24: Detalle final de poste y valla para la protección lateral combinada	90
Figura 3.25: Armado del parapeto, análisis en sentido transversal (vista en planta).....	93
Figura 3.26: Armado del parapeto, análisis en sentido transversal (vista frontal).....	93
Figura 3.27: Diagrama de cuerpo libre en el sentido longitudinal.....	93
Figura 3.28: Armado del parapeto, análisis en sentido longitudinal (vista frontal).....	95
Figura 3.29: Dimensiones y sollicitación de carga en bordillo	95
Figura 3.30: Armado del bordillo	97
Figura 3.31: Diagrama por carga peatonal.....	97
Figura 3.32: Diagrama por carga accidental de rueda de camión.....	98
Figura 3.33: Diagrama de cuerpo libre	99
Figura 3.34: Armado de la acera.....	100
Figura 3.35: Diseño final de la protección lateral combinada	101
Figura 3.36: Dimensiones de la protección lateral poste – viga, corte transversal	102
Figura 3.37: Dimensiones de la protección lateral poste – viga, corte transversal	104
Figura 3.38: Potencial de impacto de las ruedas, para golpes o capó contra los postes	104
Figura 3.39: Criterios para determinar el retiro de los postes.....	105
Figura 3.40: Análisis de transferencia de corte entre poste y tablero	109
Figura 3.41: Dimensiones de bordillo y sollicitación de carga.....	111
Figura 3.42: Diseño final de la protección lateral de hormigón armado (poste - viga)	114
Figura 3.43: Dimensiones y armado inicial propuesto para la protección lateral maciza	115
Figura 3.44: Armado en sentido longitudinal y transversal de la protección lateral de hormigón armado (maciza).....	115
Figura 3.45: Armado de la protección de hormigón armado (maciza), sentido longitudinal	116
Figura 3.46: Armado de la protección de hormigón armado (maciza), sentido transversal	117
Figura 3.47: Análisis de transferencia de corte entre parapeto y tablero	119
Figura 3.48: Diseño final de la protección lateral de hormigón armado (maciza)	121
Figura 3.49: Dimensiones y armado inicial propuesto para la protección lateral.....	122

Figura 3.50: Diseño de la protección lateral combinada.....	123
Figura 3.51: Armado del parapeto, sentido longitudinal	123
Figura 3.52: Armado del parapeto, sentido transversal	124
Figura 3.53: Dimensiones del perfil (W4x13)	126
Figura 3.54: Dimensiones del perfil (W4x13)	127
Figura 3.55: Solicitaciones de carga en la placa base	130
Figura 3.56: Fuerzas resultantes en la placa base	131
Figura 3.57: Análisis para los pernos de anclaje.....	131
Figura 3.58: Esfuerzos en la placa base	133
Figura 3.59: Análisis de transferencia de corte entre parapeto y tablero	135
Figura 3.60: Dimensiones de bordillo y sollicitación de carga.....	137
Figura 3.61: Diagrama por carga peatonal.....	140
Figura 3.62: Diagrama por carga accidental de rueda de camión.....	140
Figura 3.33: Diagrama de cuerpo libre	142
Figura 3.64: Diseño final de la protección lateral combinada	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Clasificación de Puentes	9
Tabla 1.2: Protecciones laterales según el tipo de material	21
Tabla 2.1: Niveles de resistencia para las barandas de puentes y criterio para los ensayos de choque.....	49
Tabla 2.2: Fuerza de diseño para las barreras para tráfico vehicular.....	49
Tabla 3.1: Puentes con protecciones más comunes en la ciudad de Manta	64
Tabla 3.2: Parámetros geométricos.....	65
Tabla 3.3: Propiedades de la sección de la valla vehicular.....	84
Tabla 3.4: Propiedades del perfil para el poste	86
Tabla 3.5: Condiciones para protecciones laterales aliviadas de hormigón armado.....	102
Tabla 3.6: Factor de equivalencia para la compresión.....	112
Tabla 3.7: Condiciones para protecciones laterales aliviadas de hormigón armado.....	115
Tabla 3.8: Condiciones para protecciones laterales combinadas.....	122
Tabla 3.9: Propiedades del perfil (W4x13) para el poste.....	126
Tabla 3.10: Propiedades del perfil metálico para la valla	127
Tabla 3.11: Factor de equivalencia para la compresión.....	138

Tabla 3.12: Comparación de secciones por las diferentes metodologías de diseño y la geometría real para la protección de hormigón armado poste - viga	144
Tabla 3.13: Comparación de fuerzas y momentos por las diferentes metodologías de diseño para la protección de hormigón armado poste – viga	144
Tabla 3.14: Comparación del acero de refuerzo por las diferentes metodologías de diseño para la protección de hormigón armado poste – viga	145
Tabla 3.15: Comparación de secciones por las diferentes metodologías de diseño y la geometría real para la protección de hormigón armado (maciza).....	146
Tabla 3.16: Comparación de fuerzas y momentos por las diferentes metodologías de diseño para la protección de hormigón armado (maciza).....	147
Tabla 3.17: Comparación del acero de refuerzo por las diferentes metodologías de diseño para la protección de hormigón armado (maciza)	147
Tabla 3.18: Comparación de las secciones metálicas poste y valla por las diferentes metodologías de diseño para la protección combinada.....	148
Tabla 3.19: Comparación de las secciones para la placa base por las diferentes metodologías de diseño para la protección combinada	149
Tabla 3.20: Comparación de las secciones para el parapeto, acera y bordillo por las diferentes metodologías de diseño para la protección combinada.....	149
Tabla 3.21: Comparación de fuerzas y momentos por las diferentes metodologías de diseño para la protección de hormigón armado (maciza).....	150
Tabla 3.22: Comparación del acero de refuerzo por las diferentes metodologías de diseño para la protección combinada	151

INTRODUCCIÓN

Las protecciones laterales son parte fundamental de un puente, que además es un elemento de gran importancia tanto para la seguridad de peatones y de los conductores, razón por la cual deben estar bien diseñadas, sin embargo, en el país no se cuenta con una normativa local para el diseño de este tipo de estructuras por lo cual el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) dispone utilizar las normas internacionales de la AASHTO.

Normativa internacional moderna de cálculo para puentes, pero que concierne fundamentos, requerimientos y criterios para el diseño de protecciones laterales vehiculares, la misma que guarda como objetivo principal dar seguridad. Sin embargo, los criterios de diseño que esta propone son dos la especificación AASHTO STANDAR emitida su última versión en el año 2002 cuya metodología se basa por el método de tensiones admisibles y aplicada en el país hasta el año 2007 según la MTO, y la otra es la especificación AASHTO LRFD actualizada en el 2017 la misma que para el diseño de dichas barandas considera factores de carga y resistencia, aumentando así la resistencia del diseño estructural.

Es así que las protecciones laterales al cumplir un papel importante dentro de la superestructura, deben ser bien diseñadas y acorde a cada situación propia y real. El criterio de la selección del tipo de protección a construir depende de diversos factores puesto que no solo existen protecciones vehiculares, sino que también están las protecciones laterales peatonales y ciclistas e incluso una de las más usadas las protecciones combinada, sin embargo, algunos diseñadores los consideran como elementos secundarios por lo que son construidos con secciones mínimas admisibles.

En relación a lo expuesto anteriormente, la presente investigación tiene como fin establecer comparaciones de las metodologías de diseño propuestas por la AASHTO, aplicada a las protecciones laterales vehiculares más comunes que se encuentran en el cantón Manta, para establecer por medio de los resultados obtenidos de los diferentes modelos la especificación con la respuesta más cercana a la realidad, en base a todos sus requerimientos analizados.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las tipologías de protecciones laterales vehiculares más comunes con las que cuenta el cantón son tres: viga – postes, maciza y combinadas (menores a 70 km/h). Las especificaciones de la AASHTO STANDAR estuvieron vigentes hasta el año 2007 razón por el cual se asume están diseñadas por aquella metodología. Estas protecciones deben ser capaces de contener y cambiar la trayectoria luego de un impacto en mayor o en menor medida un vehículo, por lo que nace la inquietud de conocer si cumplirán con los requisitos de la nueva metodología de la AASHTO LRFD con las secciones ya establecidas.

JUSTIFICACIÓN

En los últimos años se ha evidenciado un incremento en la circulación de automotores livianos y de transportes pesados en la ciudad de Manta, y con ello también se denota un crecimiento del índice de accidentes vehiculares, ocasionando estos a su vez daños materiales e inclusive pérdidas humanas. Como evidencia de estos problemas en la actualidad se han implementados técnicas para los controles de velocidad en las vías, aun cuando con esta aplicación no se ha logrado mitigar dicho problema.

No obstante, por esta situación se ve afectada también los puentes de tránsito vehicular de la ciudad de Manta e inclusive de todo el Ecuador, debido que se registran un alto número de accidentes provocados en estas estructuras, dejando graves daños generalmente en las protecciones laterales e incluso el colapso total de las mismas; causados por el impacto de choque de los vehículos que circulan sobre los puentes.

Debido a esto es necesario revisar y exponer las metodologías de diseño, las secciones, alturas mínimas, materiales de construcción, entre otros, usadas en protecciones laterales para puentes vehiculares para que cumplan un buen desempeño de servicio, es decir salvaguardar la vida de los usuarios que circulan por estas estructuras viales. Ante lo expuesto es necesario tener una guía del procedimiento de cálculo para las protecciones, incluyendo sus aceras y bordillos; mediante las cargas de servicio y/o diseño establecidas por las normativas nacionales e internacionales.

Se infiere entonces, que esta investigación tiene un alto grado de importancia, ya que pretende conocer por medio de un análisis comparativo las variaciones en el diseño de las protecciones laterales mediante las dos metodologías de diseño de la AASHTO, la especificación que por consiguiente genera que la baranda vehicular en puentes asegura más resistencia, economía y buen desempeño.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un análisis comparativo de protecciones laterales mediante las dos metodologías de diseño propuestas por la norma AASHTO, aplicada en puentes vehiculares del cantón Manta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Estudiar las tipologías de las protecciones laterales para puentes vehiculares.
- ✓ Identificar los tipos de protecciones laterales más usuales en puentes vehiculares del cantón Manta.
- ✓ Diseñar las protecciones laterales de hormigón armado poste-viga, maciza y combinada de acuerdo a los criterios propuestos por las especificaciones de la norma AASHTO STANDARD y LRFD.
- ✓ Comparar los resultados obtenidos del diseño de las protecciones laterales en base a las características geométricas reales y por las dos metodologías de diseño de la norma AASHTO STANDARD y LRFD.
- ✓ Determinar la metodología de diseño que brinda mayor resistencia para cada tipo de protección lateral vehicular.

HIPÓTESIS DEL PROBLEMA

La especificación de la AASHTO LRFD ofrece una metodología diseño estructural de mayor resistencia en las protecciones laterales vehiculares poste-viga, maciza y combinada menores a 70Km/h.

MÉTODO DEL TRABAJO CIENTÍFICO

El presente trabajo de investigación se encuentra desarrollado en tres capítulos como se indica a continuación:

CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE

En este capítulo es el conjunto de toda la fundamentación científica – teórica, trata de todos los conceptos, generalidades, definiciones y aspectos relacionados con los puentes y sus elementos. Así también como lo relacionado con el tema principal que son las protecciones laterales vehiculares, esto es la disposición de transiciones por ejemplo y asimismo las disposiciones de las protecciones en sentido longitudinal y transversal (altura e inclinación).

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta sección se establecen los materiales utilizados, las normas, métodos, parámetros y especificaciones o metodologías empleadas para el desarrollo efectivo de este trabajo de investigación. Vale recalcar que el programa principal usado fue Microsoft Excel 2016 en el que se generó una hoja de cálculos para realizar el diseño estructural de las protecciones, comparaciones y análisis de los resultados.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Dentro de este acápite se presentan los tres modelos de protecciones más comunes (poste-viga, maciza combinada menores a 70km/h) en los puentes del cantón Manta y por ende a ser diseñarlos por las metodologías de la AASHTO STANDAR (2002) y AASHTO LRFD (2017). Una vez diseñadas se procedió a las comparaciones de secciones, fuerzas y momentos, acero de refuerzo tanto a flexión como a corte.

Y finalmente se presentan las respectivas conclusiones recogidas a lo largo del trabajo en base al planteamiento de los objetivos específicos y además de los resultados observados, así como las recomendaciones para mejoras de esta investigación.

CAPÍTULO I

1. ESTADO DEL ARTE

1.1. Antecedentes

A lo largo de los años se ha podido evidenciar el avance que han tenido los diseños de los puentes, la metodología y materiales que van cambiando de acuerdo al entorno y la necesidad que se presente, en base a ello se han creado normas donde se establecen límites y métodos para facilitar el diseño de estas obras. Cada metodología presente, tiene sus debidos estudios y comprobaciones creados por organizaciones que hacen públicas sus guías para así, brindar más información y facilitar el diseño de estas estructuras.

Dicho de esta manera, se encuentran varias normas internacionales, de las cuales su uso depende de cada diseñador, entre estas se puede mencionar a la AASTHO STANDARD Y LRFD, especificaciones internacionales destinadas al uso exclusivo para el diseño, construcción y mantenimiento de los puentes.

En 1898, los miembros fundadores se reunieron por vez primera para ejecutar normas para probar el acero, el hierro y otros materiales. Primero crearon una especificación para uniones de acero del ferrocarril, la terminología de carreteras y los materiales de pavimentación, y pruebas para las propiedades de cemento y hormigón. Es así como cada norma y metodología se ha ido creando a través del tiempo, el avance de la tecnología y necesidad. (International, 2014)

Todo profesional que haga uso de cualquiera que sea la norma a emplear, tiene la obligación de estudiar y comprender las disposiciones que brinda cada una y aplicarla de acuerdo al uso y material, por ellos una de las investigaciones encontradas indican que para cada tipo de material depende el uso ya sea de la AASTHO STANDARD o la LRFD, donde indican que es conveniente utilizar la norma AASTHO LRFD en el diseño con hormigón armado, principalmente, como ahorro de acero y porque incluye en sus disposiciones las últimas investigaciones. (Ochoa, 2018)

El AASTHO LRFD basado en el método de diseño por factor de carga y resistencia, no solo es la más usada en países como los EEUU, sino también en diversos países de Europa, y también adoptada en nuestro país por ser una norma moderna, la cual diseña puentes para

diferentes estados límites, buscando satisfacer la condición de que las cargas de servicios mayoradas por un factor, sean menores o iguales a la resistencia nominal minorada. (Riofrio, 2013)

Estas normas poseen un capítulo específico donde menciona los diferentes tipos de protecciones laterales, para impactos de vehículos y protección peatonal, teniendo diferentes filosofías de diseño. En el país, se han usado diferentes tipos de protecciones laterales, las más comunes las protecciones laterales de viga postes de hormigón armado, protección maciza, y protección combinada menores a 70 km/h.

1.2. Bases Teóricas

1.2.1. Generalidades de un puente

En términos generales, (Claros, 2004) define al puente como “una estructura que forma parte de caminos, carreteras, líneas férreas y canalizaciones, construida sobre una depresión, río, u obstáculo cualquiera”

La (AASHTO, 2014) indica que, un puente es cualquier estructura que tiene una abertura no menor a 6100 mm, y que forma parte de una vía o está ubicada sobre o debajo de una carretera.

Se puede decir entonces, que un puente es una obra civil que permite vencer obstáculos, accidentes geográficos y los que comúnmente se construyen para dar continuidad a una vía; a su vez, el diseño de estas estructuras depende de varios factores, entre ellos está el tipo de función que desempeñará y también de las características del terreno en el que se cimentará, logrando así definir además el tipo de material con el que se construirá.

Por otra parte, es fundamental indicar que de acuerdo al uso que se destine el puente este recibe un nombre en particular, de modo que el término viaducto se dispone a aquellas estructuras viales (carreteras, autopistas o vías férreas), para la conducción de agua se los considera acueducto y por último si el uso es exclusivamente para la circulación de personas se lo conoce como pasarelas.

Ahora bien, existe una tipología variada de los materiales de construcción de los puentes entre estos se tiene “los puentes de madera que son rápidos de construir y de bajo coste, son poco resistentes y duraderos, los puentes de piedra son tremendamente resistentes, compactos y duraderos, aunque en la actualidad su construcción es muy costosa, también están los

puentes metálicos son muy versátiles, permiten diseños de grandes luces, se construyen con rapidez, pero tienen una desventaja debido a que su construcción data costos elevados, y por último se tienen los puentes de hormigón armado que son de montaje rápido, ya que admiten en muchas ocasiones elementos prefabricados, son resistentes, permiten superar luces mayores que los puentes de piedra.” (CICA, 2014)

1.2.1.1. Estructuración

Básicamente la estructura de un puente se compone en dos partes, las cuales son:

- a) **La superestructura:** “La constituye el tablero que soporta directamente las cargas; vigas, armaduras, cables, bóvedas, arcos, quienes transmiten las cargas del tablero a los apoyos.” (SERQUÉN, 2010)
- b) **La infraestructura:** “Conformada por: pilares (apoyos centrales); estribos (apoyos extremos) que soportan directamente la superestructura; y cimientos, encargados de transmitir al terreno los esfuerzos.” (SERQUÉN, 2010)

En otras palabras, la superestructura es el conjunto de uno o varios tramos que se crean al formarse los vanos apoyándose entre los soportes, mientras que la infraestructura son un conjunto de apoyos encargados de recibir las cargas de la superestructura y transmitirla al suelo.

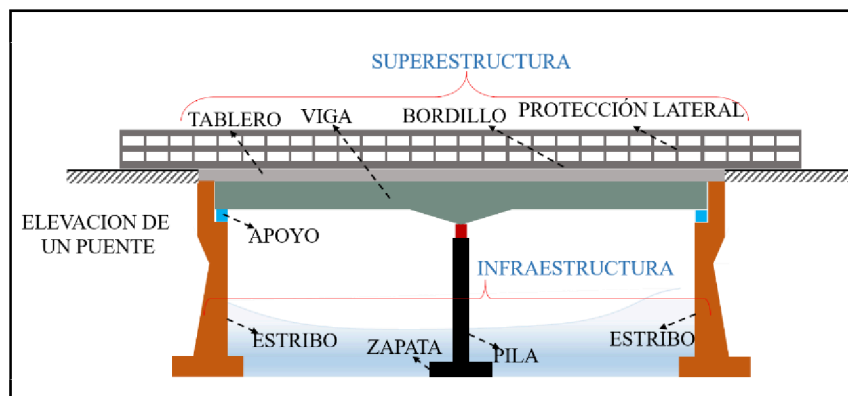









Figura 1.1: Partes de un puente vehicular (Superestructura e Infraestructura)








Fuente: Autor

1.2.1.2. Clasificación de los puentes

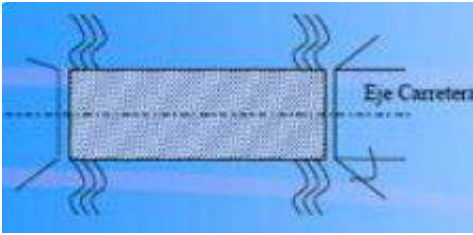
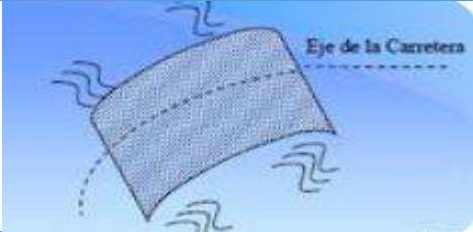
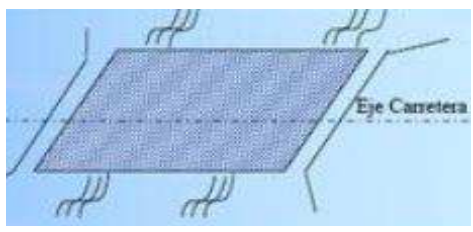
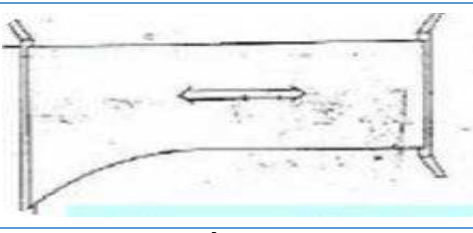


Según (Jaramillo, 2017), los categoriza de dos maneras generales: en puentes fijos y puentes móviles, aunque este último se presenta en una pequeña minoría en comparación de los puentes fijos. De esta manera los clasifica según los diversos puntos de vista:

Tabla 1.1: Clasificación de Puentes

a) POR EL MATERIAL		
<i>Puentes de hormigón armado</i>		
<i>Puentes de hormigón presforzado</i>		
<i>Puentes de acero estructural</i>		
<i>Puentes de madera</i>		
b) POR EL SERVICIO QUE PRESTAN		
<i>Peatonales</i>		
<i>Vehiculares</i>		
<i>Ferrovianos</i>		

<i>Acueductos</i>	 A large concrete aqueduct with multiple thick, rectangular piers supporting a wide, flat top surface. The structure is set against a clear blue sky.
<i>Viaductos</i>	 A modern highway viaduct with a curved, multi-lane road. It features tall, slender pylons and cables supporting the bridge deck. The surrounding area is green and hilly.
c) POR EL TIPO DE SUPERESTRUCTURA LONGITUDINAL	
<i>Puentes isostáticos simples.</i>	 A simple concrete bridge with a single large arch opening. It has a blue metal railing on top and is situated over a small stream or road.
<i>Puentes de vigas Gerber</i>	 A concrete bridge with two spans supported by three piers. The bridge is built over a dry, rocky stream bed in a rural area.
<i>Puentes de vigas continuas</i>	 A long, multi-span concrete bridge with several piers. It spans across a valley with green hills in the background.
<i>Puentes a porticados</i>	 A bridge with a wide, flat deck supported by several tall, rectangular piers. It is located on a hillside overlooking a road.
<i>Puentes en arco</i>	 A large steel arch bridge with two prominent arches. It spans across a wide river or lake with mountains in the distance.

<p><i>Puentes atirantados</i></p>	
<p><i>Puente colgante</i></p>	
<p>d) POR EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO O MONTAJE</p>	
<p><i>Puentes hormigonados o vaciados en sitio</i></p>	
<p><i>Puentes prefabricados (Acero, Hormigón, etc.)</i></p>	
<p><i>Puentes de vigas lanzadas. Izadas con grúas, teleféricos, equipos de lanzamiento</i></p>	
<p><i>Puentes de volados sucesivos. De dovelas prefabricadas o fundidas en el sitio.</i></p>	

e) POR SU GEOMETRÍA EN PLANTA	
<i>Puentes rectos</i>	
<i>Puentes curvos</i>	
<i>Puentes esviados o esviados</i>	
<i>Puente de ancho variable</i>	
f) POR SU DURACIÓN	
<i>Puentes definitivos</i>	
<i>Puentes provisionales o temporales</i>	

Fuente: (Cuenca & Vargas, 2017)

Elaborado por: Autor

1.2.2. Sistemas de defensa vial

Los sistemas de defensas viales son elementos de seguridad que se instalan en uno o ambos lados de las carreteras, en los lugares donde existe peligro latente por accidentes, ya sea por la curvatura del camino, altura de los terraplenes, alcantarillas, otras estructuras o por accidentes topográficos. (IMFICA, 2015)

Con estos sistemas viales la seguridad incrementa tanto para los peatones, conductores y usuarios de transportes. Las defensas deben poseer un sistema estructural lo suficientemente resistente para poder encauzar la trayectoria de un vehículo hasta lograr disipar la energía de impacto.

1.2.2.1. Tipos de sistemas de contención vial

1.2.2.1.1. Sistemas de contención vial en carreteras

Un sistema de contención vehicular en general es un elemento metálico o de concreto que tiene por finalidad contener y re direccionar un vehículo que se encuentra fuera de control como se muestra en la *figura 1.2*, logrando miniar lesiones graves a los ocupantes de dicho vehículo y asimismo a usuarios terceros, es decir peatones que se encuentren cerca. Por lo tanto, la función principal de un sistema de contención vial no es prevenir un accidente, sino reducir daños al impactar un vehículo con cualquier barrera de protección. (Bravo & Vintimilla, 2015)



Figura 1.2: Baranda de seguridad en carretera

Fuente: (Bravo & Vintimilla, 2015)

El dispositivo más utilizado como una protección vehicular son las defensas viales metálicas que son “elementos en acero laminados en frío, en forma de doble onda o W, las cuales se instalan sobre parales metálicos y separadores metálicos o plásticos, estructurando un sistema flexible que absorbe los impactos de los vehículos al colisionar en la vía”. (FANALVÍAS, 2012)



Figura 1.3: Defensa vial metálica

Fuente: (FANALVÍAS, 2012)

Un adecuado sistema de contención se produce mediante la interacción de diversos elementos, como por ejemplo están, “las barreras de contención, sus transiciones y terminales, como también la disposición de amortiguadores de impacto y los carriles de emergencia para vehículos pesados. Los requerimientos para los distintos sistemas de contención y el procedimiento de diseño permiten elegir los dispositivos adecuados para casos específicos.” (MTOPI, 2013)

1.2.2.1.1.1. Otros tipos de contención vial en carreteras

- Amortiguadores de impacto

Un amortiguador de impacto o también conocido como atenuador de impacto, es un sistema contención vial utilizado para recibir el impacto frontal de un vehículo fuera de control, colocados en lugares donde posiblemente se pueda dar este evento.

La clasificación de los atenuadores de impacto, se da en tres categorías según (Vial, 2015):

a) Según su Rendimiento:

- No Redirectivos: (5 pruebas de impacto)

- Redirectivos Traspasables: (7 pruebas de impacto)
- Redirectivos No Traspasables: (8 pruebas de impacto)

b) Según la velocidad de Impacto

- TL-1 (50 km / h) – carreteras locales
- TL-2 (70 km / h) – vías colectoras / zonas de trabajo
- TL-3 (100 km / h) – carreteras

c) Según el Tipo de vehículo

- Vehículo Pequeño
- Camioneta

Los amortiguadores de impacto se diseñan para comprimirse a manera de telescopio, para desacelerar un automóvil al impactarse de manera frontal, y tiene como ventaja redirigir el vehículo cuando éste golpea de lado con el amortiguador.



Figura 1.4: Amortiguadores de impacto

Fuente: (Vial, 2015)

- Lechos de frenado

El lecho de frenado, es una carretera de emergencia que desvía un vehículo que no tiene control en los frenos. Además, es una vía con una pendiente ascendente y superficie compactada, cumple la función de detener un vehículo por efecto de la gravedad. Estas vías de emergencia se encuentran adyacentes a vías principales con descenso prolongado.

“El diseño de los lechos de frenado comprende aspectos operacionales y geométricos” (Ñancuñil, 2002). Lo que en otras palabras quiere decir que para su diseño dependen de dos parámetros importantes y para entenderlos (Mackenna, 2007) menciona que: “las variables operacionales corresponden a aquellas que determinan el funcionamiento del LF durante la fase

de operación, tales como las características del acceso, el ancho y el esviaje. Las variables geométricas determinan la longitud e inclinación del LF.”



Figura 1.5: Lechos de frenado

Fuente: (Moya & Marín, 2015)

1.2.2.1.2. Sistema de contención vial en puentes

Estos sistemas de contención vial están diseñados para ser instalados sobre viaductos, puentes, etc. y su principal función es contener los vehículos, tanto ligeros como pesados, para evitar la salida de la calzada o la caída por pendientes, con el fin de evitar accidentes. (VIAL, 2017)

1.2.3. Protecciones laterales de puentes

Las protecciones laterales de un puente de carretera es otro tipo de sistema de contención, la diferencia está, en que estas deben impedir la eventual caída de un vehículo por el borde de un puente. Es una barrera de protección que se ubica en los extremos del tablero en sentido longitudinal, diseñado para resistir el impacto vehicular y también para dar seguridad a los peatones.

La selección de la protección adoptada, debe ser resistente y facilitar la visibilidad de los conductores. (Jaramillo, 2017) señala que “los tipos de protecciones más usuales son los postes y barandales de hormigón, los postes y barandales de acero estructural, los parapetos continuos de hormigón armado.” El diseño de una protección está basado en la característica del puente, razón por el cual existen de tipo vehicular, peatonal, para ciclistas y de uso combinado.

Con el correcto diseño de una protección se logra en el caso de un choque mantener o re direccionar de forma paralela al vehículo y por otro lado como anteriormente se mencionó se

evita lesionar a los peatones cuando ocurren dichos accidentes. Considerando esto básicamente la funcionalidad de estos sistemas es tener un impacto controlado.

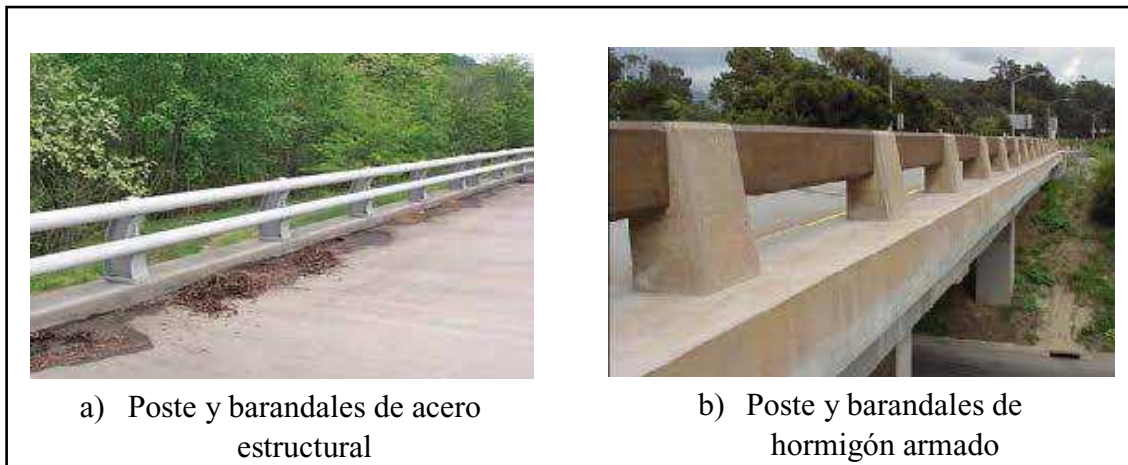


Figura 1.6: Protecciones laterales más comunes

Fuente: Autor

1.2.3.1. Clasificación de las protecciones laterales

1.2.3.1.1. Por el uso del puente

Las protecciones laterales de un puente de carretera se pueden clasificar según el uso que se dé, entre ellas se presentan tres clasificaciones:

a) Protecciones Laterales Vehiculares

Esta protección lateral se crean barandas vehiculares capaces de resistir un impacto vehicular y poder re direccionar el mismo. Esta función lo debe cumplir ante cualquier tipo de vehículo, sean autos livianos o pesados, y además no debe permitir que se salga hacia afuera del puente. Los materiales con los que se construyen estas protecciones son metálicos o de hormigón.

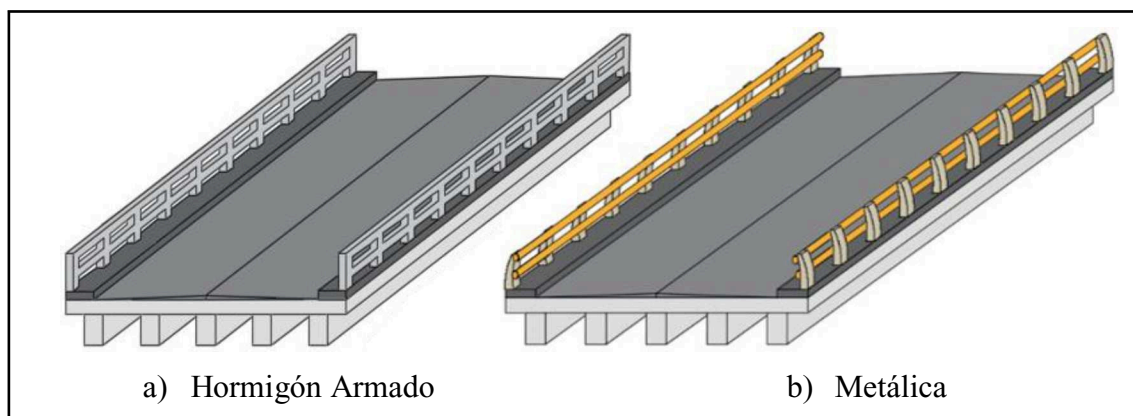


Figura 1.7: Protecciones laterales vehiculares

Fuente: Autor

b) Protecciones Laterales Peatonales y/o Ciclistas

Es una barrera lateral tanto para peatones como ciclista contiene las mismas características, la diferencia es que la protección para peatones contiene una acera donde circula el peatón y la de ciclistas tiene una calzada.

Esta protección, es generalmente un sistema de postes y pasamanos, se diseñan bajo la presencia de carga peatonal construidos con elementos tanto verticales como horizontales y para el caso de protecciones para ciclistas, se diseñan específicamente para soportar ese tráfico como tal.

Sin embargo, también existen protecciones combinadas donde está la presencia barandas vehiculares junto con barandas peatonales y de ciclistas. Este tipo de protección se utiliza en vías de alto tráfico con el objetivo de separar el tránsito vehicular con el peatonal para así brindar más seguridad.

Esta combinación de protecciones es conveniente aplicar en vías de mayor fluidez vehicular y de altas velocidades, así lo expresa (Vinueza, 2015) “en una carretera de alta velocidad, la vía peatonal o ciclo vía deben tener tanto una baranda para peatones o ciclistas en su parte externa como una baranda mixta en su parte interna”.

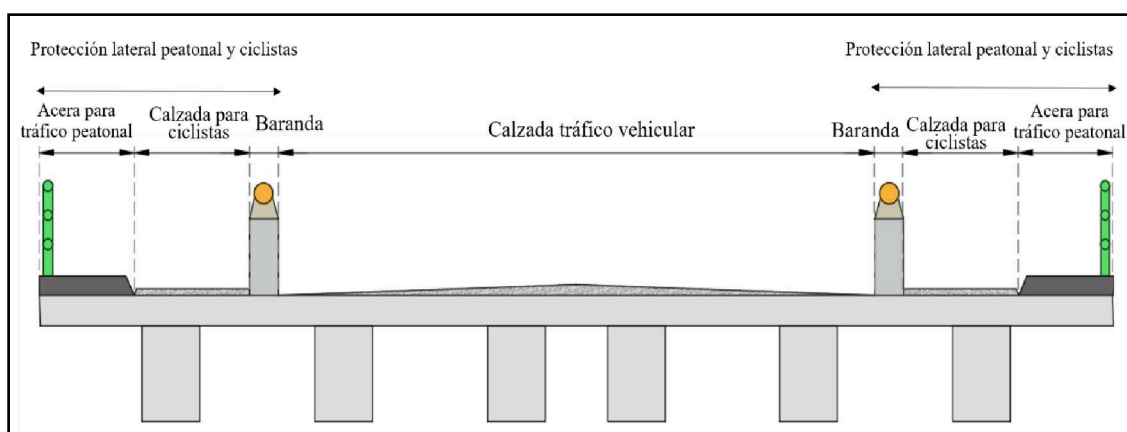


Figura 1.8: Protección lateral combinada, con velocidades mayores a 70 Km/h

Fuente: Autor

c) Protecciones Laterales Combinadas

Se conocen protecciones laterales combinadas a las barandas hechas de hormigón junto con acero, por lo general se emplean en puentes donde la circulación de vehículos es entre medio y bajo, al igual que los peatones y ciclistas. De la misma manera que las protecciones anteriores,

deben ser capaces de resistir un impacto vehicular y re direccionándolo, evitando así la salida del automotor.

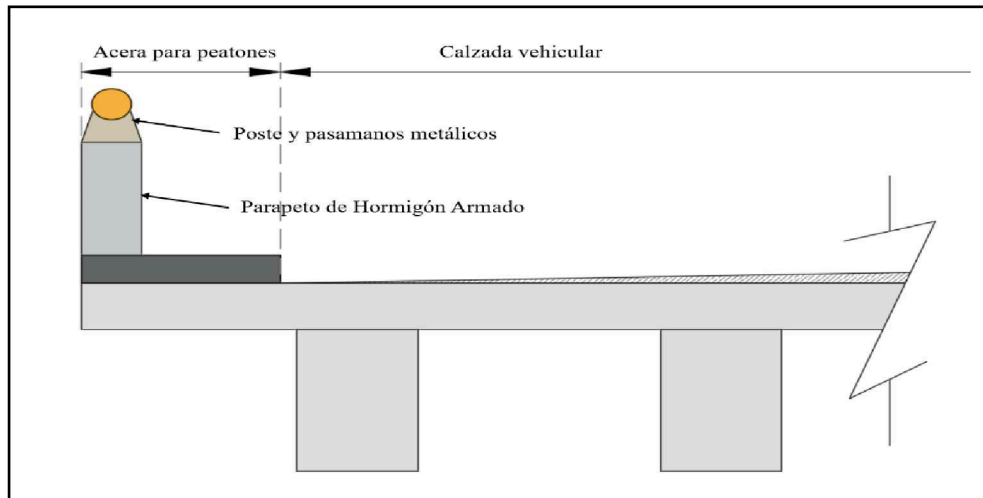


Figura 1.9: Protección lateral combinada, con velocidades menores de 70 Km/h

Fuente: Autor

1.2.3.1.2. Por el comportamiento estructural

Dentro de esta clasificación se encuentran:

a) Rígidas (macizas) o Flexibles (alivianadas)

Las protecciones laterales rígidas (hormigón) son aquellas que, al recibir el impacto de un automotor, presenta deformaciones muy pequeñas, contrario a lo que ocurre con las protecciones laterales deformables (metálicas), puesto que denotan más deformaciones y son inelásticas.

Estos sistemas dependen de la velocidad con la cual es diseñado el puente, así lo expresa (Riofrio, 2013) argumentando que “este tipo de protecciones dependen del nivel de velocidad del tráfico vehicular sobre el puente ya que en vías de alta velocidad se necesita protecciones más rígidas que en vías de baja velocidad”.

Las barreras rígidas presentan una gran ventaja, puesto que cuando un camión o autobús choca en un puente, ocasiona fuerzas de impacto muy grandes y son precisamente estas barreras las que soportan mayor fuerza en comparación con las alivianadas, teniendo como ventaja también que la reconstrucción de las rígidas es más económica que las flexibles.

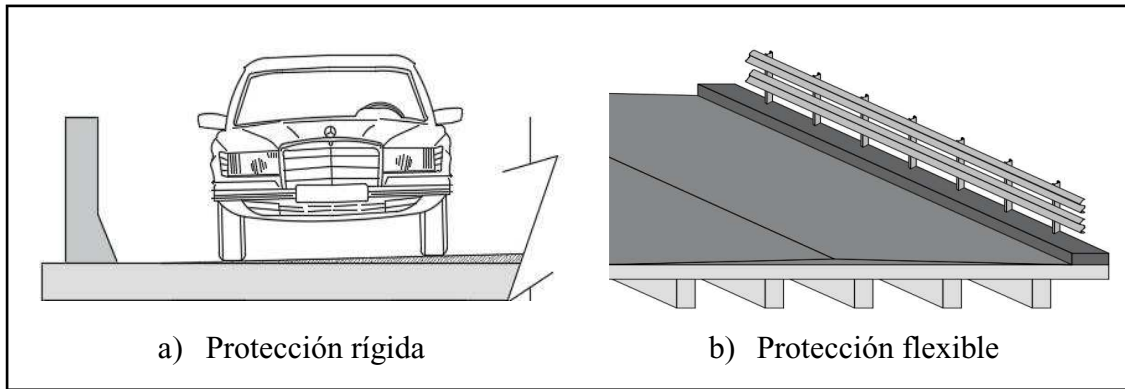


Figura 1.10: Protecciones laterales rígidas y flexibles

Fuente: Autor

b) Simples o Dobles

Esta protección lateral es en función de su número de lados de impacto, es decir, que se hay según la AASHTO “simples tienen una sección transversal que presenta un solo lado apto para el impacto. Las dobles, en cambio, cuentan una sección transversal con ambos lados aptos para el impacto”. (Técnica, s.f.)

Las barreras simples son elemento longitudinal asimétrico están destinadas a ser colocadas del lado derecho de una calzada para prevenir una posible colisión por ejemplo terraplenes o depresiones. Por su parte la barrera doble es un elemento simétrico que se coloca en medio de una vía de doble circulación, destinadas a resistir impactos frontales.

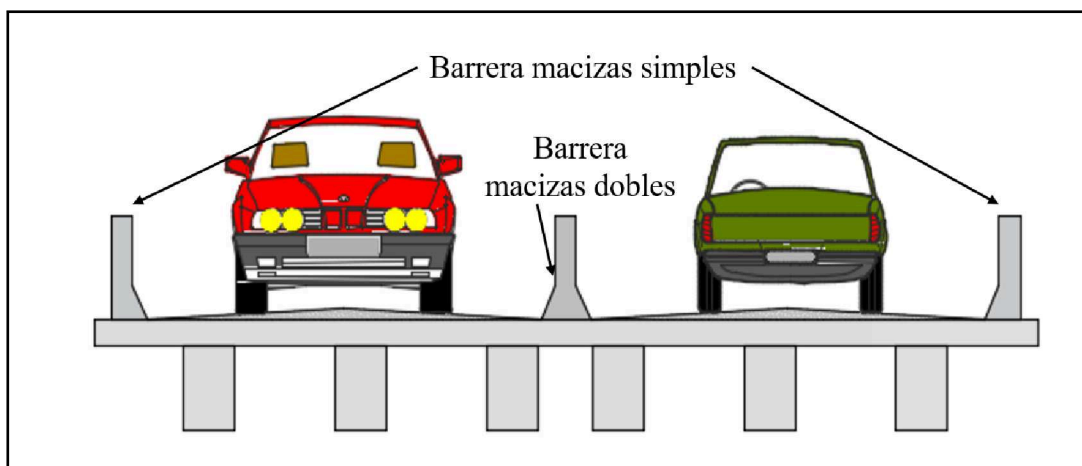


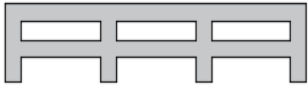
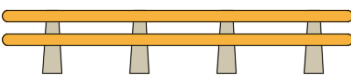

Figura 1.11: Protección lateral rígida simple y doble

Fuente: Autor

1.2.3.1.3. Por el material empleado

En esta categorización se tiene las siguientes:

Tabla 1.2: Protecciones laterales según el tipo de material

HORMIGÓN	METÁLICAS	COMBINADAS
		

Fuente: Autor

1.2.3.2. Elementos que componen una protección lateral

1.2.3.2.1. Elementos de protecciones laterales peatonales

Las protecciones laterales peatonales, particularmente son caracterizados por ser elementos que reciben poca fuerza de impacto, están compuestos por elementos metálicos, razón por el cual se consideran aliviados. Estas barreras de protección constan de elementos verticales y horizontales, también conocidos como postes y pasamanos, aunque en algunos casos estos se los sustituyen por vallas metálicas es decir perfiles más resistentes.

a) Elementos Verticales

Anclados directamente al tablero y cumplen con la finalidad de soportar a los pasamanos. La separación de los postes depende del material, sin embargo “el ministerio de obras públicas en nuestro país recomienda un espaciamiento de 2,0 m. para los postes y la inclusión de juntas de dilatación de cada 6,0 m.” así lo menciona (Escudero, 1996) para protecciones de hormigón armado.

Mientras la separación de los postes metálico sea mayor, la protección lateral tendrá menos rigidez, pero debido a la poca fuerza que reciben (Riofrio, 2013) indica que “se acostumbra utilizar una separación entre 2m y 4m”.

b) Elementos Horizontales

Los elementos horizontales o pasamanos estas colocados de manera perpendicular a los postes, generalmente poseen la misma sección para obtener mejor rigidez. Estos pasamanos deben ir colocados a niveles diferentes, según la AASHTO la altura máxima debe ser de 90 cm.

Sin embargo, estos elementos deben ser colocados con el fin de que un transeúnte o un ciclista al resbalar no caiga del puente ni por la parte de abajo ni por encima de la protección. Esto indica que se debe colocar más de dos pasamanos para esta barrera de contención.

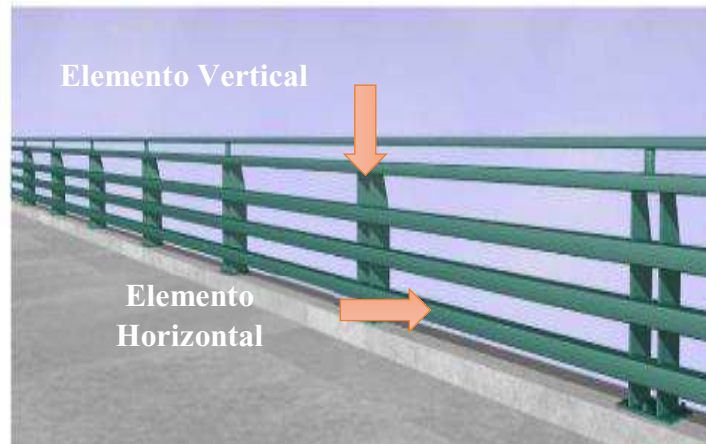


Figura 1.12: Elementos de una protección lateral

Fuente: (Justo, 2017)

1.2.3.2.2. Elementos de protecciones vehiculares

1.2.3.2.2.1. Protecciones laterales vehiculares metálicas

Las protecciones vehiculares metálicas también constan de elementos verticales y horizontales. Estos elementos son similares a las protecciones peatonales, sin embargo, esta barrera es diseñada a resistir un impacto vehicular por lo que los postes y pasamanos serán de mayor sección teniendo más resistencia que las de peatones y ciclistas. Entre las partes que lo componen están:

- **Postes**

Los postes metálicos son elementos verticales que se encuentran anclados con el tablero, dispuestos a lo largo de toda la protección lateral sosteniendo las vallas metálicas o elementos longitudinales como pasamanos. Al igual que los postes peatonales, si la separación de estos elementos es mayor puede ocurrir deflexiones exageradas y tendría un re direccionamiento el vehículo.

- **Vallas vehiculares**

Las vallas vehiculares están distribuidas de manera perpendicular a los postes y conectados por soldadura, están colocados en toda la altura del elemento vertical. (Riofrio, 2013) expresa que esta protección metálica “deben cumplir los requisitos aplicables establecidos en las Especificaciones sección 11 Estructuras de Acero Pasamanos Poste salvo que los perfiles

metálicos sean fabricados de acero dulce.” Estas vallas metálicas sustituyen a los pasamanos que son construidos con tubos y perfiles de acero.

- **Soldadura**

Cada cordón de soldadura deberá presentar una superficie lisa, y según especificaciones y normas técnicas “la soldadura de elementos de acero, cuando se autoriza, deberá cumplir con la norma AWS D1.1- 80 del Código de Soldadura Estructural de la AWS.” (NORMAS, 2014)

- **Instalación y acabado**

Los postes se colocarán sobre unos pequeños muros mediante pernos de anclajes y ser ajustados con tuercas, el material de fijación debe estar detallado en los planos, esto con el fin de lograr una correcta alineación y coincidir con las juntas de topes. Las barandas deben ser colocada y pintada toda su superficie galvanizada, los postes también se aplicará pintura de otro material, se debe revisar que el área soldada entre los elementos verticales y horizontales queden perfectamente acabado.

1.2.3.2.2. Protecciones laterales vehiculares de hormigón

Elementalmente esta barrera de contención cuenta con protecciones macizas y alivianadas. Se considera protecciones alivianadas aquellas que están conformadas por postes y vallas de hormigón, mientras que las protecciones macizas son parapetos. Es esencial recalcar que este tipo de protecciones pueden ir con o sin bordillos.

- **Postes**

Son sistemas montados al tablero de manera vertical o inclinado de concreto colocados cada 2,00 m. Este sistema de postes debe soportar la valla vehicular de hormigón.

- **Vallas vehiculares de hormigón**

Las vallas de concreto generalmente son de la misma sección que los postes, y también son conocidas como vigas, por los materiales que la componen.

- **Bordillo**

Un bordillo es un bloque ubicado longitudinalmente a lado de la baranda, se considera parte integral de una baranda debido a que allí se apoya la protección lateral.

- Parapetos

Los parapetos son una barrera o muro de hormigón, este se puede instalar fabricados insitu o prefabricados. Este elemento también se lo diseña para resistir un impacto vehicular.

- Materiales de construcción

De acuerdo a (Riofrio, 2013) “todos los materiales y la construcción se ajustarán a los requisitos en la sección 8, Estructuras de Hormigón y la sección 9, Acero de Refuerzo.”

Por lo que se puede definir dos tipos según su construcción:

a) Protección de hormigón insitu

También conocida como protección alivianada o abierta debido a que está compuesto por vallas vehiculares y postes de hormigón. La fundición de este elemento el hormigón debe tener la resistencia suficiente para que el encofrado no lo dañe cuando este sea retirado.



Figura 1.13: Protección de hormigón armado

Fuente: (Denis, 2004)

b) Protección de hormigón prefabricado

Este sistema también se la conoce como protección maciza o cerrada debido a que toda su estructura está formada por concreto armado, es un parapeto o pequeño muro de hormigón su sección la convierte en una estructura rígida. De esta protección se la puede clasificar en simples o dobles.



Figura 1.14: Protección de hormigón prefabricado

Fuente: (PORVIA, 2013)

1.2.3.2.2.3. Protecciones laterales vehiculares combinadas menores a 70Km/h

Las protecciones vehiculares combinadas menores a 70km/h están construidas de hormigón y metal, las barreras laterales tienen que cumplir con las especificaciones de la AASHTO y además deben ser seguras, económicas y estéticas, (Perlta P., 2018) indica que “las soluciones combinadas de barandas de metal más concreto satisfacen generalmente estos requisitos”. Este tipo de protecciones se recomienda utilizar cuando el diseño de la vía del puente es de velocidades medias y altas.

- Postes metálicos

Los postes metálicos se colocan encima del parapeto de hormigón, dispuesto a soportar al elemento horizontal o pasamanos tubular galvanizado. Este elemento vertical debe estar perfectamente anclado y colocados cada 2,0 o 3,0 m.

- Pasamanos metálicos

El pasamanos es el elemento horizontal apoyado en los postes. Este elemento debe ser anclado mediante soldadura y presentar en las uniones una superficie lisa.

- Parapeto de hormigón

El parapeto es la parte más rígida de la protección, esta debe ser hormigón armado y puede ser prefabricado u hormigonado insitu.

- **Acera**

La acera o también conocido como vereda es un elemento hormigonado que es más utilizado en zonas urbanas y muy poco en zonas rurales. Esta sección es destinada para el flujo peatonal. Las especificaciones de la AASHTO indican un ancho mínimo de 60 cm con la misma altura de diseño del bordillo.

- **Bordillo**

Es una pequeña barrera que se encuentra junto a la acera, cumple la función de proteger a los peatones con las ruedas de los automotores. Si el bordillo no cuenta con una barrera que separe la calzada de la acera, el ancho de la vereda debe ser una longitud superior a la mínima.

1.2.3.2.2.4. Protecciones laterales vehiculares combinada mayores a 70Km/h

Esta protección lateral es la combinación de las barandas vehiculares y las peatonales junto con ciclista. Generalmente se utilizan las protecciones vehiculares combinadas menores a 70Km/h (baranda hormigón con postes y vigas metálicas) más la protección peatonal, sin embargo, también está la combinada menores a 70Km/h (poste-viga de hormigón) más la peatonal. Debe cumplir con las exigencias de las especificaciones de la AASHTO.

Según (Cernuschi, 2015) “Una combinación de baranda vehicular y peatonal debe ser utilizada en el borde exterior de una vereda cuando el cordón es la única separación entre la vereda y la calzada”. Es decir que no debe haber acera en el lado interior de la protección vehicular.

Los elementos con los que consta esta protección son:

- **Baranda Vehicular**

De hormigón: postes, pasamanos o vallas vehiculares, acera y bordillo.

Mixta: postes metálicos, pasamanos metálicos, parapetos de hormigón, acera y bordillo.

- **Baranda peatonal y ciclista**

Postes metálicos, pasamanos metálicos, acera, calzada para ciclista y barandilla.

Esta protección lateral se aplica en puentes donde el diseño de la vía contempla velocidades altas, es decir mayores a 70 Km/h y además de un alto volumen de circulación de vehículos.

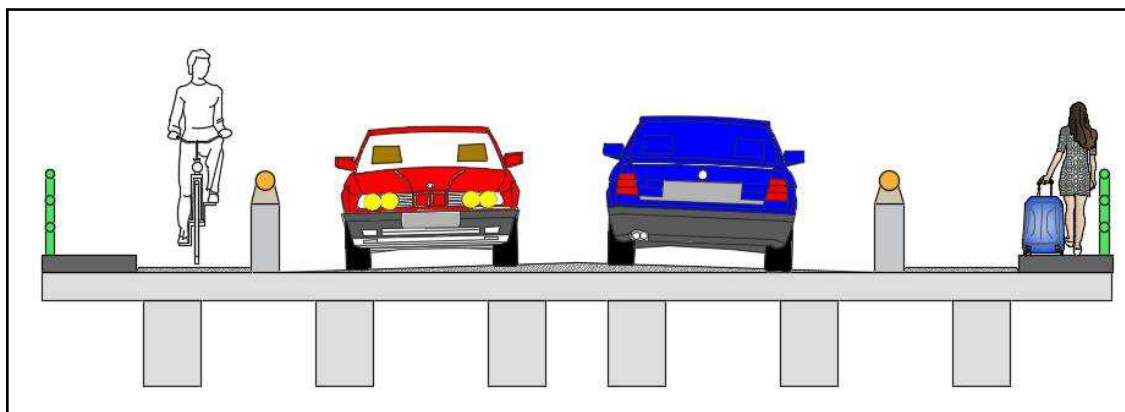


Figura 1.15: Protección lateral combinada

Fuente: Autor

1.2.3.3. Transiciones entre las protecciones laterales y la barrera de contención de una carretera

Cuando la vía está próxima a cruzar el puente, es necesario la aplicación de una transición, en particular son flexibles, este elemento es lo que une a la defensa flexible vial con la protección lateral rígida del puente. Estas conexiones deben ser compatibles con los terminales seleccionados para lograr una transición adecuada entre ambos sistemas. La rigidez de la transición debe ser de manera gradual, del sistema más débil al más fuerte, y según (CUEVAS, 2014) esto solo se puede realizar “disminuyendo la distancia entre postes, usando postes de mayor sección y utilizando vigas dobles.”



Figura 1.16: Transición entre sistemas

Fuente: (Colucci, 2011)

La no colocación de una transición en la unión entonces de protecciones flexibles a rígidas, puede tener consecuencias desastrosas en un accidente vehicular, es decir, si el vehículo

impacta antes de llegar al puente vehicular la protección vial cede, dándose una deflexión grande por lo cual cuando llega a la barrera rígida, el impacto se daría de manera frontal.

La longitud de una transición no debe obviarse debido a la importancia de un aspecto crítico en la seguridad de las protecciones. La longitud ayuda a realizar cambios graduales de rigidez de la protección, de esta forma se disminuye las deflexiones y el cambio brusco en el paso de una protección a otra.

A continuación, se presentan algunos criterios que se deben considerar en el diseño de la transición:

- a) Se debe evitar deflexiones considerables en la transición en una distancia corta, puesto que, la longitud tiene que ser la adecuada, y según (Cernuschi, 2015) “la longitud puede tomarse entre 8 a 12 veces la diferencia entre la deflexión ante choque de las protecciones a unir.”
- b) La rigidez se debe dar de manera paulatina y continua, esto se logra colocando postes más cercanos entre sí, e incrementando la sección de un poste a otro. También se puede colocar refuerzo en de los elementos horizontales.
- c) La altura de la protección flexible tiene que ser compatible con la barrera rígida, puesto que se debe evitar el enganche o montaje de los vehículos. De ser posible se puede adicionar en la parte inferior un elemento longitudinal para rigidizar la barrera y así impedir que un vehículo ingrese entre los postes.
- d) Sobre la sección, (Riofrio, 2013) “la sección extrema enviada en una protección rígida de hormigón combinada con un sistema de postes y elementos longitudinales flexibles que van aumentando en rigidez ha demostrado tener resultados satisfactorios”.

1.2.3.4. Disposición de las protecciones laterales

1.2.3.4.1. Disposición longitudinal

Los sistemas de contención se instalarán en los extremos laterales paralelas al eje del puente para obstaculizar la trayectoria de un vehículo que no tiene control y caiga fuera del tablero, sin embargo, esto cambia en cierta forma en puentes con curvas debido a la colocación de las protecciones obturan por el ángulo adecuado para reducir el choque vehicular. Además, se aconseja que el inicio de una protección lateral se dé antes de la zona donde se encuentra el

tablero (Riofrio, 2013) recomienda “una distancia L_r de 100 metros en una calzada de dos sentidos de circulación y de 140 metros en una calzada de un solo sentido de circulación.”

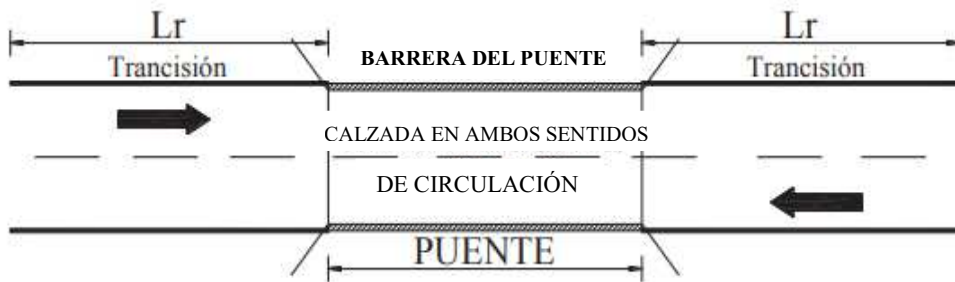


Figura 1.17: Disposición longitudinal de la transición

Fuente: (Riofrio, 2013)

1.2.3.4.2. Disposición por altura e inclinación

Para la altura de un sistema de contención vial, el diseño de la protección se basará de acuerdo a las especificaciones de la AASHTO, debido a que la altura varía según el tipo de protección lateral a emplearse. En cuanto a la inclinación, se debe verificar esta disposición específicamente en la instalación de la protección debido que es indispensable que el sistema este de manera perpendicular al tablero.

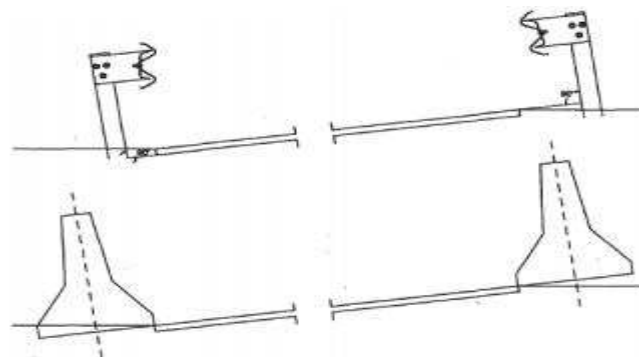


Figura 1.18: Inclinación de protecciones laterales

Fuente: (Riofrio, 2013)

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Metodología de la investigación

Para el desarrollo eficiente de este proyecto de investigación, cumplimiento de los objetivos y verificación de la hipótesis, se empleó una metodología sencilla y precisa, de tal manera que las variables teóricas que están dentro de esta investigación se detallan de forma explícita argumentando las bibliografías más relevantes, por otra parte, dicha metodología sirvió además para organizar y evaluar la indagación de forma adecuada conforme a las normas establecidas.

Por lo tanto, la presente investigación torna una metodología descriptiva y correlacional por lo que se describió, reviso y analizó de manera sistemática las fuentes bibliográficas correspondiente al campo de acción del proyecto, requeridas para el desarrollo efectivo del tema de estudio.

Además, se utilizó el método analítico, empleado en los dos primeros capítulos de la investigación con el que se permitió establecer parámetros, técnicas y normas necesarias para el diseño de las protecciones laterales, siendo estas las especificaciones de la AASHTO STANDARD y de la AASHTO LRFD.

También se empleó el método comparativo utilizado en la tercera parte del proyecto, vale indicar que las comparaciones están en función a las protecciones diseñadas por las metodologías de diseño según la AASHTO, y ésta a su vez están en relación a los sistemas de barrera lateral de los puentes vehiculares seleccionados del cantón Manta, es decir que se evaluarán los tres tipos de protecciones más comunes. Para de esta manera valorar los resultados obtenidos, para justificar la veracidad de la hipótesis.

2.2. Materiales

Para la recolección de la información y por ende la obtención de los resultados finales de la presente investigación se emplearon los siguientes materiales:

- Material de apoyo didáctico entre los que están; sitios web, libros digitales y físicos.
- GPS
- Calibrador

- Cintas métricas, flexómetro.

Referente al procesamiento e interpretación de los resultados, se utilizaron programas computacionales como:

- **Microsoft Excel 2016:** Necesario para realizar los cálculos pertinentes a las variables que compone cada protección lateral a evaluar, además de generar cuadros y gráficos comparativos para los resultados finales.
- **AutoCAD 2017:** Se detalló las medidas o secciones de las protecciones laterales a utilizar en el diseño para la comparación de la metodología, además del ancho y longitud, de las veredas y bordillos.

2.3. Normas

Investigación desarrollada y basada en las especificaciones vigentes de la siguiente norma internacional:

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

2.4. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

“La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés AASHTO, de American Association of State Highway and Transportation Officials”, (Transportationorg, 2019) es una entidad de los Estados Unidos que a través de protocolos y guías que usan para el diseño de carreteras y autopistas publican especificaciones estableciendo normas de diseño.

2.4.1. Especificaciones para el diseño de protecciones laterales en puentes vehiculares, AASTHO Standard

2.4.1.1. Diseño de características generales

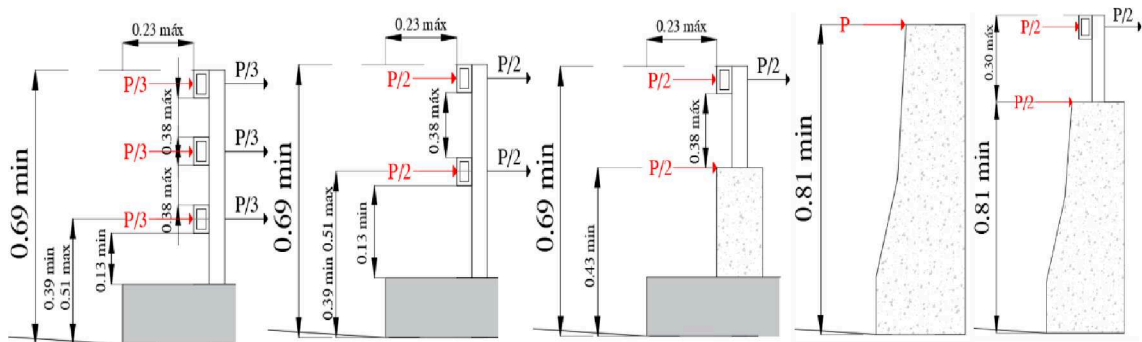
2.4.1.1.1. Dimensiones y cargas de diseño para protecciones laterales vehiculares

La última edición de la *AASHTO Standard* corresponde al año 2002, la que establece cinco configuraciones de protecciones laterales vehiculares y fijando una **altura mínima de 69cm**, salvo en el caso de la protección lateral maciza en su totalidad (protecciones macizas simples o dobles), considerando una **altura mínima de 81cm** como se muestra en la *figura 2.1*.

Sobre los elementos, en los longitudinales de las protecciones vehiculares el primer elemento debe tener una **altura máxima de 43cm**, y los demás elementos horizontales tendrán una **separación máxima de 38cm**. La carga P de diseño será dividida de acuerdo al número de elementos horizontales que se elijan, es decir que si se colocan dos elementos la carga para cada uno será de $\frac{P}{2}$. Esto se puede realizar hasta un máximo de no más de cuatro postes en longitud de viga continua.

Para el caso de la barrera maciza, la carga P está concentrada en la altura de la protección lateral; en cambio para el sistema de protección con parapeto, la carga se divide en los elementos horizontales más el parapeto. Por otra parte, el poste se diseña de manera independiente hacia dentro aplicando la misma carga de los elementos longitudinales.

Por otra parte, en la unión de los elementos de horizontales y verticales se aplica una carga vertical de un cuarto de la carga de diseño transversal, la cual será aplicada de arriba hacia abajo alternadamente para asegurar la resistencia al impacto de un vehículo.



Debe usarse cuando no existe bordillo o si tiene menos de 0.23 m desde la calzada a la baranda

Figura 2.1: Cargas y alturas mínimas de protecciones laterales vehiculares

Fuente: (STANDARD, 2002)

Elaborado por: Autor

La concentración de carga que se genera en el panel (elemento horizontal) y el poste provoca que el diseño de las vallas vehiculares se dé por un momento:

$$M = \frac{P'L}{6} \quad (2.1)$$

Donde:

$P' = P ; \frac{P}{2} ; \frac{P}{3}$ Según la protección seleccionada.

L = es la separación de los postes.

Las protecciones combinadas se diseñan con un momento concentrado en la unión del panel y poste, el cual es igual a:

$$M = 0.1WL^2 \quad (2.2)$$

Donde:

M = Momento de diseño para protecciones combinadas.

W = Carga peatonal (0.75 Kg/cm).

L = Espacio libre de los postes. AASHTO establece (L de 1.50m).

La *AASHTO Standard*, indica un valor para la carga P de diseño de carretera es de **10000Lb**, es decir **4545 kg o 4.55Ton**.

2.4.1.1.2. Dimensiones y cargas de diseño, para protecciones laterales peatonales y ciclistas

2.4.1.1.2.1. Protecciones laterales para peatones

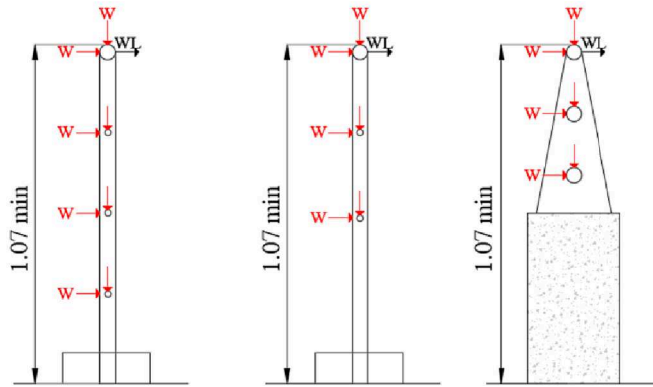
La *AASHTO Standard* pone a disposición tres tipos de protecciones para peatones donde la **altura mínima de diseño es de 107 cm**. De igual manera se diseñan con cargas puntuales en pasamanos del lado izquierdo y en postes del lado derecho, y en el nudo donde se encuentra la unión se aplica una carga vertical, siendo muy similar que las protecciones vehiculares.

Donde:

W = Carga peatonal por unidad de longitud de pasamanos

L = Espacio libre entre postes de eje a eje

El primer elemento horizontal estará ubicado a una **altura de 69cm** y los siguientes elementos debe ir ubicados da tal manera que no ingrese una circunferencia de **15cm** entre los elementos longitudinales. La carga mínima para diseñar este tipo de protecciones es de **$W=0.75Kg/cm$** , aplicada de manera vertical y horizontal en cada elemento longitudinal. Por otra parte, los postes estarán diseñados con un momento WL .



Debe usarse para andenes, cuando el transito vehicular esta separado de los peatones por una baranda.

Figura 2.2: Cargas y alturas mínimas de protecciones laterales para peatones

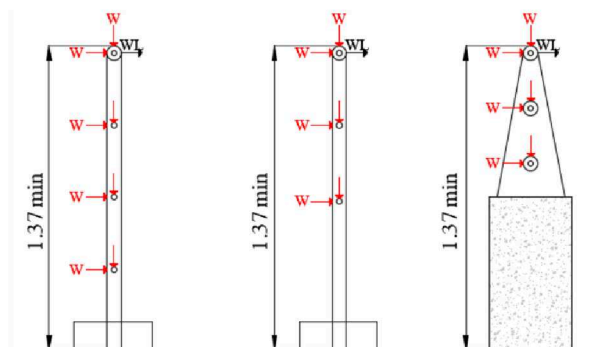
Fuente: (STANDARD, 2002)

Elaborado por: Autor

2.4.1.1.2.2. Protecciones laterales para ciclistas

Para el caso de las protecciones laterales para ciclistas, la *AASHTO Standard* es un poco más rigurosa debido a que plantea una **altura mínima de 137cm**. Las juntas de los postes tendrán una **abertura máxima de 15cm**. El diseño de este tipo de protección es similar al de los peatones, es decir la carga $W=0.75 \text{ Kg/cm}$.

Los postes también se diseñan bajo momentos en este caso WL , siendo L la separación de los postes de centro a centro. La aplicación de las cargas se da de manera igual que en las protecciones anteriores; las cargas de izquierda para los elementos longitudinales, la carga de la derecha para los postes y la carga vertical en el centro para el diseño de la unión de los elementos.



Debe usarse para andenes, cuando el transito vehicular esta separado de los peatones por una baranda.

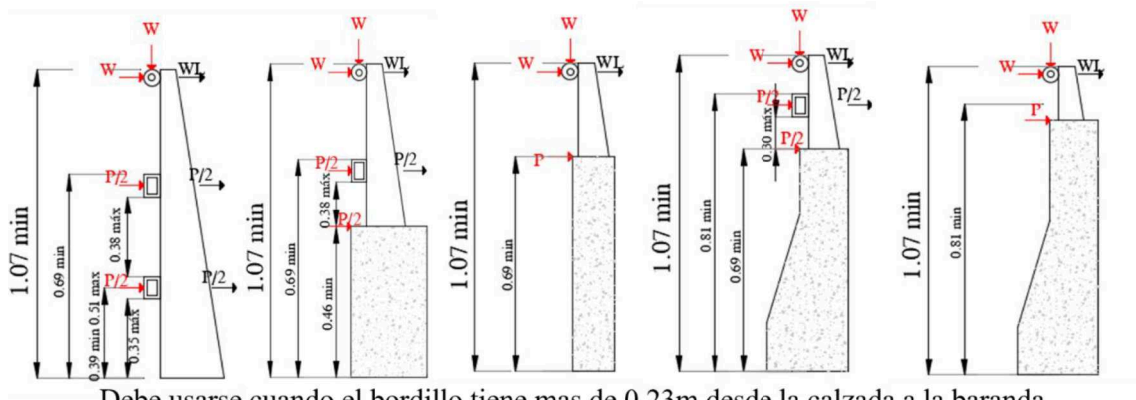
Figura 2.3: Cargas y alturas mínimas de protecciones laterales para ciclistas

Fuente: (STANDARD, 2002)

Elaborado por: Autor

2.4.1.1.3. Dimensiones y cargas de diseño para protecciones laterales combinadas

Con respecto a este tipo de protección, la norma establece dos tipos de combinaciones siendo estas protecciones laterales vehicular – peatonal y vehicular - ciclista. Los diseños de las mismas se han especificado anteriormente, con respecto a ello se presentan las especificaciones en la *figura 2.4.* y *figura 2.5.*



Debe usarse cuando el bordillo tiene mas de 0.23m desde la calzada a la baranda.

Figura 2.4: Protecciones laterales vehiculares – peatonales

Fuente: (STANDARD, 2002)

Elaborado por: Autor

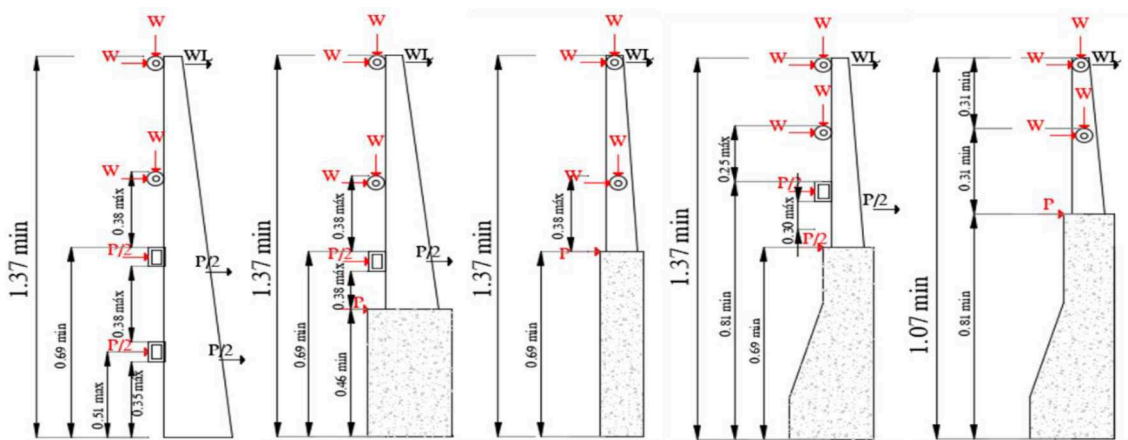


Figura 2.5: Protecciones laterales vehiculares – ciclistas

Fuente: (STANDARD, 2002)

Elaborado por: Autor

2.4.1.1.4. Dimensiones y cargas de diseño para la vereda

2.4.1.1.4.1. Bordillo

Para este elemento, se especifica que el *bordillo está entre 20 a 25cm y un ancho que está entre los 15 y 20cm*. La AASHTO considera al bordillo como un elemento independiente de la vereda por lo que se diseña bajo una carga de 745Kg/m ubicado en la altura del bordillo como se refleja en la siguiente *figura 2.6*.

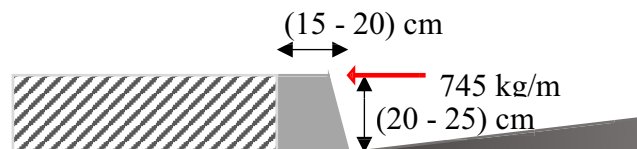


Figura 2.6: Secciones y carga del borillo

Fuente: Autor

2.4.1.1.4.2. Acera

La acera es el elemento destinado para los peatones y su altura estará en función de la del bordillo es decir que varía entre *20 a 25cm*. Mientras que el ancho de la acera tendrá una oscilación de *60cm como longitud mínima y un máximo de 120cm* medida desde la cara interna de la protección lateral hasta la cara externa del bordillo, tal como se muestra en la *figura 2.7*.

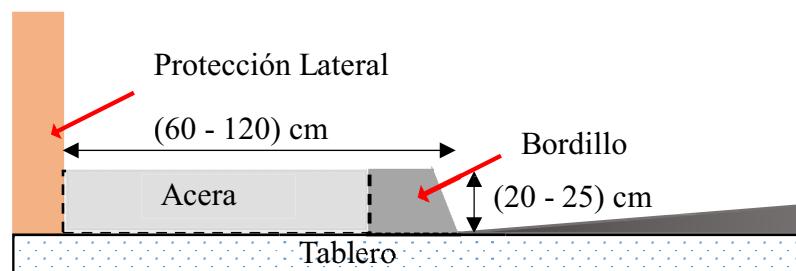


Figura 2.7: Secciones de la acera

Fuente: Autor

Igualmente, entre las especificaciones establecidas por la norma designar una carga de diseño para el andén o acera cuya luz sea menor a 7.62m , se debe usar una carga de 415Kg/m^2 , para luces de 7.92m y 30.5m la carga será de 294Kg/m^2 y por último para luces mayores a 30.5m , se utiliza la siguiente expresión:

$$P = \left(145 + \frac{4470}{L}\right) \left(\frac{16.75 - W}{15.25}\right) \quad (2.3)$$

Donde:

L = Luz del puente (m).

W = Ancho del andén (m).

P = La carga viva (m^2).

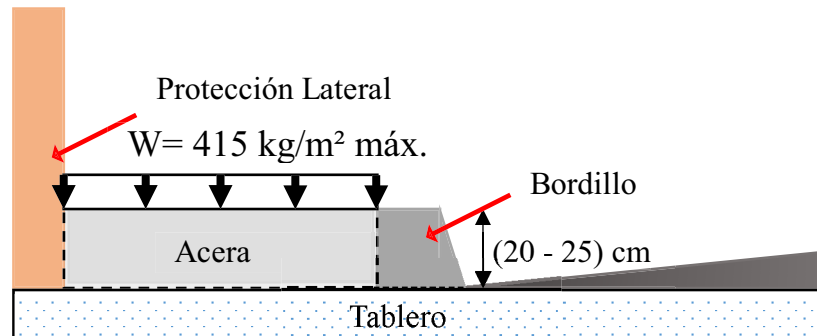


Figura 2.8: Carga viva peatonal

Fuente: Autor

También, se analiza por medio de una carga de rueda accidental de **7.27Ton** (figura 2.9), escogiendo de esta forma cual de las cargas es la más crítica.

Dicha carga se debe aplicar a una distancia de **30cm** de la cara interior del elemento vertical o poste y si fuese el caso, del elemento que sobresalga en la protección lateral.

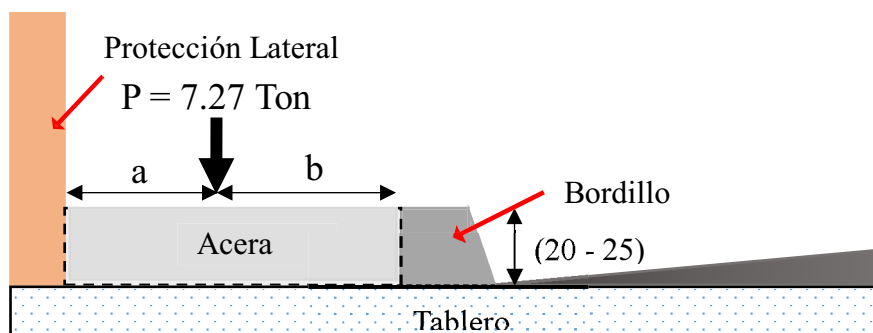


Figura 2.9: Carga accidental de rueda en andén

Fuente: Autor

2.4.1.2. Hormigón armado

2.4.1.2.1. Esfuerzos admisibles. (Sección 8, Parte B)

Todos los elementos estructurales continuos deben diseñarse bajo los efectos máximos de cargas establecidas en las especificaciones propuestas por la norma y determinada por la teoría elástica.

Para las tensiones del hormigón el ASD (sección 8.15.2.1), determina que no debe exceder lo siguiente:

- **Tensión de la fibra extrema en compresión**

$$f_c = 0.40 f'c \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \quad (2.4)$$

- **Tensión de la fibra extrema en tracción**

$$f_t = 0.40 f_r \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \quad (2.5)$$

- **Módulo de rotura**

$$f_r = 0.66\sqrt{f'c} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \quad (2.6)$$

Para las tensiones admisibles en el acero de refuerzo f_s serán:

- **Acero de refuerzo**

$$f_s = 0.40 f_y \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \quad (2.7)$$

Donde:

$f'c$ = Resistencia del hormigón (kg/cm²).

f_y = Fluencia del acero (kg/cm²).

2.4.1.2.2. Flexión (Sección 8.15.3)

La ASD señala que se debe considerar las siguientes hipótesis de diseño para las tensiones admisibles de cargas de servicio.

- ✓ En elementos de hormigón armado, el concreto no resiste la tracción.
- ✓ La relación de módulos, se puede tomar el número entero más cercano, sin embargo, no debe ser menos de 6.

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (2.8)$$

Para el cálculo del acero de refuerzo es necesario el uso de las siguientes expresiones:

$$k = \frac{n \cdot f_c}{n \cdot f_c + f_s} \quad (2.9)$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} \quad (2.10)$$

$$R = \frac{1}{2} f_c \cdot j \cdot k \quad (2.11)$$

Cabe señalar, que la *AASHTO Standard* considera un incremento del 50% a los esfuerzos admisibles (M_r = Momento resistente) por ser carga accidental.

$$M_r = 1.5 R b d^2 \quad (2.12)$$

$$d = \sqrt{\frac{M}{1.5 R b}} \quad (2.13)$$

$$A_s = \frac{M}{f_s \cdot j \cdot d} \quad (2.14)$$

Y para la determinación del acero de refuerzo mínimo, se tiene la siguiente expresión:

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} b d \quad (2.15)$$

Donde:

n = Relación de módulos.

k = Coeficiente de reducción de distancia a la fibra comprimida.

R = El factor de resistencia de la sección (kg/cm^2).

M_r = Momento resistente ($\text{kg}\cdot\text{cm}$).

d = Altura del eje neutro de la varilla a la fibra más comprimida de hormigón (cm).

f_s = Esfuerzo admisible del acero (kg/cm^2)

b = Ancho de la sección (cm).

F_y = Fluencia del acero (kg/cm^2).

El 100% del acero de refuerzo requerido se coloca en la parte interna de la protección (donde recibe el impacto vehicular), y para la parte externa se coloca un 50%.

Por consiguiente, se determinan los esfuerzos de trabajo a lo que están sometidos los materiales.

$$f_c = \frac{2M_s}{kjb d^2} \quad (2.16)$$

$$f_s = \frac{M_s}{A_s j d} \quad (2.17)$$

Donde:

f_c = Esfuerzo de servicio del hormigón (kg/cm²).

Obtenidos estos esfuerzos, se verifican no sean mayores que los esfuerzos de servicio. Es decir;

$$\text{Ec. (2.4)} > \text{Ec. (2.5)}$$

$$\text{Ec. (2.7)} > \text{Ec. (2.17)}$$

Verificación del esfuerzo por corte de la sección, mediante la expresión:

$$v = \frac{V}{bd} \quad (2.18)$$

Por seguridad se asume que el esfuerzo cortante admisible del hormigón es nulo y se determina la separación del esfuerzo por corte.

$$s = \frac{f_s(\text{admis}) \cdot Av}{v \cdot b} \quad (2.19)$$

2.4.1.2.2.1. Longitud de desarrollo para el anclaje de varilla

Sobre la longitud de anclaje l_{dh} , la norma específica será determinada por:

$$l_{dh} = 120 \frac{db}{\sqrt{f_c}} \quad (2.20)$$

Donde:

db = Diámetro de varilla (cm).

f_c = Resistencia del hormigón (kg/cm²).

La longitud de doble de la varilla, se debe realizar como se muestra (figura):

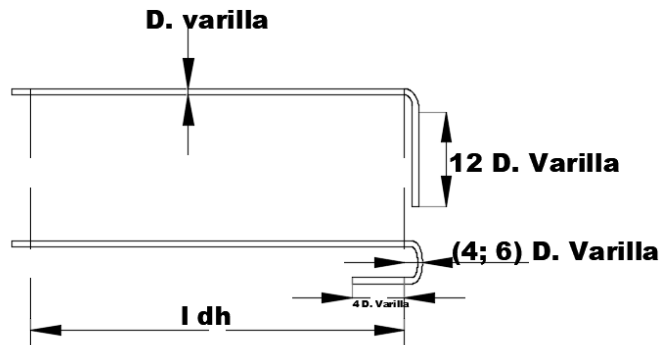


Figura 2.10: Longitud de anclaje y doble de la varilla

Fuente: (STANDARD, 2002)

Elaborado por: Autor

2.4.1.3. Diseño de perfiles metálicos

En base al libro *Diseño de Estructuras De Acero - McCormac (5ta Ed.)*, se diseñó las protecciones laterales con postes y vallas de acero.

Los momentos de diseño, están basados en función de las cargas que establece *AASHTO Standard* para cada protección. La selección del módulo resistente tanto para las vallas vehiculares y postes, se determina con el esfuerzo máximo de la sección por medio de las expresiones mostradas a continuación:

$$\sigma_{max} = \frac{M}{S} \therefore S = \frac{M}{\sigma_{max}} \quad (2.21)$$

$$\sigma_{max} = 0.60 * Fy \quad (2.22)$$

Donde:

σ_{max} = Esfuerzo máximo de la sección (kg/cm²).

M = Momento de diseño (Kg.m).

S = Modulo de flexión del acero (cm³).

Fy = Limite de fluencia del acero (kg/cm²).

Se debe verificar que el esfuerzo de la sección sea menor que el admisible. El esfuerzo a corte se define mediante:

$$fv = \frac{V}{A} \quad (2.23)$$

Es importante verificar también que el esfuerzo a corte en la sección sea menor que el admisible (Fv).

$$Fv = 0.33 * Fy \quad (2.24)$$

Donde:

fv = Esfuerzo de trabajo a corte (kg/cm^2).

Fv = Esfuerzo admisible a corte (kg/cm^2).

V = Fuerza de corte (kg).

A = Área sometida a corte (cm^2)

Obtenido los momentos, las fuerzas verticales y horizontales (*figura 2.11*), se halla la excentricidad para conocer si el momento será absorbido por el hormigón o será absorbido por pernos de anclaje donde se diseñará una placa base.

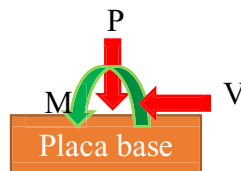


Figura 2.11: Solicitaciones de la placa base

Fuente: Autor

2.4.1.3.1. Diseño de la placa Base

La placa base, para su diseño es importante conocer el esfuerzo transmitido al hormigón para después verificar si es menor al admisible. A partir de aquí se determina el momento de flexión de la placa base y se calcula el espesor de dicha placa.

$$q = \frac{P}{BL} \left(1 \pm \frac{6e}{L} \right) \quad (2.25)$$

$$e = \frac{M}{P} \quad (2.26)$$

$$q_{adm} = 0.35 * Fy \quad (2.27)$$

$$M_1 = \frac{qn^2}{3} \quad (2.28)$$

$$t = \left(\frac{6M_1}{Fb} \right)^{1/2} \quad (2.29)$$

$$Fb = 0.60 * Fy \quad (2.30)$$

Donde:

q = Presión ejercida por la placa en el elemento de apoyo (kg/cm²).

q_{adm} = Esfuerzo admisible del hormigón utilizado en el tablero (kg/cm²).

P = Carga vertical (kg).

B = Dimensión menor de la placa (cm).

L = Dimensión mayor de la placa (cm).

e = Excentricidad (cm).

M = Momento a flexión de la placa base (kg.cm).

n = Distancia desde el extremo de la placa hasta el extremo del poste (cm).

t = Espesor de la placa (cm).

Fb = Esfuerzo admisible de flexión del acero fy (kg/cm²).

2.4.1.3.2. Diseño de los pernos de anclaje

Para determinar el número de pernos, se basa en la fuerza de corte tal como se expresa en la ecuación:

$$F_{adm\ corte} = \frac{V}{\#_{pernos} * A_{perno}} \therefore \quad (2.31)$$

$$A_{perno} = \frac{V}{\#_{pernos} * F_{adm\ corte}}$$

$$F_{adm\ corte} = 0.33 F_{perno} \quad (2.32)$$

Donde:

$F_{adm. corte}$ = Esfuerzo admisible del perno (kg/cm²).

V = Fuerza de corte (kg).

A_{perno} = Área del perno (cm²).

2.4.2. Especificaciones para el diseño protecciones laterales en puentes vehiculares, AASHTO LRFD

2.4.2.1. Lineamientos o disposiciones generales de las protecciones laterales

Las especificaciones de las *AASHTO LRFD*, presenta lineamientos para conocer cuando se deben utilizar los diferentes tipos de barandas, así se tiene:

- ✓ Se debe utilizar una protección lateral vehicular cuando el puente es de exclusivo uso para tráfico vehicular.
- ✓ Las barandas de combinadas se utilizan junto con bordillos y andenes en carreteras de baja velocidades es decir menores o iguales a **70km/h**.
- ✓ En carreteras de alta velocidad es decir mayores a **70km/h** se deben emplear protecciones combinadas, lo que quiere decir en la parte exterior barandas para peatones o ciclistas y en el interior barandas vehiculares.

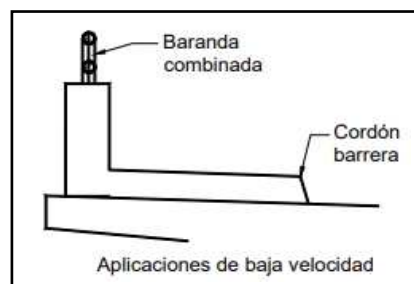


Figura 2.12: Protecciones laterales de bajas velocidades (menores a 70km/h)

Fuente: (LRFD, 2017)

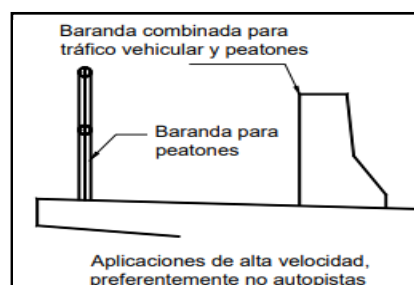


Figura 2.13: Protecciones laterales combinadas de altas velocidades (mayores a 70km/h)

Fuente: (LRFD, 2017)

2.4.2.1.1. Dimensiones mínimas para acera y bordillos

Según las especificaciones de la *AASHTO LRFD*, establece para los bordillos una altura máxima de **200mm** en su caso **20cm** y consideran una altura óptima de **150mm o 15cm**, dimensiones que se encuentran en función de los últimos ensayos realizados sobre andenes (acera). Por otro lado, también recomienda usar bordillos exclusivamente cuando las velocidades son menores o iguales a **70km/h**; y para velocidades mayores a **80km/h** se debe usar brandas que separen el tráfico vehicular con el peatonal para la protección de los transeúntes.

En protecciones laterales que se utilizan acera y bordillo, la altura de este último elemento no debe exceder los 200mm ni ser menor a 150 mm. Por otra parte, si la altura del bordillo difiere con la altura del extremo exterior de la protección, se deberá proveer una transición uniforme de igual o superior distancia del cambio de altura.

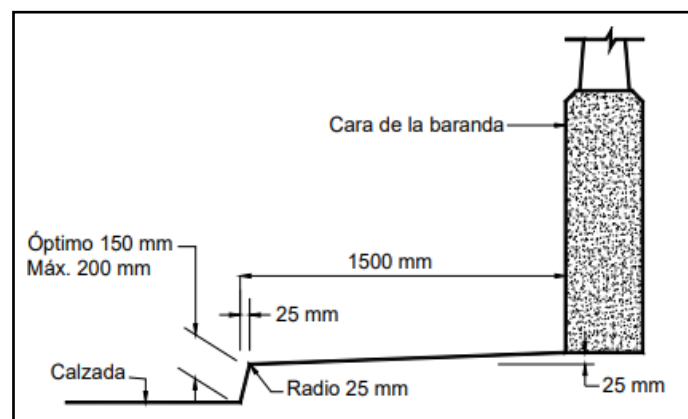


Figura 2.14: Dimensiones de veredas

Fuente: (LRFD, 2017)

2.4.2.1.2. Dimensión y carga de diseño, para las protecciones laterales peatonales y ciclistas

2.4.2.1.2.1. Protecciones laterales para peatones

- Geometría

La *AASHTO LRFD* plantea una altura mínima para protecciones peatonales laterales peatonales de **1067mm**, distancia medida a partir desde la cara superior de la acera o andén. También señala que la abertura libre o junta de los postes no debe ser mayor a **152mm**. Mientras que la

separación del primer elemento longitudinal no tiene que superar los **686mm** y para las barandas con mallas metálicas la abertura no debe ser mayor de **50mm**.

- Carga viva de diseño

Las protecciones peatonales serán diseñadas con una carga **$W=0.73N/mm$ o $75 Kg/m$** en sentido vertical y horizontal aplicadas de manera simultánea. Además de esta carga repartida, se aplica una carga concentrada a los elementos longitudinales de **$0.89kN$ o $91Kg$** en cualquier punto y dirección, de los elementos inferiores y superiores (pasamanos).

La carga viva de diseño para los postes de las barandas se aplica de manera transversal, en el centro de gravedad del elemento longitudinal superior, y en caso de que la altura de la protección sea superior a **1500mm**, se aplica a un punto superior a estos **1500mm**. La carga concentrada para el diseño de los postes es:

$$P_{LL} = 91Kg + \left(75 \frac{Kg}{m} * L \right) \tag{2.33}$$

Donde:

P_{LL} = Carga de diseño para postes en (Kg)

L = Espacio entre postes (m)

Con respecto, a las mallas metálicas la carga de diseño será de **$7.2 * 10^{-4}MPa$ o $7.2 * 10^{-4} N/mm^2$** , dichas cargas serán aplicadas como se muestra (figura 2.15).

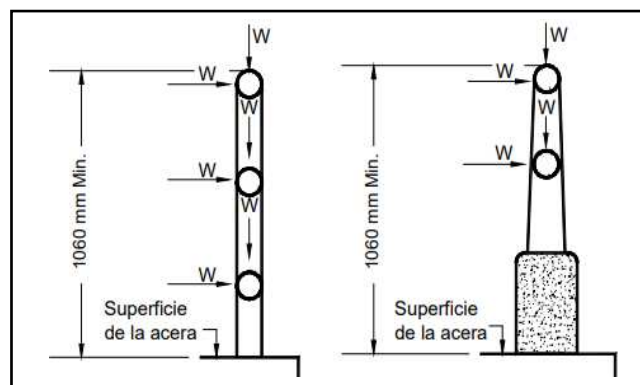


Figura 2.15: Altura y cargas que actúan sobre las protecciones laterales para peatones

Fuente: (LRFD, 2017)

2.4.2.1.2.2. Protecciones laterales para ciclistas

- Geometría

En las protecciones para ciclistas, la altura mínima es un poco mayor a las de las peatonales, lo que en otras palabras indica que el elemento longitudinal o pasamanos superior estará ubicado a **1370mm** por encima de la cara superior del andén. Al ser elementos que no reciben mucha carga, la abertura libre entre los postes será igual al de las protecciones peatonales.

- Carga viva de diseño

La carga de diseño para protecciones laterales para ciclistas será de igual manera a las especificadas en las protecciones para peatones, es decir tendrá una carga **$W=0.73N/mm$ o $74.44Kg/m$** tanto para el sentido transversal como vertical aplicada de manera sincronizada, esta carga se aplica para la altura mínima de diseño.

Y para el caso de alturas superiores a **1370mm**, deberá ser determinada por el diseñador. Sobre los materiales aplicados para el diseño de estas barandas puede ser metal o una mixta hormigón y metal; y la aplicación de la carga se da como se muestra en la siguiente *figura 2.16*.

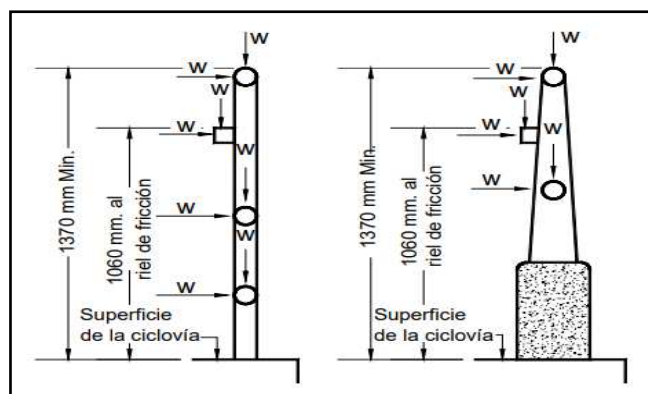


Figura 2.16: Altura y cargas que actúan sobre las protecciones laterales para ciclistas

Fuente: (LRFD, 2017)

2.4.2.1.3. Diseño para las protecciones combinadas

La protección lateral combinada, es una mezcla de una protección peatonal y una vehicular, o también una baranda vehicular y de ciclistas. Las generalidades que presenta la norma *LRFD* para este tipo de protecciones, es cumplir con las especificaciones de las barandas como tal, lo que se refiere a considerar lo de las protecciones vehiculares y para peatones o ciclistas según

sea el caso de la combinación. Sin embargo, para la sobrecarga de diseño no se debe aplicar de manera simultánea las vehiculares con las peatonales o para ciclistas.

2.4.2.2. Criterios para seleccionar el nivel de ensayo

La *AASHTO* (LRFD, *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*, 2017) presenta seis niveles de ensayo para la capacidad de carga en las protecciones laterales vehiculares las cuales se citan a continuación:

- ✓ TL-1 – Nivel de Impacto Uno: Aceptable para puentes emplazados en vías en zonas de trabajo con velocidades bajas y en calles locales, tráfico de bajo volumen y velocidad.
- ✓ TL-2 – Nivel de Impacto Dos: Aceptable para las zonas de trabajo y la mayor parte de las calles locales y colectoras en las cuales las condiciones del sitio de emplazamiento son favorables; y tráfico combinado con un pequeño número de vehículos pesados y baja velocidad de circulación.
- ✓ TL-3 – Nivel de Impacto Tres: Aceptable para carreteras principales con tráfico de alta velocidad y reducida presencia de vehículos pesados y condiciones del sitio de emplazamiento favorable.
- ✓ TL-4 – Nivel de Impacto Cuatro: Aceptable para la mayoría de puentes en carreteras de alta velocidad, autovías, autopistas y carreteras interestatales y tráfico combinado que incluye camiones y vehículos pesados.
- ✓ TL-5 – Nivel de Impacto Cinco: Aceptable para las mismas condiciones que para el nivel TL-4 y cuando el tráfico medio diario contiene una proporción significativa de grandes camiones o para condiciones desfavorables del sitio de emplazamiento.
- ✓ TL-6 – Nivel de Impacto Seis: Aceptable para puentes en carreteras con tráfico pesado constituido por vehículos tipo tanquero o cisterna o con el centro de gravedad elevado, y condiciones desfavorables del sitio de emplazamiento.

Estos niveles de carga se determinan para la evaluación de los factores principales que intervienen en el comportamiento de una protección lateral de un puente, es decir el comportamiento estructural, el riesgo para los ocupantes del vehículo y el comportamiento del vehículo luego del impacto.

Básicamente los niveles menores se aplican en la evaluación de carreteras de bajo nivel de servicio, mientras que los niveles más altos se utilizan donde la exigencia del comportamiento

estructural es mayor. La *AASHTO LRFD* establece que el nivel TL-4 es aquel que satisface los requisitos para una autopista de primer orden.

En cambio, el nivel TL-5 toma en cuenta un mayor volumen vehicular, esto es para tipos camiones con remolques satisfaciendo los requisitos de diseños que no considera adecuado el TL-4. Mientras que el TL-6 se utiliza para niveles de tráfico como camiones tanques o cisternas para el diseño los cuales tienen un centro de gravedad de mayor altura, y han sufrido vuelcos en el pasado o también en caso de que el sitio de emplazamiento indique la necesidad de una baranda con un alto nivel de resistencia.

Los criterios para el nivel de ensayo seleccionado deberán corresponder a los pesos, velocidades de los vehículos y los ángulos de impacto especificados en la *tabla 2.1*.

Tabla 2.1: Niveles de resistencia para las barandas de puentes y criterio para los ensayos de choque

Características de los vehículos	Pequeños automóviles		Camionetas (Pickups)	Camión semi-remolque	Camión con remolque		Camión cisterna
	7000	8000	20.000	80.000	220.000	355.000	355.000
W (N)	7000	8000	20.000	80.000	220.000	355.000	355.000
B (mm)	1700	1700	2000	2300	2450	2450	2450
G (mm)	550	550	700	1250	1630	1850	2050
Ángulo de impacto, θ	20°	20°	25°	15°	15°	15°	15°
Nivel de Ensayo	VELOCIDADES DE ENSAYO (km/h)						
TL-1	50	50	50	N/A	N/A	N/A	N/A
TL-2	70	70	70	N/A	N/A	N/A	N/A
TL-3	100	100	100	N/A	N/A	N/A	N/A
TL-4	100	100	100	80	N/A	N/A	N/A
TL-5	100	100	100	N/A	N/A	80	N/A
TL-6	100	100	100	N/A	N/A	N/A	80

Fuente: (LRFD, 2017)

Tabla 2.2: Fuerza de diseño para las barreras para tráfico vehicular

Fuerzas de diseño y simbología	Niveles de Ensayo para las Barandas					
	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5	TL-6
Transversal F_t (N)	60.000	120.000	240.000	240.000	550.000	780.000
Longitudinal F_L (N)	20.000	40.000	80.000	80.000	183.000	260.000
Vertical descendente F_v (N)	20.000	20.000	20.000	80.000	355.000	355.000
L_t y L_L (mm)	1220	1220	1220	1070	2440	2440
L_v (mm)	5500	5500	5500	5500	12.200	12.200
H_e (mín.) (mm)	460	510	610	810	1070	1420
Mínima altura del riel H (mm)	685	685	685	810	1070	2290

Fuente: (LRFD, 2017)

2.4.2.2.1. Fuerzas de diseño para las protecciones laterales de tráfico vehicular

Las fuerzas de diseños para las protecciones laterales vehiculares se consideran de acuerdo a no los niveles de ensayos como se indica en la *tabla 2.1* y se deben aplicar las correspondiente a las combinaciones de carga de la *tabla 2.2*, así mismo recalca que no es necesario aplicarlas transversalmente y longitudinalmente de manera simultánea con las cargas verticales, es decir que las cargas verticales se la consideran de manera independiente.

Por otra parte, se debe calcular la altura efectiva de vuelco de un camión mediante la siguiente expresión:

$$H_e = G - \frac{WB}{2F_t} \quad (2.34)$$

Donde:

G = Altura del centro de gravedad del vehículo por encima del tablero del puente (m).

W = Peso del vehículo correspondiente al nivel de ensayo requerido (Kg).

B = separación entre los bordes exteriores de las ruedas de un eje (m).

F_t = fuerza transversal correspondiente al nivel de ensayo requerido (Kg).

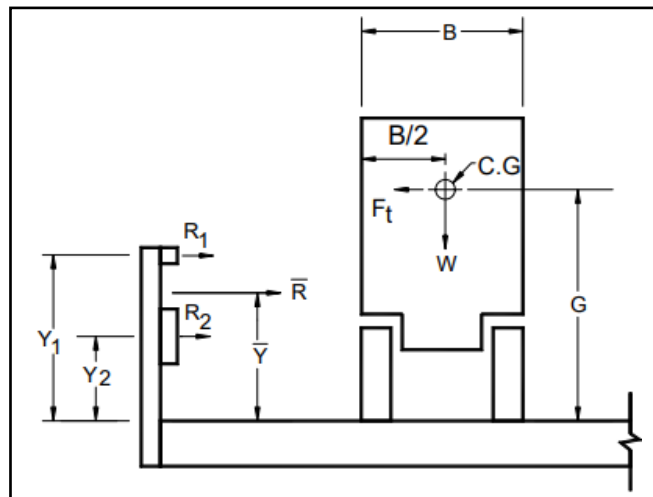


Figura 2.17: Fuerzas de diseño de acuerdo al nivel de ensayo

Fuente: (LRFD, 2017)

Las protecciones laterales vehiculares se tienen que dimensionar cumpliendo lo siguiente:

$$\bar{R} \geq F_t$$

$$\bar{Y} \geq H_e$$

Para lo cual;

$$\bar{R} = \sum R_i \quad (2.35)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum \left(\frac{R_i}{Y_i}\right)}{\bar{R}} \quad (2.36)$$

Donde:

R_i = Resistencia de cada elemento longitudinal (Kg).

\bar{R} = Resistencia ultima de la protección lateral (Kg).

Y_i = Distancia del tablero del puente hasta el elemento horizontal (m).

\bar{Y} = Altura de la protección lateral (m).

Las fuerzas deben ser aplicadas a los elementos longitudinales, para tener continuidad consistente en la distribución las cargas, con el mecanismo de falla supuesto para la protección lateral vehicular.

La norma también establece que si la resistencia ultima \bar{R} es significativamente mayor que la aplicación de la carga F_t , se puede reducir la resistencia R_i del elemento longitudinal inferior utilizada en los cálculos. Realizando esto \bar{R} reducirá y \bar{Y} aumentará, los cambios que se realicen deben cumplir con las ecuaciones (2.35 y 3.36). La ecuación (2.34) determina una altura efectiva bastante razonable para evitar vuelcos, sin embargo, si este nivel se encuentra en un espacio libre de entre elementos longitudinales, la carga viva se distribuye por encima y por debajo de la altura efectiva; donde debe cumplirse:

$$\bar{Y} \geq H_e$$

Las alturas H_e para los niveles TL-, TL-2, TL-3, TL-4 de la *tabla 2.2* corresponden a la mínima altura utilizadas en el pasado, mientras que para el nivel TL-5 con H_e de **1070mm** corresponden a protecciones laterales de hormigón las cuales fueron ensayadas exitosamente considerando los neumáticos del camión. Por su parte el nivel TL-6 su altura H_e incorpora el lateral de un

camión como un tanque, razón por el cual los ensayos de choque dan una altura mínima superior al nivel anterior. Además, para el nivel TL-5, si las protecciones están formadas por postes y vigas metálicas, es prudente aumentar **305mm** a la altura mínima. Las fuerzas de diseño de la *tabla 2.2* son cargas de niveles de ensayos formada por postes y vigas. Estas fuerzas se deben aplicar como se muestra (*figura 2.18*).

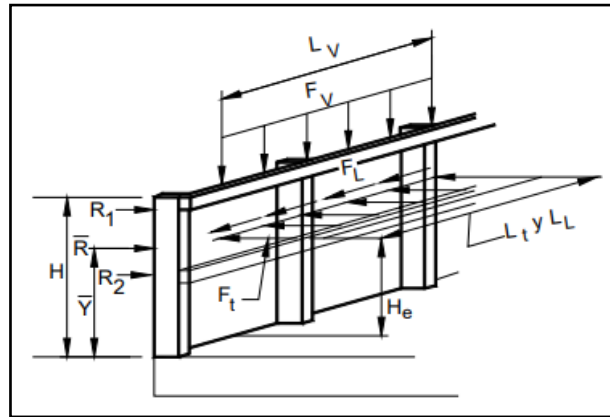


Figura 2.18: Aplicación de fuerza de diseño para protecciones vehiculares

Fuente: (LRFD, 2017)

2.4.2.3. Hormigón armado

2.4.2.3.1. Flexión

Para el cálculo del momento resistente de las protecciones laterales por el método de la *LRFD* se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$\Phi M_n = \Phi * A_s * f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.37)$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * h} \quad (2.38)$$

Donde:

M_n = Momento resistente del segmento (kg.cm).

Φ = Factor de reducción de resistencia.

A_s = Área de acero de refuerzo (cm²).

f_y = Esfuerzo de fluencia del acero (kg/cm²).

d = Distancia del centro de gravedad del acero de refuerzo a la fibra más comprimida de hormigón (cm).

a = Altura equivalente de la zona comprimida (cm).

$f'c$ = Resistencia del hormigón (kg/cm²).

h = Altura de la sección (cm).

Se debe determinar la transferencia de corte entre el tablero y poste (V_{CT}) y verificar que sea menor ante la fuerza nominal (Vn) mediante las siguientes expresiones:

$$T = V_{CT} = \frac{P_P}{W_b + D} \quad (2.39)$$

$$Vn = c \cdot A_{cv} + \mu \cdot (A_{vf} \cdot fy + P_c) \quad (2.40)$$

$$Vn \leq \begin{cases} K_1 \cdot f'c \cdot A_{cv} \\ K_2 \cdot A_{cv} \end{cases} \quad (2.41)$$

Donde:

T = Fuerza de tracción por unidad lineal de tablero (kg).

V_{CT} = Fuerza de corte en la base del parapeto debida al choque vehicular. (kg)

P_P = Corte correspondiente a Poste (kg).

D = Distancia desde el borde exterior de la placa de base hasta la fila de pernos más interna (en este caso es a la fila de refuerzo en la cara interna del poste), (cm).

W_b = Ancho de la placa de base, en este caso es el ancho de poste (cm).

Vn = Fuerza Nominal de corte (kg).

c = Factor de cohesión (kg/cm²).

A_{cv} = Área de contacto del poste con el tablero del puente (cm²).

μ = Coeficiente de fricción.

2.4.2.3.1.1. Longitud de desarrollo para el anclaje de varilla

Se verifica la separación respectiva, de tal forma que se cumpla el requisito del A_v mínimo y por consiguiente se debe establecer la longitud de desarrollo de la varilla.

$$A_{vf} \geq A_{v \min} = \frac{0.35 \cdot b_v \cdot s}{fy} \quad (2.42)$$

$$I_{hb} = \frac{b \cdot \Phi}{\sqrt{fy}} \quad (2.43)$$

$$I_{bh} \geq \begin{cases} 8\Phi \\ 15 \text{ cm} \end{cases} \quad (2.44)$$

Donde:

A_{vf} = Armadura perpendicular al área de corte (cm^2).

S = Espaciamiento del refuerzo a corte (cm).

b_v = Ancho de la sección sometida a corte (cm).

f_y = Esfuerzo de fluencia del acero (kg/cm^2).

I_{hb} = Longitud de desarrollo de la varilla (cm).

2.4.2.3.2. Diseño de bordillos y veredas

Sobre las secciones estas se basan en la norma *AASHTO*, el momento de diseño se define en función de la carga viva, pero se mayor a **1.70** veces por efectos de carga. Para determinar el acero que se requiere se utilizan las siguientes expresiones:

$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'c}{f_y} \left(\frac{6000}{f_y + 6000} \right) \quad (2.45)$$

$$\rho = 0.75 \rho_b \quad (2.46)$$

$$\omega = \frac{\rho f_y}{f'c} \quad (2.47)$$

$$R_u = \omega f'c (1 - 0.59\omega) \quad (2.48)$$

$$\omega = \frac{\rho f_y}{f'c} \quad (2.49)$$

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\Phi \cdot R_u \cdot b}} \quad (2.50)$$

$$A_s = \rho b d \quad (2.51)$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} b d \quad (2.52)$$

Donde:

ρ_b = Cuantía balanceada de refuerzo.

β_1 = factor de equivalencia para la compresión.

$f'c$ = Resistencia del hormigón a la compresión (kg/cm^2).

f_y = Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo (kg/cm^2).

ρ = cuantía de refuerzo.

ω = Índice de refuerzo.

R_u = Factor de resistencia (kg/cm^2).

d = Altura efectiva de la sección. (cm)

ϕ = Factor de resistencia para la flexión.

b = Ancho de la sección (cm).

A_s = Área de acero de refuerzo (cm^2).

Dicho lo anterior, es importante verificar el esfuerzo de corte en función de las expresiones 2.54, 2.55 y 2.56.

$$V_n = \frac{V_u}{\phi_v} \quad (2.53)$$

$$V_c = 0.53 \cdot \lambda \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad (2.54)$$

$$A_{v_{min}} = \frac{0.2 \sqrt{f'c} \cdot b \cdot s}{f_y} \therefore \quad (2.55)$$

$$s = \frac{A_{v_{min}} f_y}{0.2 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b}$$

Donde:

V_n = Fuerza nominal de corte (kg).

V_u = Fuerza ultima de corte (kg).

ϕ_v = Factor de reducción de resistencia para corte.

V_c = Fuerza de corte resistida por el hormigón (kg).

λ = Factor de modificación, 0,85 para hormigones livianos y 1 para hormigones ordinarios.

$A_{v_{min}}$ = Área mínima de refuerzo por corte (cm^2).

2.4.2.4. Diseño de perfiles metálicos

Para postes y vallas metálicas se determina un momento nominal de acuerdo al perfil utilizado, por medio de:

$$M_n = F_y * Z_x \quad (2.56)$$

Donde:

Mn = Momento nominal (kg.cm).

Fy = Esfuerzo de fluencia del acero (kg/cm²).

Zx = Modulo Resistente (cm³).

2.4.2.4.1. Diseño de la placa base y pernos de anclaje

Simultáneamente, en el diseño de la placa base es necesario conocer el esfuerzo transmitido al hormigón, verificando automáticamente si este es menor al admisible. Luego se calcula el momento de flexión de la placa base y por ende se evalúa el espesor de la placa.

$$q_{adm} = 0.35 * Fy \quad (2.57)$$

$$q = \frac{P_{total}}{A_{sección}} \quad (2.58)$$

$$e = \frac{M}{P} \quad (2.59)$$

$$T = \frac{M}{a} \quad (2.60)$$

$$A_{perno} = \frac{T}{0,75\Phi F_{perno}} \quad (2.61)$$

$$t = \left(\frac{6M_1}{Fb} \right)^{1/2} \quad (2.62)$$

$$F_p = 1.7 f'c \quad (2.63)$$

$$m = \frac{(q - q')n^2}{3} + \frac{q'n^2}{2} \quad (2.64)$$

$$A_p = \frac{P_{total}}{\Phi_c F_p} \quad (2.65)$$

$$t = \left(\frac{6m}{\Phi_b * Fy} \right)^{1/2} \quad (2.66)$$

Donde:

q = Presión ejercida por la placa en el elemento de apoyo (kg/cm²).

q_{adm} = Esfuerzo admisible del hormigón utilizado en el tablero (kg/cm^2).

P = Carga vertical (kg).

M = Momento a flexión de la placa base (kg.cm).

e = Excentricidad (cm).

T = Fuerza requerida en los pernos (kg).

F_{perno} = Esfuerzo de Fluencia de perno (kg/cm^2).

Φ = Factor de reducción de resistencia.

Fb = Esfuerzo admisible de flexión del acero f_y (kg/cm^2).

m = Momento a una distancia x en la placa base (kg.cm).

A_p = Área de la placa base (cm^2).

P_{total} = Carga a la que está sometida el poste (kg).

t = Espesor de la placa (cm).

Por medio de la expresión 2.68 se procede a verificar el esfuerzo a corte de los pernos:

$$F_v = \frac{V}{\#pernos * A_{perno}} \quad (2.67)$$

$$F_v \leq \Phi_v * F_y$$

Donde:

F_v = Esfuerzo de corte (kg/cm^2).

Φ_v = Factor para esfuerzo de corte (kg/cm^2).

2.4.2.5. Resistencia de las protecciones laterales

2.4.2.5.1. Resistencia de las protecciones laterales rígidas

La *AASHTO LRFD* instaure que, para las barandas de hormigón sean estos parapetos de hormigón armado o prensado, se deben realizar los análisis por líneas de fluencia y diseño por resistencia, en el cual se determina mediante R_w :

Para impactos dentro del parapeto

$$R_w = \left(\frac{2}{2L_c - L_t} \right) (8M_b + 8M_w + \frac{M_c \cdot L_c^2}{H}) \quad (2.68)$$

$$L_c = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2 + \frac{8H(M_b + M_w)}{M_c}} \quad (2.69)$$

Para impactos en el extremo de un muro o en una junta

$$R_w = \left(\frac{2}{2L_c - L_t}\right) \left(M_b + M_w + \frac{M_c \cdot M_c^2}{H}\right) \quad (2.70)$$

$$L_c = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2 + \frac{H(M_b + M_w)}{M_c}} \quad (2.71)$$

Donde:

F_t= Fuerza transversal que actúa en la parte superior de un muro de hormigón (Kg) especificada en la *tabla 2.2*

H= Altura del muro (m).

L_c= Longitud crítica del patrón de falla por líneas de fluencia (m).

L_t= Longitud de distribución longitudinal de la fuerza de impacto Ft (m).

R_w= Resistencia transversal total de la baranda (Kg).

M_b= Resistencia flexional adicional de la viga acumulativa con M_w, si corresponde, en la parte superior del muro (Kg.m).

M_c= Resistencia flexional de los muros en voladizo respecto de un eje paralelo al eje longitudinal del puente (Kg.m/m).

M_w= Resistencia flexional del muro respecto de su eje vertical (Kg.m/m).

Además, la *AASHTO* (LRFD, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2017) indica que “para poder ser utilizados en las expresiones anteriores, *M_c* y *M_w* no deberían variar significativamente con la altura del muro. En otros casos se debería realizar un análisis riguroso mediante líneas de fluencia.” Es decir, cómo se muestra en las *figuras 2.19* y *2.20*.

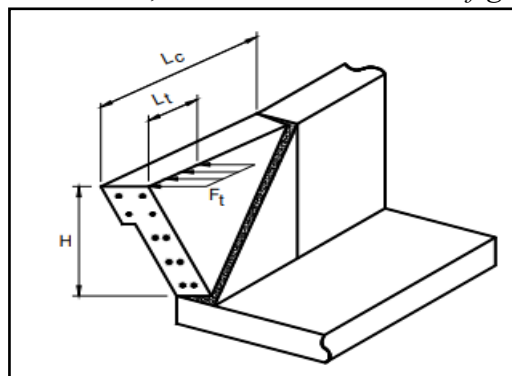


Figura 2.19: Análisis mediante líneas de fluencia de un muro de hormigón, para el caso de un impacto cerca del extremo de un segmento del muro

Fuente: (LRFD, 2017)

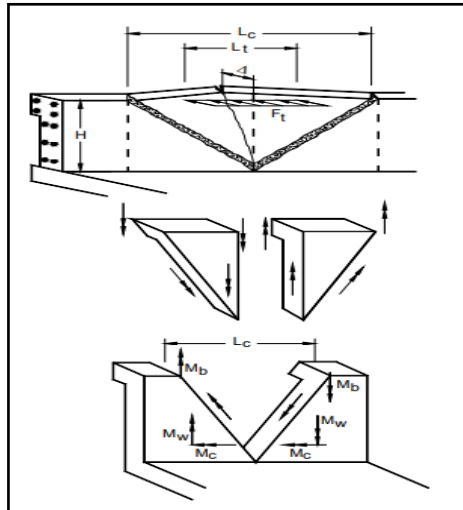


Figura 2.20: Análisis mediante líneas de fluencia de un muro de hormigón, para el caso de un impacto dentro de un segmento de este.

Fuente: (LRFD, 2017)

En las figuras, solo representan el análisis para el diseño de líneas de fluencias por capacidad de flexión del hormigón, y para resistir las fuerzas a corte es necesario agregar estribos de manera longitudinal.

La resistencia de diseño del tablero de un puente, se debe disponer teniendo en cuenta que el tablero también resiste una fuerza provocada por el componente de las fuerzas de impacto F_t , por lo cual esta losa tiene que tener la resistencia adecuada para que el fallo por línea de fluencia que se genera en el parapeto no se propague hacia la losa.

Si el parapeto tiene una luz pequeña, es posible que se forme un fallo de línea de fluencia a lo largo de la protección, la *AASHTO* deduce como admisible este patrón de falla. Esto indica que los momentos negativos y positivos del parapeto son iguales a los de la parte superior de la protección; motivo por lo cual la resistencia de diseño para una baranda es R_w , y debe compararse con las cargas de ensayos establecidos en la *tabla 2.2* para establecer si la protección lateral es adecuada estructuralmente.

Por último, si una protección lateral tiene una altura variable el valor de M_c que se aplica en las ecuaciones (2.68 y 2.70), será el promedio de la altura de dicha protección lateral, de esta forma determinar la resistencia del muro o parapeto.

2.4.2.5.2. Resistencia de las protecciones laterales aliviadas

2.4.2.5.2.1. Postes y vallas vehiculares

El análisis que establece la *AASHTO LRFD* se da en condiciones inelástica para protecciones con postes y vallas vehiculares, donde la resistencia nominal crítica R dependerá según sea los tramos de la baranda y estará denotada por las siguientes expresiones:

Para los modos de falla que involucran un número de tramos de baranda, N , impar:

$$R = \frac{16 M_p + (N - 1)(N + 1)P_p L}{2NL - L_t} \quad (2.72)$$

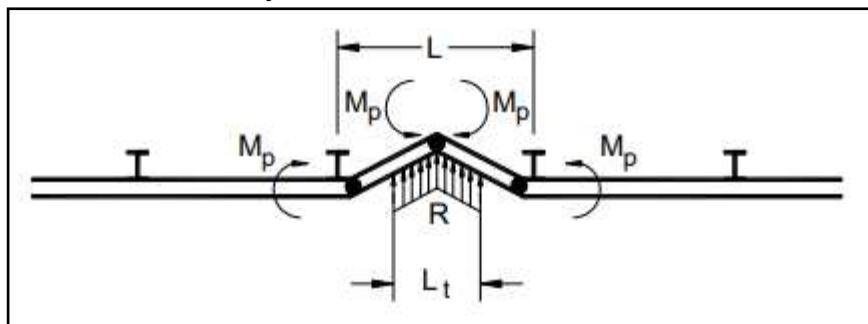


Figura 2.21: Modo de falla para un solo tramo en protecciones laterales postes y vigas

Fuente: (LRFD, 2017)

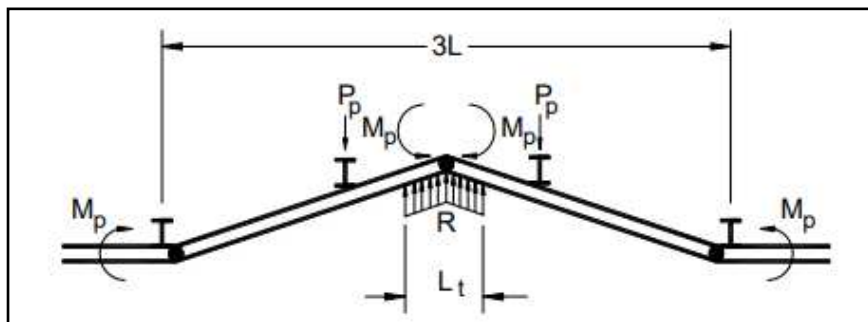


Figura 2.22: Modo de falla para tres tramos en protecciones laterales postes y vigas

Fuente: (LRFD, 2017)

Para los modos de falla que involucran un número de tramos de baranda, N , para:

$$R = \frac{16 M_p + N^2 P_p L}{2NL - L_t} \quad (2.73)$$

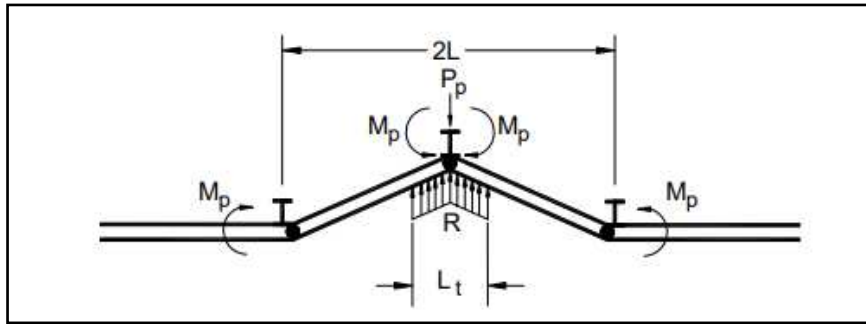


Figura 2.23: Modo de falla para dos tramos en protecciones laterales postes y vigas

Fuente: (LRFD, 2017)

Donde:

L = Separación de los postes o longitud de un tramo simple (m).

M_p = Resistencia inelástica o para línea de fluencia de todos los rieles que contribuyen a una rótula plástica (Kg.m).

P_p = resistencia última a la carga transversal de un único poste ubicado a una altura \bar{Y} por encima del tablero (Kg).

R = resistencia última total de la baranda, es decir su resistencia nominal (Kg).

L_t, L_L = longitud transversal de las cargas distribuidas debidas al impacto de vehículos, F_t y F_L (m).

Además, la *AASHTO* plantea una expresión de resistencia critica nominal R para cualquier número de tramos, el que se utiliza al considerar un impacto en un extremo de un elemento horizontal y que provoque la caída del poste en el extremo de una protección lateral. La ecuación se denota a continuación:

$$R = \frac{2 M_p + 2 P_p L (\sum_{i=1}^N i)}{2NL - L_t} \quad (2.74)$$

Las expresiones presentadas son factibles para protecciones laterales en postes y vigas, siendo estas metálicas, de hormigón armado y también en postes de hormigón armado con vigas metálicas.

2.4.2.6. Parapetos de hormigón, postes y vigas metálicas (combinada menor a 70Km/h)

Básicamente la resistencia de una estructura mixta debe cumplir las especificaciones de diseño para protecciones laterales macizas (parapetos) además de postes y vallas vehiculares estudiadas anteriormente, por lo que la resistencia flexional del riel o elemento horizontal para

un tramo R_R , y para dos tramos R'_R , y por último se debe determinar la resistencia del elemento vertical sobre el parapeto incluyendo el anclaje que se generan en las uniones muro-poste.

La *AASHTO LRFD* para este tipo de protecciones presenta dos tipologías de análisis:

- ✓ La primera, es considerando que el impacto vehicular se produce en la mitad del elemento longitudinal en la separación de entre postes, en este análisis la resistencia nominal R_R del riel y la del parapeto R_W , se deberán sumar entre sí para tener una resistencia combinada resultante \bar{R} , mientras que la altura efectiva \bar{Y} se determina de la siguiente manera:

$$\bar{R} = R_R + R_W \quad (2.75)$$

$$\bar{Y} = \frac{R_R H_R + R_W H_W}{\bar{R}} \quad (2.77)$$

Donde:

R_R = Capacidad última del riel o pasamanos en un tramo (Kg).

R_W = Capacidad última del muro como se especifica en las protecciones laterales macizas (Kg).

H_W = Altura del muro (m).

H_R = Altura del riel (m).

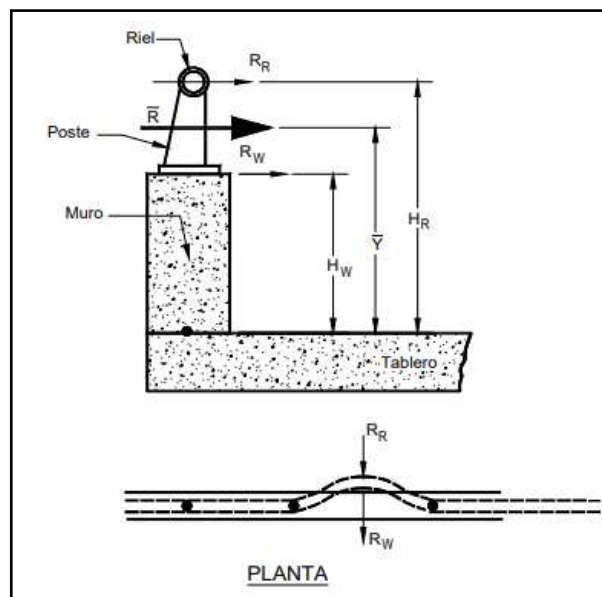


Figura 2.24: Análisis del conjunto formado por un muro de hormigón y un riel metálico con un impacto a la mitad de la longitud de la protección

Fuente: (LRFD, 2017)

- ✓ El segundo, un análisis es considerando que el impacto vehicular se produce justamente en el poste, en ella la resistencia \bar{R} se determina mediante la sumatoria de la capacidad de los postes P_P , la resistencia del riel R'_R y la resistencia del parapeto reducida R'_W , ubicado en una altura \bar{Y} calculada mediante:

$$\bar{R} = P_P + R'_R + R'_W \quad (2.76)$$

$$\bar{Y} = \frac{P_P H_R + R'_R H_R + R'_W H_W}{\bar{R}} \quad (2.77)$$

Donde:

P_P = Resistencia transversal última del poste (N)

R'_R = Resistencia transversal última del riel en dos tramos (N)

R_W = Resistencia transversal última del muro como se especifica en las protecciones laterales macizas.

R'_W = Capacidad del muro, reducida para resistir la carga del poste (N)

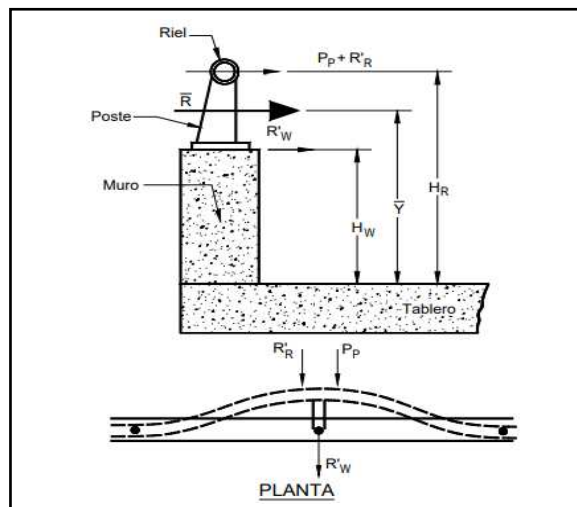


Figura 2.25: Análisis del conjunto formado por un muro de hormigón y un riel metálico con un impacto justo en el poste de la protección

Fuente: (LRFD, 2017)

El segundo análisis que presenta la *AASHTO LRFD* se toma en cuenta solo en los postes individuales, esto quiere decir que no considera los impactos que podrían ocurrir en una junta de postes por lo cual para el caso en donde existen juntas de postes, la resistencia se determina mediante la sumatoria de la resistencia del muro calculada con la ecuación (2.72) más la resistencia de riel metálico o pasamano en un tramo calculada por la ecuación (2.74).

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Descripción de los puentes vehiculares


Dentro de la ciudad de Manta se hallan un sin número de puentes vehiculares de diferentes tipos, los mismos que están conformados por su respectiva subestructura y superestructura.

Dicho de esta manera se tomó en consideración para el desarrollo de este trabajo de investigación tres puentes representativos debido a su alto nivel de fluido vehicular, estructuras que además cuentan con protecciones laterales características del total de la población o más comunes, estas son las de hormigón armado poste-viga y maciza; y también la baranda combinada.

Por lo tanto, dentro de los puentes seleccionados se tienen:

Tabla 3.1: Puentes con protecciones más comunes en la ciudad de Manta

Nº PUENTE	UBICACIÓN	TIPO DE PROTECCIÓN LATERAL	COORDENADAS	
			Latitud	Longitud
1	Tarquí	Maciza	-0.950594	-80.720483
				
2	Tarquí	Hormigón Armado	-0.950681	-80.717129
				

3	Av. La Cultura	Combinada	-0.962850	-80.73411
				

Fuente: Autor

Para el diseño y análisis de las protecciones laterales se estimó los siguientes datos respecto al material:

Resistencia del hormigón $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

Límite de fluencia $Fy= 4200 \text{ kg/cm}^2$

Esfuerzos admisibles

Hormigón $fc=40\%f'c$ $fc= 84 \text{ kg/cm}^2$

Incremento de 50% $fc= 126 \text{ kg/cm}^2$


Acero $fs=40\%fy$ $fs= 1680 \text{ kg/cm}^2$

3.2. Parámetros geométricos de las protecciones a diseñar

Para el análisis de la indagación se realizó un levantamiento de información de los puentes vehiculares y los parámetros geométricos de las protecciones laterales seleccionadas, que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.2: Parámetros geométricos

N° PUEENTE	ILUSTRACIÓN	SECCIONES			
		Protección lateral	Separación de postes	Bordillo bxh	Acera bxh
1		Poste: 25cm x 25cm Viga: 20cm x 20cm Altura: 90cm	2.00m	20cm x 25cm	145cm x 25cm
2		Parapeto: 15cm x 75cm Parapeto parte baja: 20cm x 10cm	2.50m	-	-

3		<p>Parapeto: 20cm x 60cm</p> <p>Poste: Ala 66mm y espesor de 6mm; alma 105mm y espesor de 6mm y altura de 25cm.</p> <p>Valla: Diámetro externo 88mm; diámetro interno 84,5mm; espesor de 3,5mm.</p>	Parapeto 3.80m Poste 1.90m	15cm x 15cm	325cm x 15cm
---	---	--	---	----------------	-----------------

Fuente: Autor

3.3. Diseño de protecciones laterales por el AASHTO STANDARD

3.3.1.1. Protección lateral de hormigón (poste - viga)

Es necesario plantear datos iniciales para el diseño de la protección, es así a continuación se muestra los parámetros geométricos reales para este tipo de protección.

Datos Protección Lateral

H protección $H=$ 0,90m
Longitud del tramo $L=$ 10,00m
Separación de postes $Sp=$ 2,00m
Separación de vigas $Hn=$ 0,45m

Bordillo

Base $b=$ 0,20m
Altura $h=$ 0,25m

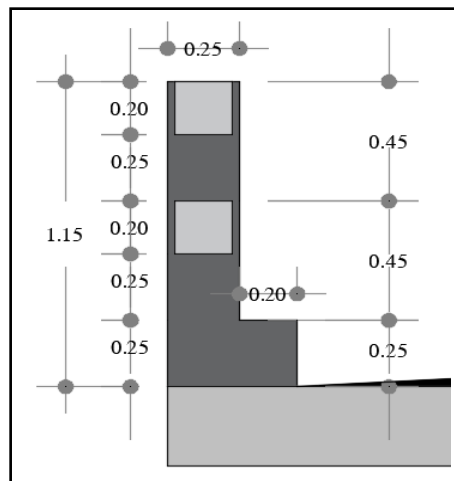


Figura 3.1: Dimensiones de la protección lateral poste – viga, corte transversal

Fuente: Autor

Cargas de Diseño

Carga viva vehicular $P=$ 4545Kg
Carga viva de bordillo $P=$ 745Kg

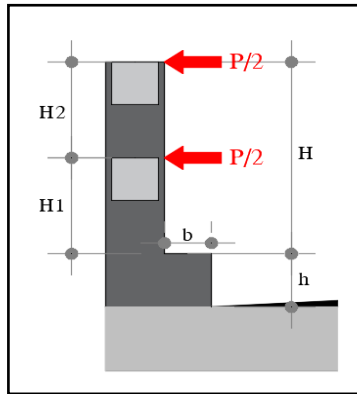


Figura 3.2: Solicitaciones de carga

Fuente: Autor

3.3.1.1.1. Diseño del poste

– **Momento de diseño**

$$M = (0,45\text{m} * 2272,50\text{Kg}) + (0,90\text{m} * 2272,50\text{Kg})$$

$$M = \underline{3067,88\text{Kg.m}}$$

– **Coefficientes**

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (2.8)$$

$$k = \frac{n \cdot f_c}{n \cdot f_c + f_s} \quad (2.9)$$

$$n = \frac{2,1 * 10^6 \text{ Kg/cm}^2}{15100 * \sqrt{210 \text{ Kg/cm}^2}} \quad n = 9,69$$

$$k = \frac{10 * 84 \text{ Kg/cm}^2}{(10 * 84 \text{ Kg/cm}^2) + 1680 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$\approx \underline{10}$$

$$k = \underline{0,33}$$

$$j = 1 - \frac{k}{3}$$

$$R = \frac{1}{2} f_c \cdot j \cdot k$$

$$(2.10)$$

$$(2.11)$$

$$j = 1 - \frac{0,33}{3}$$

$$R = \frac{1}{2} * 84 \text{ kg/cm}^2 * 0,89 * 0,33$$

$$j = \underline{0,89}$$

$$R = \underline{12,44\text{Kg/cm}^2}$$

– **Altura del eje neutro de la varilla a la fibra más comprimida de hormigón**

$$M_r = 1.5 R b d^2 \quad (2.12)$$

$$306788\text{Kg.cm} = 1,5 * 12\text{Kg/cm}^2 * b d^2$$

(2.13)

$$d = \sqrt{\frac{M}{1.5 R b}}$$

$$d = \sqrt{\frac{306788 \text{ Kg. cm}}{1,5 * 12,44 \text{ Kg/cm}^2 * b}}$$

Se asume una b de = 30cm

$$d = \underline{25,64 \text{ cm}}$$

Se obtiene de una sección de 25cm * 30cm

– **Cálculo del acero de refuerzo**

$$A_s = \frac{M}{f_s \cdot j \cdot d}$$

(2.14)

$$A_s = \frac{306788 \text{ Kg.cm}}{1680 \text{ kg/cm}^2 * 0,89 * 25,64 \text{ cm}}$$

$$A_s = \underline{8,01 \text{ cm}^2}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} b d$$

(2.15)

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{4200 \text{ kg/cm}^2} * 25 \text{ cm} * 25,64 \text{ cm}$$

$$A_{s_{min}} = \underline{2,14 \text{ cm}^2}$$

Se escoge el mayor de los dos, entonces

$$A_s = \underline{9,34 \text{ cm}^2}$$

Armadura Interior $A_s = \underline{8,01 \text{ cm}^2}$

$$3\Phi 20 \text{ mm} = 9,42 \text{ cm}^2$$

Armadura Exterior $A_s/2 = \underline{4,01 \text{ cm}^2}$

$$3\Phi 14 \text{ mm} = 4,62 \text{ cm}^2$$

– **Comprobación de esfuerzos admisibles con esfuerzos de trabajo (hormigón y acero)**

$$f_c = \frac{2M_s}{k_j b d^2}$$

(2.16)

$$f_c = \frac{2 * 306788 \text{ Kg.cm}}{0,33 * 0,89 * 25 \text{ cm} * (25,64 \text{ cm})^2} = \underline{126 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$f_c(\text{admi}) \geq f_c$$

$$126 \text{ Kg/cm}^2 \geq 126,00 \text{ Kg/cm}^2$$

Cumple

$$f_s = \frac{M_s}{A_s j d}$$

(2.17)

$$f_s = \frac{306788 \text{ Kg.cm}}{9,42 \text{ cm}^2 * 0,89 * 25,64 \text{ cm}}$$

$$f_s = \underline{1428,25 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$f_s(\text{admi}) \geq f_s$$

$$1680 \text{ Kg/cm}^2 \geq 1428,25 \text{ Kg/cm}^2$$

Cumple

– **Chequeo a esfuerzo de corte**

$$V = P = \underline{4545\text{Kg}}$$

$$v = \frac{V}{bd} \quad (2.18)$$

$$v = \frac{4545\text{Kg}}{25\text{cm} * 25,64\text{cm}}$$

$$v = \underline{7,09\text{Kg/cm}^2}$$

Por seguridad se asume que el esfuerzo cortante admisible del hormigón es nulo

$$v_c = \underline{0,00\text{Kg/cm}^2}$$

– **Determinación del esfuerzo por corte**

$$s = \frac{f_s(\text{admis}) \cdot A_v}{v \cdot b} \quad (2.19)$$

Se considera para el estibo $\phi = 10\text{mm}$ en 2 ramas con un $A_s = 1,57\text{cm}^2$

$$s = \frac{1680\text{Kg/cm}^2 * 1,57\text{cm}^2}{7,09\text{Kg/cm}^2 * 25\text{cm}}$$

$$s = 14,89\text{cm} \approx \underline{15\text{cm}}$$

Por lo tanto, queda un poste de la siguiente manera:

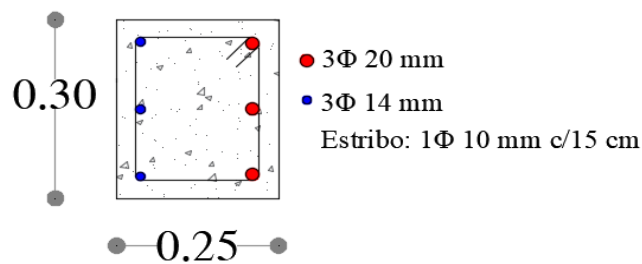


Figura 3.3: Armado del poste

Fuente: Autor

3.3.1.1.2. Diseño de la viga

– **Momento de diseño**

$$M = \frac{P'L}{6}$$

Donde: $P' = \frac{P}{2}$

$$M = \frac{2272,50\text{Kg} * 2,00\text{m}}{6}$$

$$M = \underline{757,50\text{Kg.m}}$$

Al igual que en el diseño del poste se tomarán las mismas características del hormigón y el acero, por lo cual los valores de los coeficientes serán los mismos hallados anteriormente.

$$d = \sqrt{\frac{M}{1.5 Rb}} \quad (2.13)$$

$$d = \sqrt{\frac{75750 \text{ Kg. cm}}{1,5 * 12,44\text{Kg/cm}^2 * b}}$$

Se asume una b de = 20cm

$$d = \underline{14,24\text{cm}}$$

Se obtiene de una sección de 20cm * 20cm

– **Cálculo del acero de refuerzo**

$$A_s = \frac{M}{f_s.j.d} \quad (2.14)$$

$$A_s = \frac{75750\text{Kg.cm}}{1680 \text{ Kg/cm}^2 * 0,89 * 12,24\text{cm}}$$

$$A_s = \underline{3,56\text{cm}^2}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} b d \quad (2.15)$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{4200 \text{ Kg/cm}^2} * 20\text{cm} * 14,24\text{cm}$$

$$A_{s_{min}} = \underline{0,95\text{cm}^2}$$

Se escoge el mayor de los dos, entonces

$$A_s = \underline{3,56\text{cm}^2}$$

$$\text{Armadura Interior } A_s = \underline{3,56\text{cm}^2}$$

$$2\Phi 16\text{mm} = 4,02\text{cm}^2$$

$$\text{Armadura Exterior } A_s/2 = \underline{1,78\text{cm}^2}$$

$$2\Phi 12\text{mm} = 2,26\text{cm}^2$$

– **Comprobación de esfuerzos admisibles con esfuerzos de trabajo (hormigón y acero)**

$$f_c = \frac{2M_s}{k_j b d^2}$$

$$f_s = \frac{M_s}{A_s j d}$$

(2.16)

$$f_c = \frac{2 * 75750 \text{Kg.cm}}{0,33 * 0,89 * 20 \text{cm} * (14,24 \text{cm})^2} \quad f_c = \frac{126 \text{Kg/cm}^2}{126 \text{Kg/cm}^2}$$

$$f_c(\text{admi}) \geq f_c$$

$$126 \text{Kg/cm}^2 \geq 126,00 \text{Kg/cm}^2$$

Cumple

(2.17)

$$f_s = \frac{75750 \text{Kg.cm}}{4,02 \text{cm}^2 * 0,89 * 14,24 \text{cm}}$$

$$f_s = \frac{1487,76 \text{Kg/cm}^2}{1487,76 \text{Kg/cm}^2}$$

$$f_s(\text{admi}) \geq f_s$$

$$1680 \text{Kg/cm}^2 \geq 1487,76 \text{Kg/cm}^2$$

Cumple

– **Chequeo a esfuerzo de corte**

$$P' = \underline{2272,50 \text{Kg}}$$

$$v = \frac{V}{bd} \quad (2.18)$$

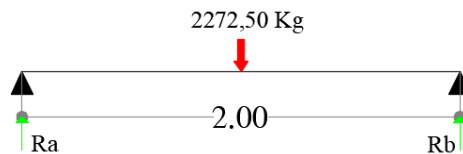


Figura 3.4: Diagrama de cuerpo libre

Fuente: Autor

$$V = R_a = R_b = P'/2$$

$$V = 1136,25 \text{Kg}$$

$$v = \frac{1136,25 \text{Kg}}{20 \text{cm} * 14,24 \text{cm}}$$

$$v = \underline{3,99 \text{Kg/cm}^2}$$

Por seguridad se asume que el esfuerzo cortante admisible del hormigón es nulo

$$v_c = \underline{0,00 \text{Kg/cm}^2}$$

– **Determinación del esfuerzo por corte**

$$s = \frac{f_s(\text{admis}) \cdot A_v}{v \cdot b} \quad (2.19)$$

Se considera para el estibo $\phi = 10 \text{mm}$ en 2 ramas con un $A_s = 1,57 \text{cm}^2$

$$s = \frac{1680 \text{Kg/cm}^2 * 1,57 \text{cm}^2}{1680 \text{Kg/cm}^2 * 1,57 \text{cm}^2}$$

$$3,99\text{Kg/cm}^2 * 20\text{cm}$$

$$s = 33,08\text{cm} \approx \underline{20\text{cm}}$$

Por lo tanto, queda un poste de la siguiente manera:

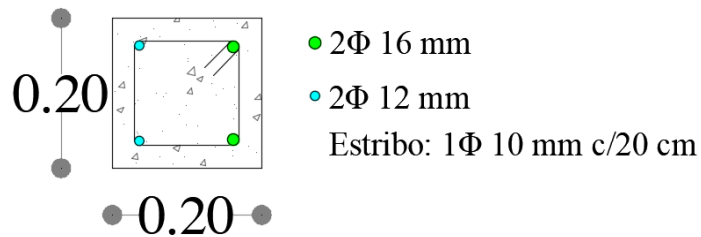


Figura 3.5: Armado de la viga

Fuente: Autor

3.3.1.1.3. Diseño del bordillo

– Momento de diseño

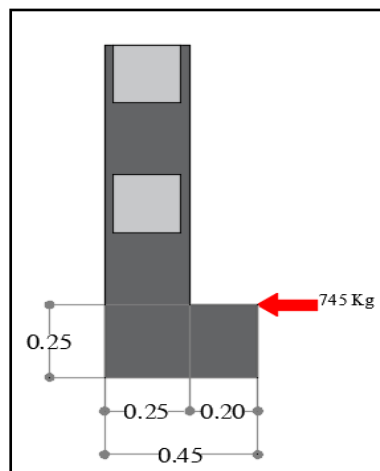


Figura 3.6: Dimensiones y sollicitación de carga en bordillo

Fuente: Autor

$$M = 745,00\text{Kg} * 25\text{cm}$$

$$M = \underline{18625\text{Kg.cm}}$$

Para el diseño del bordillo por desde luego de hormigón armado, se mantendrán los mismos datos y características del material referidos al principio del capítulo; además de los coeficientes calculados en el diseño del poste.

Sobre las secciones del bordillo están determinadas por las condiciones de la AASHTO, por tal motivo, no se analizan como el poste y las vallas. Se define el acero en función de las secciones establecidas, y su cálculo se lo realiza en el sentido longitudinal del bordillo.

– **Cálculo del acero de refuerzo**

$$A_s = \frac{M}{f_s \cdot j \cdot d} \quad (2.14)$$

$$A_s = \frac{18625 \text{Kg.cm}}{1680 \text{Kg/cm}^2 * 0,89 * 17 \text{cm}}$$

$$A_s = \underline{0,73 \text{cm}^2}$$

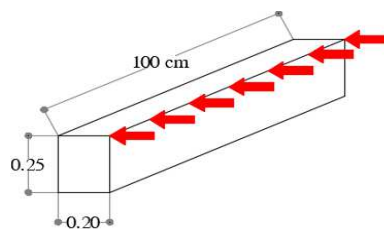
$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} b d \quad (2.15)$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{4200 \text{Kg/cm}^2} * 100 \text{cm} * 17 \text{cm}$$

$$A_{s_{min}} = \underline{5,67 \text{cm}^2}$$

Se escoge el mayor de los dos, entonces

$$A_s = \underline{5,67 \text{cm}^2}$$



El acero a flexión se coloca de manera longitudinal por lo que:

$$\text{Se requieren } 8\Phi 10 \text{mm} = 6,28 \text{cm}^2$$

Con un recubrimiento de 5 cm, su distribución será de:

$$1\Phi 10 \text{mm } c/15 \text{cm}$$

– **Chequeo a esfuerzo de corte**

$$v = \frac{V}{bd} \quad (2.18)$$

$$V = 745 \text{Kg}$$

$$v = \frac{745 \text{Kg}}{100 \text{cm} * 17 \text{cm}}$$

$$v = \underline{0,44 \text{Kg/cm}^2}$$

Por seguridad se asume que el esfuerzo cortante admisible del hormigón es nulo.

$$v_c = \underline{0,00 \text{Kg/cm}^2}$$

– **Determinación del esfuerzo por corte**

(2.19)

$$s = \frac{f_s(admis) \cdot A_v}{v \cdot b}$$

Se considera para el estribo $\phi = 10\text{mm}$ en 1 ramal con un $A_s = 0,79\text{cm}^2$

$$s = \frac{1680\text{Kg/cm}^2 \cdot 0,79\text{cm}^2}{0,44\text{Kg/cm}^2 \cdot 100\text{cm}}$$

$$s = 30,11\text{cm} \approx \underline{20\text{cm}}$$

El refuerzo por corte será de $1\phi 10\text{mm c}/20\text{cm}$

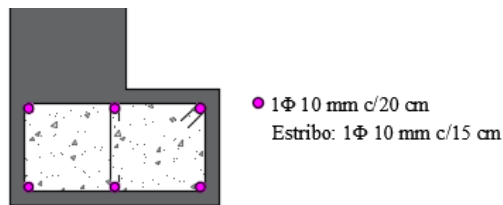


Figura 3.7: Armado de bordillo

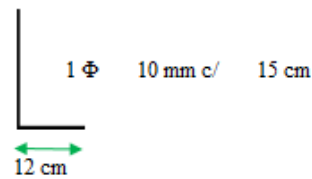
Fuente: Autor

– Longitud de anclaje de varilla

Doble = $12 \cdot d$

Doble = $12 \cdot 10\text{mm}$

Doble = 12cm



La protección lateral poste y valla queda de la siguiente manera:

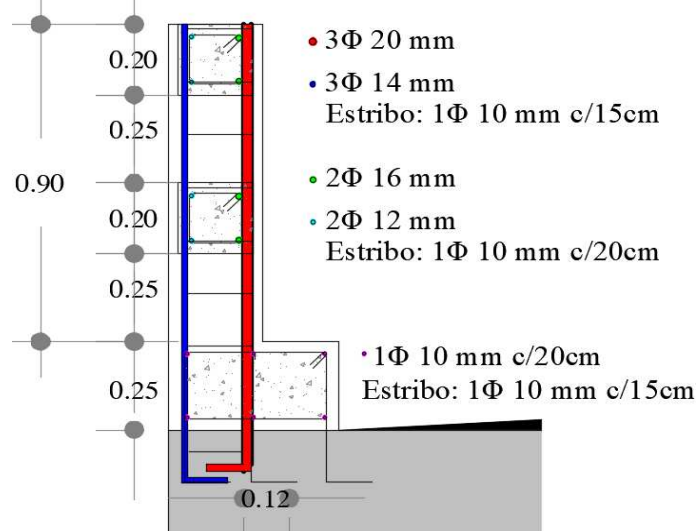


Figura 3.8: Diseño final de la protección lateral de hormigón armado (poste - viga)

Fuente: Autor

3.3.1.2. Protección lateral de hormigón (maciza)

De igual forma que en el diseño de la protección de hormigón armado poste-viga, en este caso también se toman en cuenta los datos reales de la protección a analizar, los mismos que son:

Datos Protección Lateral

	$H=$	0,85m
H protección	$h1=$	0,10m
	$h2=$	0,75m
Separación de protección	$Sp=$	2,50m

Cargas de Diseño

Carga viva vehicular	$P=$	4545Kg
----------------------	------	--------

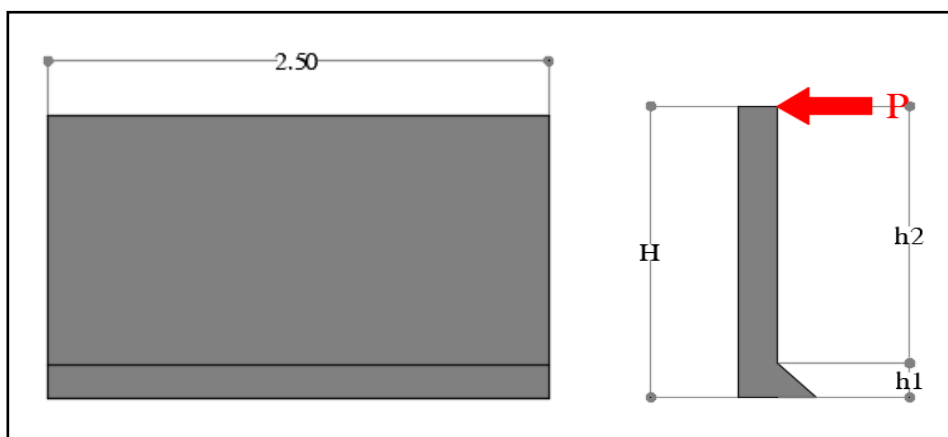


Figura 3.9: Dimensiones y sollicitación de carga de la protección lateral

Fuente: Autor

3.3.1.2.1. Diseño del parapeto

Para el diseño del parapeto se considerarán los mismos valores de $f'c$ y f_y , incluyendo sus respectivos coeficientes los cuales fueron determinados en el diseño anterior. Cabe señalar que en este tipo de protección se realizan dos tipos de análisis, es así que primero se expone es:

Análisis en sentido transversal con respecto al eje longitudinal.

– Momento de diseño

$$M = PL$$

$$P= 4545\text{Kg}$$

$$M= 4545\text{Kg} * 0,85\text{m}$$

$$M= \underline{3863,25\text{Kg.m}}$$

– **Altura del eje neutro de la varilla a la fibra más comprimida de hormigón**

$$Mr = 1.5 Rbd^2 \quad (2.12)$$

$$386325\text{Kg.cm} = 1,5 * 12\text{Kg/cm}^2 * bd^2$$

$$d = \sqrt{\frac{M}{1.5 Rb}} \quad (2.13)$$

$$d = \sqrt{\frac{386325\text{Kg.cm}}{1,5 * 12,44\text{Kg/cm}^2 * b}}$$

Se asume una b de = 250cm, por la longitud total del parapeto

$$d = \underline{9,10\text{cm}}$$

Se obtiene de una sección de 250cm * 15cm

– **Cálculo del acero de refuerzo**

$$As = \frac{M}{fs.j.d} \quad (2.14)$$

$$As_{min} = \frac{14}{fy} bd \quad (2.15)$$

$$As_{min} = \frac{14}{4200\text{Kg/cm}^2} * 250\text{cm} * 9,10\text{cm}$$

$$As = \frac{386325\text{Kg.cm}}{1680\text{Kg/cm}^2 * 0,89 * 9,10\text{cm}} = \underline{28,43\text{cm}^2}$$

$$As_{min} = \underline{7,58\text{cm}^2}$$

Se escoge el mayor de los dos, entonces

$$As = \underline{28,43\text{cm}^2}$$

$$\text{Armadura Interior } As = \underline{28,43\text{cm}^2}$$

$$13\Phi 18\text{mm} = 33,43\text{cm}^2$$

$$\text{Armadura Exterior } As/2 = \underline{14,22\text{cm}^2}$$

$$13\Phi 12\text{mm} = 14,70\text{cm}^2$$

La separación es:

$$S = \frac{250\text{cm} - 1,80\text{cm} - 2(5\text{cm})}{13 - 1}$$

$$S = 19,85\text{cm} \approx \underline{20\text{cm}}$$

- **Comprobación de esfuerzos admisibles con esfuerzos de trabajo (hormigón y acero)**

$$f_c = \frac{2M_s}{k_j b d^2} \quad (2.16)$$

$$f_s = \frac{M_s}{A_s j d} \quad (2.17)$$

$$f_c = \frac{2 * 386325 \text{Kg.cm}}{0,33 * 0,89 * 250 \text{cm} * (9,10 \text{cm})^2} \quad f_c = \underline{126 \text{Kg/cm}^2}$$

$$f_s = \frac{386325 \text{Kg.cm}}{33,08 \text{cm}^2 * 0,89 * 9,10 \text{cm}}$$

$$f_s = \underline{1443,96 \text{Kg/cm}^2}$$

$$\begin{aligned} f_c(\text{admi}) &\geq f_c \\ 126 \text{Kg/cm}^2 &\geq 126,00 \text{Kg/cm}^2 \\ &\text{Cumple} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_s(\text{admi}) &\geq f_s \\ 1680 \text{Kg/cm}^2 &\geq 1443,96 \text{Kg/cm}^2 \\ &\text{Cumple} \end{aligned}$$

- **Chequeo a esfuerzo de corte**

$$V = P = \underline{4545 \text{Kg}}$$

$$v = \frac{V}{b d} \quad (2.18)$$

$$v = \frac{4545 \text{Kg}}{250 \text{cm} * 9,10 \text{cm}}$$

$$v = \underline{2,00 \text{Kg/cm}^2}$$

Por seguridad se asume que el esfuerzo cortante admisible del hormigón es nulo

$$v_c = \underline{0,00 \text{Kg/cm}^2}$$

- **Determinación del esfuerzo por corte**

$$s = \frac{f_s(\text{admis}) \cdot A_v}{v \cdot b} \quad (2.19)$$

Se considera para el estibo $\phi = 12 \text{mm}$ en 1 ramal con un $A_s = 1,13 \text{cm}^2$

$$s = \frac{1680 \text{Kg/cm}^2 * 1,13 \text{cm}^2}{2,00 \text{Kg/cm}^2 * 250 \text{cm}}$$

$$s = 2,80 \text{cm} \approx \underline{10 \text{cm}}$$

Por lo tanto, el parapeto en sentido transversal queda de la siguiente manera:

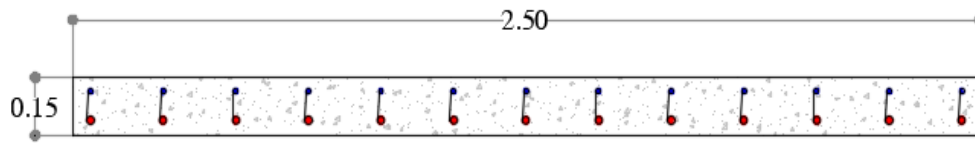


Figura 3.10: Armado del parapeto, análisis en sentido transversal (vista en planta)

Fuente: Autor

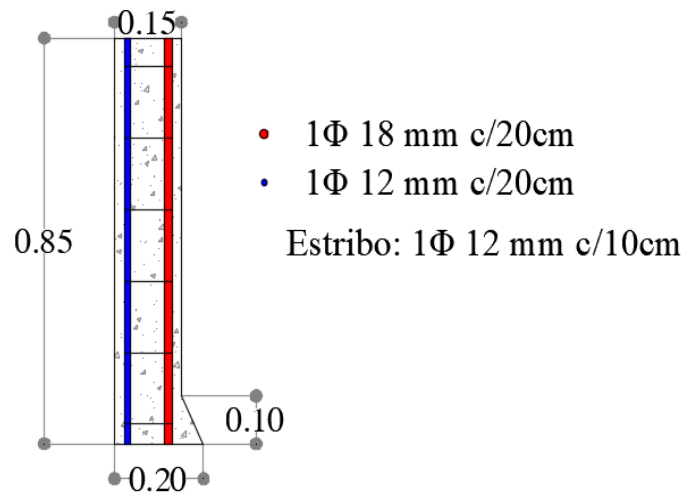


Figura 3.11: Armado del parapeto, análisis en sentido transversal (vista frontal)

Fuente: Autor

Ahora se presenta el segundo análisis para el diseño del parapeto el cual es:

Análisis en sentido longitudinal con respecto al eje transversal

– **Momento de diseño**

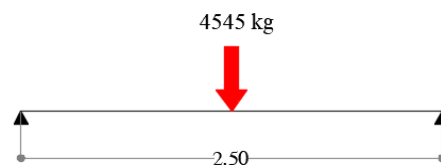


Figura 3.12: Diagrama de cuerpo libre en el sentido longitudinal

Fuente: Autor

$$M = \frac{PL}{4}$$

$$P = 4545 \text{ Kg}$$

$$M = \frac{4545 \text{ Kg} * 2,50 \text{ m}}{4}$$

$$M = \underline{2840,63\text{Kg.m}}$$

Se mantienen las mismas características la resistencia de hormigón y la fluencia del acero igual, por lo que se tiene:

- **Altura del eje neutro de la varilla a la fibra más comprimida de hormigón**

$$Mr = 1.5 Rbd^2 \quad (2.12)$$

$$284063\text{Kg.cm} = 1,5 * 12\text{Kg/cm}^2 * bd^2$$

$$d = \sqrt{\frac{M}{1.5 Rb}} \quad (2.13)$$

$$d = \sqrt{\frac{284063\text{Kg.cm}}{1,5 * 12,44\text{Kg/cm}^2 * b}}$$

Se asume una b de = 85m, por la altura total del parapeto

$$d = \underline{13,38\text{cm}}$$

Se elige el valor de d mayor del análisis de los dos sentidos.

$$9,10\text{cm} < 13,38\text{cm}$$

Por lo tanto, se tiene un valor:

$$d = \underline{13,38\text{cm}}$$

- **Cálculo del acero de refuerzo**

$$As = \frac{M}{fs.j.d}$$

$$(2.14)$$

$$As = \frac{284063\text{Kg.cm}}{1680\text{Kg/cm}^2 * 0,89 * 13,38\text{cm}}$$

$$As = \underline{14,22\text{cm}^2}$$

$$As_{min} = \frac{14}{fy} bd$$

$$(2.15)$$

$$As_{min} = \frac{14}{4200\text{Kg/cm}^2} * 250\text{cm} * 13,38\text{cm}$$

$$As_{min} = \underline{3,79\text{cm}^2}$$

Se escoge el mayor de los dos, entonces

$$As = \underline{14,22\text{cm}^2}$$

Armadura Interior $A_s = \underline{14,22\text{cm}^2}$

$8\Phi 16\text{mm} = 16,08\text{cm}^2$

Armadura Exterior $A_s/2 = \underline{7,11\text{cm}^2}$

$8\Phi 12\text{mm} = 9,05\text{cm}^2$

La separación es:

$$S = \frac{85\text{cm} - 1,60\text{cm} - 2(5\text{cm})}{8 - 1}$$

$$S = 10,49\text{cm} \approx \underline{10\text{cm}}$$

– **Longitud de anclaje de varilla**

Doble= $12*d$

Doble= $12*18\text{mm}$

Doble= 22cm

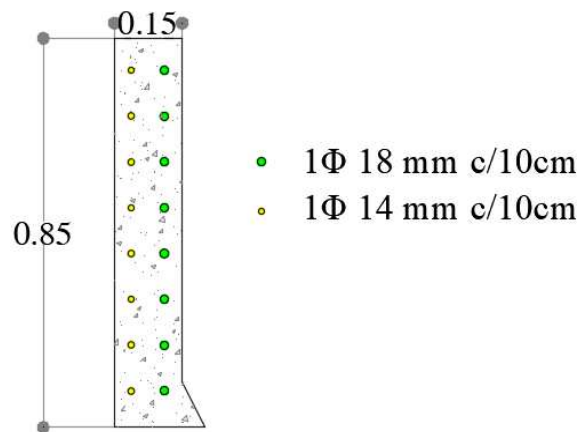
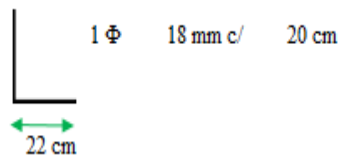


Figura 3.13: Armado del parapeto, análisis en sentido longitudinal (vista frontal)

Fuente: Autor

La protección lateral maciza queda de la siguiente manera:

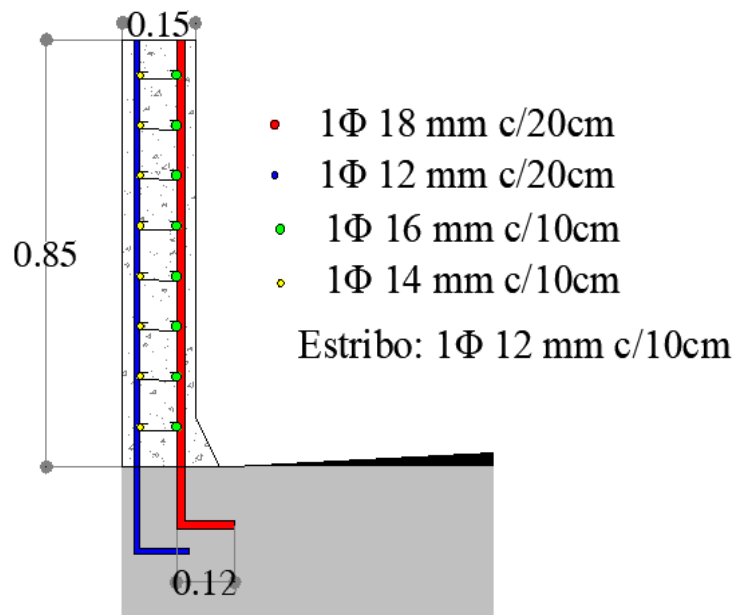


Figura 3.14: Diseño final de la protección lateral de hormigón armado (maciza)

Fuente: Autor

3.3.1.3. Protección lateral combinada menor a 70 km/h

Entre los principales datos para el diseño de esta protección se tiene:

Datos Acero A36

Límite de fluencia	$F_y =$	250MPa	2549Kg/cm ²
Límite de rotura	$F_u =$	410MPa	4181Kg/cm ²
Densidad del acero	$\gamma_{acero} =$		7860Kg/m ³
Fluencia de perno	$F_{perno} =$	400MPa	4079Kg/cm ²

Esfuerzos Admisibles

Hormigón $f_c = 40\% f'_c$	$f_c =$	84Kg/cm ²
Incremento de 50%	$f_c =$	126Kg/cm ²
Acero $f_s = 40\% f_y$	$f_s =$	1680Kg/cm ²
Acero A36 $\sigma_{m\acute{a}x.} = 60\% f_y$	$\sigma_{m\acute{a}x.} =$	1529,40Kg/cm ²
Esfuerzo admisible a corte $F_v = 33\% F_y$	$F_v =$	835,25Kg/cm ²

Luz del Puente

$$L = 38,00\text{m}$$

Datos Protección Lateral

H protección	$H =$	0,90m
	$h_1 =$	0,65m
Longitud de la protección	$L =$	3,80m

Detalle del Poste

Separación de postes	$Sp =$	2,00m
----------------------	--------	-------

Altura del perfil tipo H $h_2 = 0,25\text{m}$

Acera

Ancho $a = 3,1\text{m}$

Bordillo

Base $b = 0,20\text{m}$

Altura $h = 0,15\text{m}$

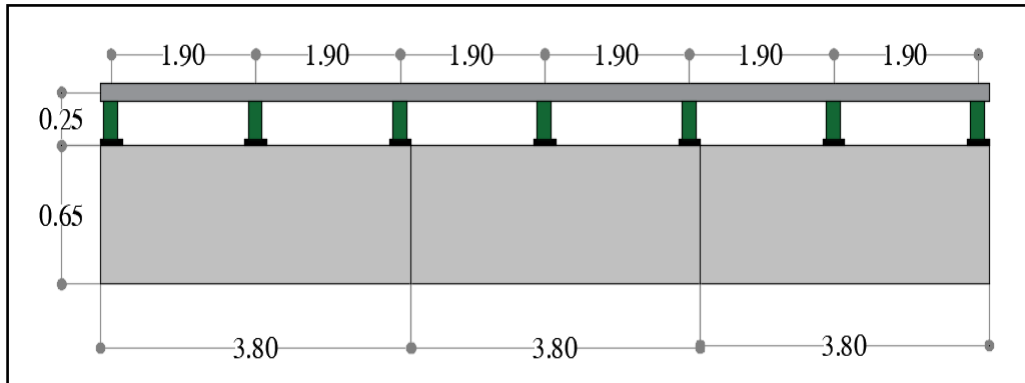


Figura 3.15: Dimensiones de la protección lateral combinada, corte longitudinal

Fuente: Autor

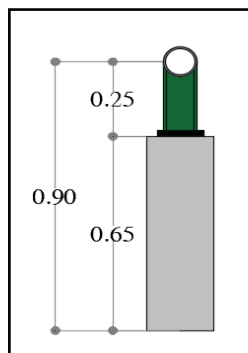


Figura 3.16: Dimensiones de la protección lateral combinada, corte transversal

Fuente: Autor

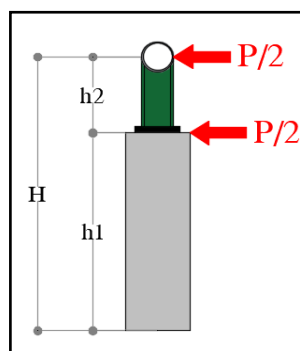


Figura 3.17: Solicitaciones de carga

Fuente: Autor

3.3.1.3.1. Diseño de la valla vehicular

– **Momento de diseño**

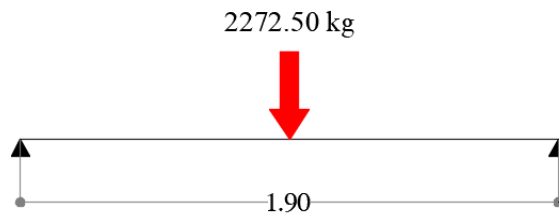


Figura 3.18: Diagrama de cuerpo libre

Fuente: Autor

$$M = \frac{\frac{p}{2} * l}{6}$$

$$P/2 = 2272,50Kg$$

$$M = \frac{2272,50Kg * 1,90m}{6}$$

$$M = \underline{719,63 Kg.m}$$

– **Módulo de flexión**

$$S = \frac{M}{\sigma_{max}} \quad (2.21)$$

$$S = \frac{71962,50Kg.cm}{1529,40Kg/cm^2}$$

$$S = \underline{47,053cm^3}$$

Se usará un tubo circular de 4 in
 $53,75cm^3 > 47,053cm^3$

– **Verificación**

$$\sigma = \frac{M}{S} \quad (2.21)$$

$$\sigma = \frac{71962,50Kg.cm}{53,75cm^3}$$

$$\sigma = \underline{1338,84 kg/cm^2}$$

$$1338,84Kg/cm^2 < 1529,40Kg/cm^2$$

El esfuerzo de la sección es menor que la admisible, **Cumple**

– **Análisis de la sección a corte**

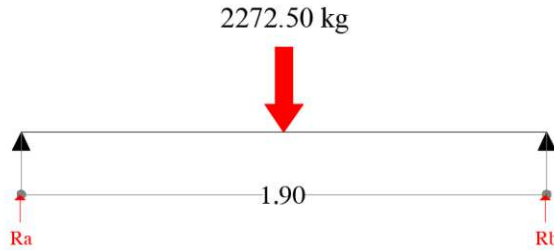


Figura 3.19: Diagrama de cuerpo libre

Fuente: Autor

$$V = Ra = Rb = \frac{P}{2}$$

$$V = \frac{2272,50\text{Kg}}{2}$$

$$V = \underline{1136,25\text{Kg}}$$

Esfuerzo a corte

$$fv = \frac{V}{A} \quad (2.23)$$

$$fv = \frac{1136,25\text{Kg}}{18,24\text{cm}^2}$$

$$fv = \underline{62,29\text{Kg/cm}^2}$$

$$841,17\text{Kg/cm}^2 > 62,29\text{Kg/cm}^2$$

El esfuerzo a corte admisible es mayor que la solicitada, **Cumple**

Tabla 3.3: Propiedades de la sección de la valla vehicular

	Nominal	5 "
Diámetros	Externo	12,70cm
	Interno	11,75cm
Espesor		0,475cm
Radio de giro		4,33m
Área		18,24cm ²
Módulo resistente		53,75cm ³
Inercia		341,31cm ⁴

Fuente: (INTI, 2005)

Elaborado por: Autor

3.3.1.3.2. Diseño del poste

– **Momento de diseño**

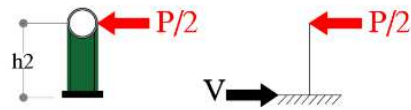


Figura 3.20: Diagrama de cuerpo libre

Fuente: Autor

$$M = \frac{P}{2} * L$$

$$M = 2272,50\text{Kg} * 0,25\text{m}$$

$$M = \underline{568,13\text{Kg.m}}$$

– **Módulo de flexión**

$$S = \frac{M}{\sigma_{max}} \quad (2.21)$$

$$S = \frac{71962,50\text{Kg.cm}}{1529,40\text{kg/cm}^2}$$

$$S = \underline{47,053\text{cm}^3}$$

Se usará un perfil W 5x16
 $52,60\text{cm}^3 > 47,053\text{cm}^3$

– **Verificación**

$$F_{trabajo} = \frac{M}{S_x} \quad (2.21)$$

$$F_{trabajo} = \frac{56812,50 \text{ Kg.cm}}{139,45\text{cm}^3}$$

$$F_{trabajo} = \underline{407,39\text{Kg/cm}^2}$$

$1518,64\text{kg/cm}^2 > 407,39\text{kg/cm}^2$
 El esfuerzo de trabajo admisible es mayor que la solicitada, **Cumple**

– **Análisis de la sección a corte**

$$V = P/2$$

$$V = \underline{2272,50\text{Kg}}$$

Esfuerzo a corte

$$fv = \frac{V}{A} \quad (2.23)$$

$$fv = \frac{2272,50\text{Kg}}{(12,73\text{cm} - (2 * 0,91)) * 0,61\text{cm}}$$

$$f_v = \underline{342,11 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$835,25 \text{ Kg/cm}^2 > 342,11 \text{ Kg/cm}^2$$

El esfuerzo a corte admisible es mayor que la solicitada, **Cumple**

Tabla 3.4: Propiedades del perfil para el poste

Características	Propiedades de la sección	
	$d=$	12,73 cm
Espesor del alma	$t_w=$	0,61 cm
Ancho del ala	$b_f=$	12,70 cm
Espesor del ala	$t_f=$	0,91 cm
Área	$A=$	30,19 cm ²
Inercia	$I_x=$	886,57 cm ⁴
	$I_y=$	312,59 cm ⁴
Modulo Resistente	$S_x=$	139,454 cm ³
	$S_y=$	49,161 cm ³
Radio de giro	$r_x=$	5,41 cm
	$r_y=$	3,23 cm
Radio de giro de la sección en compresión	$r_T=$	3,48 cm
Esfuerzo de fluencia del acero	$F_y=$	2531,06 kg/cm ²

Fuente: (INTI, 2005)

Elaborado por: Autor

3.3.1.3.3. Diseño de la placa base

– Excentricidad

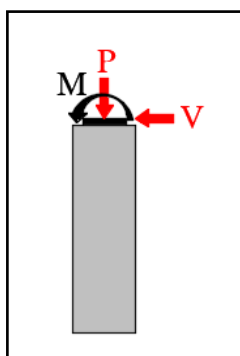


Figura 3.21: Solicitaciones de carga en la placa base

Fuente: Autor

$$P_{\text{poste}} = H * A_{\text{poste}} * \gamma_{\text{acero}}$$

$$P_{\text{valla}} = L * A_{\text{valla}} * \gamma_{\text{acero}}$$

$$P = P_{\text{poste}} + P_{\text{valla}} + P/2$$

$$P_{\text{poste}} = 0,25\text{m} * 0,00302\text{m}^2 * 7860\text{Kg/m}^3$$

$$P_{\text{poste}} = \underline{5,39\text{Kg}}$$

$$P_{\text{poste}} = 1,90\text{m} * 0,00182\text{m}^2 * 7860 \text{ Kg/m}^3$$

$$P_{\text{poste}} = \underline{27,24\text{Kg}}$$

$$P = 2305,67\text{Kg}$$

$$P/2 = 2272,50\text{Kg}$$

$$e = \frac{M}{P} \quad (2.26)$$

$$e = \frac{568,13\text{Kg.m}}{2305,67\text{Kg}}$$

$$e = \underline{0,25\text{m}}$$

$$\text{alma del poste} / 3 = \frac{0,127\text{m}}{3}$$

$$\text{alma del poste} / 3 = \underline{0,04\text{m}}$$

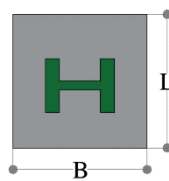
La resultante se sitúa fuera del área comprimida del poste, por lo tanto, el momento será absorbido por pernos de anclaje.

– Dimensiones de placa base

Se asumen secciones de:

$$B = 0,15\text{m}$$

$$L = 0,20\text{m}$$



El esfuerzo transmitido al elemento de apoyo debe ser menor que el esfuerzo admisible.

$$q \leq q_{\text{admisible}}$$

El esfuerzo admisible del hormigón será el 35% de $f'c$ utilizado para el tablero.

$$f'c \text{ tablero} = 240\text{Kg/cm}^2$$

$$q_{\text{admisible}} = 0,35 * 240\text{Kg/cm}^2$$

$$q_{\text{admisible}} = \underline{84 \text{ Kg/cm}^2}$$

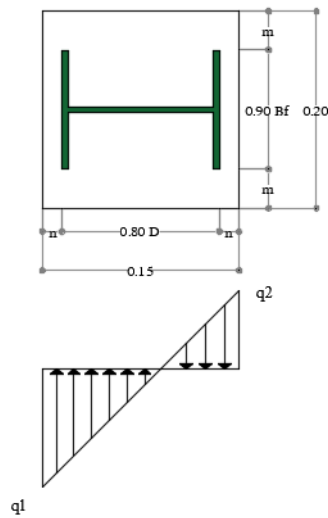


Figura 3.22: Esfuerzos en la placa base

Fuente: Autor

$$q = \frac{P}{BL} \left(1 \pm \frac{6e}{L} \right) \quad (2.25)$$

$$q = \frac{2305,67 \text{ Kg}}{0,15 \text{ m} * 0,20 \text{ m}} * \left(1 \pm \frac{6 * 0,25 \text{ m}}{0,20 \text{ m}} \right)$$

$$q_1 = 644981 \text{ Kg/m}^2 \quad \underline{64,50 \text{ Kg/cm}^2} \quad \text{Cumple}$$

$$q_2 = -491269 \text{ Kg/m}^2 \quad \underline{-49,13 \text{ Kg/cm}^2} \quad \text{Cumple}$$

Se calcula la dimensión \$n\$ por ser el sector donde el momento será crítico. (para espesor de la placa)

$$2n + 0,80D = 0,15 \text{ m}$$

$$n = \frac{0,15 \text{ m} - 0,1018 \text{ m}}{2}$$

$$n = \underline{0,0241 \text{ m}}$$

$$M_1 = \frac{qn^2}{3} \quad (2.28)$$

$$M_1 = \frac{644981 \text{ Kg/m} * (0,0242 \text{ m})^2}{3}$$

$$M_1 = \underline{125,91 \text{ Kg.m}}$$

F_b = Esfuerzo admisible de flexión del acero (*f_y*)

$$F_b = 0,60 * F_y$$

$$(2.30)$$

$$F_b = 0,60 * 2549 \text{Kg/cm}^2$$

$$F_b = 1529,40 \text{Kg/cm}^2$$

$$\underline{15294000 \text{Kg/m}^2}$$

t = Espesor de la placa

$$t = \left(\frac{6M_1}{F_b} \right)^{1/2}$$

$$(2.29)$$

$$t = \left(\frac{6 * 125,91 \text{Kg.m}}{15294000} \right)^{1/2}$$

$$t = 0,0070 \text{m} \quad \underline{7,00 \text{mm}}$$

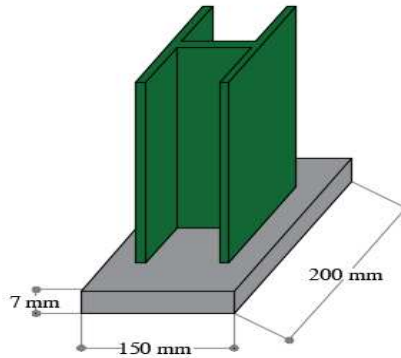


Figura 3.23: Dimensión placa base

Fuente: Autor

– Pernos de anclaje

Se colocan dos pernos de anclaje

El esfuerzo admisible de corte del perno es igual al 33% de la fluencia del perno.

$$F_{adm \text{ corte}} = 0,33 F_{perno} \quad (2.32)$$

$$F_{admisible \text{ de corte}} = 0,33 * 4079 \text{Kg/cm}^2$$

$$F_{admisible \text{ de corte}} = 1346,07 \text{Kg/cm}^2$$

$$\underline{13460700 \text{Kg/m}^2}$$

Área del perno

$$A_{perno} = \frac{V}{\#_{pernos} * F_{adm \text{ corte}}} \quad (2.31)$$

$$A_{perno} = \frac{2272,50 \text{Kg}}{2 * 1346,07 \text{Kg/cm}^2}$$

$$A_{perno} = \underline{0,84412 \text{cm}^2}$$

Se utilizará pernos de:

Diámetro (in)	½
Diámetro (cm)	1,270
Área (in²)	0,196
Área (cm²)	1,265

Comprobación;

$$F_{\text{corte}} = \frac{2272,50\text{Kg}}{2 * 1,26\text{cm}^2}$$

$$F_{\text{corte}} = 898,57\text{Kg/cm}^2$$

$$F_{\text{corte}} \leq F_{\text{admisible de corte}}$$

$$898,57 \text{ kg/cm}^2 < 1346,07 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo de corte del perno es menor que la admisible, **Cumple**

– **Longitud de anclaje**

$$\text{Doble} = 12 * d$$

$$\text{Doble} = 12 * 12,70\text{cm}$$

$$\text{Doble} = 15\text{cm}$$

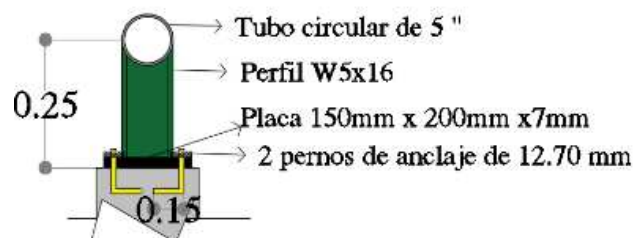


Figura 3.24: Detalle final de poste y valla para la protección lateral combinada

Fuente: Autor

3.3.1.3.4. Diseño del parapeto

Para el diseño del parapeto, en este tipo de protección se mantienen los mismos datos de los materiales empleados en las secciones anteriores.

Análisis en sentido transversal con respecto al eje longitudinal

– **Momento de diseño**

$$M = \frac{P}{2}L$$

$$M = 2272,50 \text{Kg} * 0,65 \text{m}$$

$$M = \underline{1477,13 \text{ Kg.m}}$$

– **Altura del eje neutro de la varilla a la fibra más comprimida de hormigón**

$$Mr = 1.5 Rbd^2 \quad (2.12)$$

$$147713 \text{Kg.cm} = 1,5 * 12 \text{Kg/cm}^2 * bd^2$$

$$d = \sqrt{\frac{M}{1.5 Rb}} \quad (2.13)$$

$$d = \sqrt{\frac{146613 \text{Kg.cm}}{1,5 * 12,44 \text{Kg/cm}^2 * b}}$$

Se asume una b de = 380cm, por la longitud total del parapeto

$$d = \underline{4,56 \text{cm}}$$

Se obtiene de una sección de 380cm * 20cm

– **Cálculo del acero de refuerzo**

$$As = \frac{M}{fs.j.d} \quad (2.14)$$

$$As_{min} = \frac{14}{fy} bd \quad (2.15)$$

$$As = \frac{147713 \text{Kg.cm}}{1680 \text{Kg/cm}^2 * 0,89 * 4,56 \text{cm}}$$

$$As = \underline{21,68 \text{cm}^2}$$

$$As_{min} = \frac{14}{4200 \text{Kg/cm}^2} * 380 \text{cm} * 4,56 \text{cm}$$

$$As_{min} = \underline{5,78 \text{cm}^2}$$

Se escoge el mayor de los dos, entonces

$$As = \underline{21,68 \text{cm}^2}$$

$$\text{Armadura Interior } As = \underline{21,68 \text{cm}^2}$$

$$16\Phi 14 \text{mm} = 24,63 \text{cm}^2$$

$$\text{Armadura Exterior } As/2 = \underline{10,84 \text{cm}^2}$$

$$16\Phi 10 \text{mm} = 12,57 \text{cm}^2$$

La separación es:

$$S = \frac{380 \text{cm} - 1,40 \text{cm} - 2(5 \text{cm})}{16 - 1}$$

$$S = 24,57 \text{cm} \approx \underline{20 \text{cm}}$$

- **Comprobación de esfuerzos admisibles con esfuerzos de trabajo (hormigón y acero)**

$$f_c = \frac{2M_s}{k_j b d^2} \quad (2.16)$$

$$f_s = \frac{M_s}{A_s j d} \quad (2.17)$$

$$f_c = \frac{2 * 147713 \text{Kg.cm}}{0,33 * 0,89 * 380 \text{cm} * (4,56 \text{cm})^2} = \underline{126 \text{Kg/cm}^2}$$

$$f_s = \frac{147713 \text{Kg.cm}}{24,63 \text{cm}^2 * 0,89 * 4,56 \text{cm}}$$

$$f_s = \underline{1478,50 \text{Kg/cm}^2}$$

$$\begin{aligned} f_c(\text{admi}) &\geq f_c \\ 126 \text{Kg/cm}^2 &\geq 126,00 \text{Kg/cm}^2 \\ &\text{Cumple} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_s(\text{admi}) &\geq f_s \\ 1680 \text{Kg/cm}^2 &\geq 1478,50 \text{Kg/cm}^2 \\ &\text{Cumple} \end{aligned}$$

- **Chequeo a esfuerzo de corte**

$$V = P/2 = \underline{2272,50 \text{Kg}}$$

$$v = \frac{V}{b d} \quad (2.18)$$

$$v = \frac{2272,50 \text{Kg}}{380 \text{cm} * 4,56 \text{cm}}$$

$$v = \underline{1,31 \text{Kg/cm}^2}$$

Por seguridad se asume que el esfuerzo cortante admisible del hormigón es nulo

$$v_c = \underline{0,00 \text{Kg/cm}^2}$$

- **Determinación del esfuerzo por corte**

$$s = \frac{f_s(\text{admis}) \cdot A_v}{v \cdot b} \quad (2.19)$$

Se considera para el estibo $\phi = 10 \text{mm}$ en 1 ramal con un $A_s = 0,79 \text{cm}^2$

$$s = \frac{1680 \text{Kg/cm}^2 * 0,79 \text{cm}^2}{1,31 \text{Kg/cm}^2 * 380 \text{cm}}$$

$$s = 2,65 \text{cm} \approx \underline{10 \text{cm}}$$

Por lo tanto, el parapeto en sentido transversal queda de la siguiente manera:

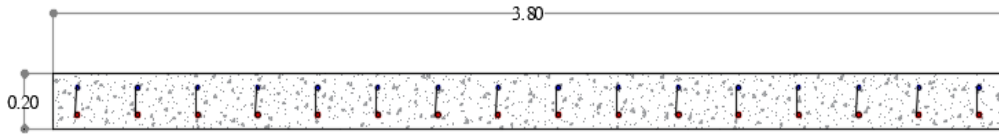


Figura 3.25: Armado del parapeto, análisis en sentido transversal (vista en planta)

Fuente: Autor

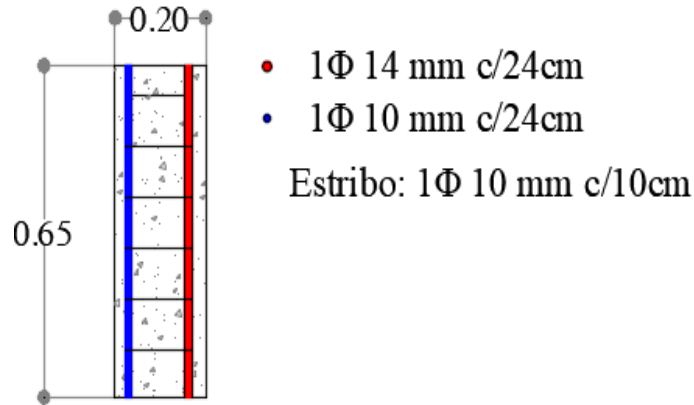


Figura 3.26: Armado del parapeto, análisis en sentido transversal (vista frontal)

Fuente: Autor

Análisis en sentido longitudinal con respecto al eje transversal

– **Momento de diseño**

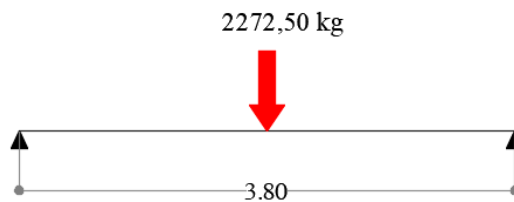


Figura 3.27: Diagrama de cuerpo libre en el sentido longitudinal

Fuente: Autor

$$M = \frac{PL}{4}$$

$$P = 2272,50 \text{Kg}$$

$$M = \frac{2272,50 \text{Kg} * 3,80 \text{m}}{4}$$

$$M = \underline{\underline{2158,88 \text{Kg.m}}}$$

– **Altura del eje neutro de la varilla a la fibra más comprimida de hormigón**

$$Mr = 1.5 Rbd^2 \quad (2.12)$$

$$215888\text{Kg.cm} = 1,5 * 12\text{Kg/cm}^2 * bd^2$$

$$d = \sqrt{\frac{M}{1.5 Rb}} \quad (2.13)$$

$$d = \sqrt{\frac{215888\text{Kg.cm}}{1,5 * 12,44\text{Kg/cm}^2 * b}}$$

Se asume una b de = 65m, por la altura total del parapeto

$$d = \underline{13,34\text{cm}}$$

Se elige el valor de d mayor del análisis de los dos sentidos.

$$4,36\text{cm} < 13,34\text{cm}$$

Por lo tanto, se tiene un valor:

$$d = \underline{13,34\text{cm}}$$

– **Cálculo del acero de refuerzo**

$$As = \frac{M}{fs.j.d} \quad (2.14)$$

$$As = \frac{215888\text{Kg.cm}}{1680\text{Kg/cm}^2 * 0,89 * 13,34\text{cm}}$$

$$As = \underline{10,84\text{cm}^2}$$

$$As_{min} = \frac{14}{fy}bd \quad (2.15)$$

$$As_{min} = \frac{14}{4200\text{Kg/cm}^2} * 65\text{cm} * 13,34\text{cm}$$

$$As_{min} = \underline{2,89\text{cm}^2}$$

Se escoge el mayor de los dos, entonces

$$As = \underline{10,84\text{cm}^2}$$

$$\text{Armadura Interior } As = \underline{10,84\text{cm}^2}$$

$$6\Phi 16\text{mm} = 12,06\text{cm}^2$$

$$\text{Armadura Exterior } As/2 = \underline{5,42\text{cm}^2}$$

$$6\Phi 12\text{mm} = 6,79\text{cm}^2$$

La separación es:

$$S = \frac{65\text{cm} - 1,60\text{cm} - 2(5\text{cm})}{6 - 1}$$

$$S = 10,68\text{cm} \approx \underline{10\text{cm}}$$

– Longitud de anclaje de varilla

Doble= 12*d

Doble= 12* 14mm

Doble= 17cm

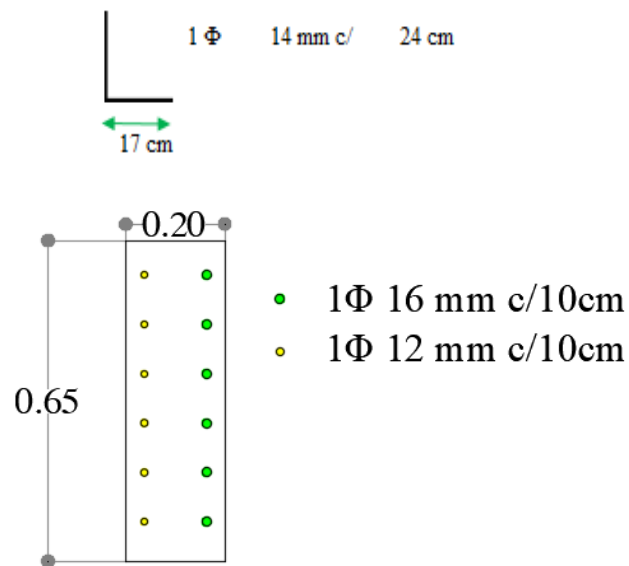


Figura 3.28: Armado del parapeto, análisis en sentido longitudinal (vista frontal)

Fuente: Autor

3.3.1.3.5. Diseño del bordillo

– Momento de diseño

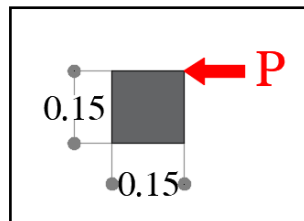


Figura 3.29: Dimensiones y sollicitación de carga en bordillo

Fuente: Autor

$$M = PL$$

$$P = 745\text{Kg}$$

$$M = 745,00\text{Kg} * 0,15\text{m}$$

$$M = \underline{111,75\text{Kg.m}}$$

– **Cálculo del acero de refuerzo**

$$A_s = \frac{M}{f_s \cdot j \cdot d} \quad (2.14)$$

$$A_s = \frac{11175 \text{Kg} \cdot \text{cm}}{1680 \text{Kg}/\text{cm}^2 * 0,89 * 12 \text{cm}}$$

$$A_s = \underline{0,04 \text{cm}^2}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} b d \quad (2.15)$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{4200 \text{Kg}/\text{cm}^2} * 100 \text{cm} * 12 \text{cm}$$

$$A_{s_{min}} = \underline{4,00 \text{cm}^2}$$

Se escoge el mayor de los dos, entonces

$$A_s = \underline{4,00 \text{cm}^2}$$

$$4\Phi 12 \text{mm} = 4,52 \text{cm}^2$$

$$1\Phi 12 \text{mm } c/10 \text{cm}$$

– **Chequeo a esfuerzo de corte**

$$v = \frac{V}{b d} \quad (2.18)$$

$$V = 745 \text{Kg}$$

$$v = \frac{745 \text{Kg}}{15 \text{cm} * 12 \text{cm}}$$

$$v = \underline{4,14 \text{Kg}/\text{cm}^2}$$

Por seguridad se asume que el esfuerzo cortante admisible del hormigón es nulo

$$v_c = \underline{0,00 \text{Kg}/\text{cm}^2}$$

– **Determinación del esfuerzo por corte**

$$s = \frac{f_s(\text{admis}) \cdot A_v}{v \cdot b} \quad (2.19)$$

Se considera para el estibo $\phi = 10 \text{mm}$ en 1 ramal con un $A_s = 0,79 \text{cm}^2$

$$s = \frac{1680 \text{Kg}/\text{cm}^2 * 0,79 \text{cm}^2}{4,14 \text{Kg}/\text{cm}^2 * 15 \text{cm}}$$

$$s = 21,25 \text{cm} \approx \underline{20 \text{cm}}$$

Por lo tanto, el bordillo queda de la siguiente manera:

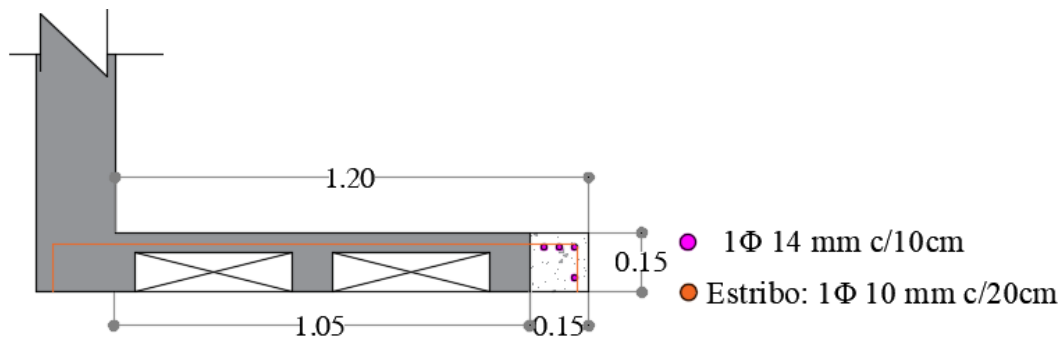


Figura 3.30: Armado del bordillo

Fuente: Autor

3.3.1.3.6. Diseño de acera

– Análisis por carga peatonal

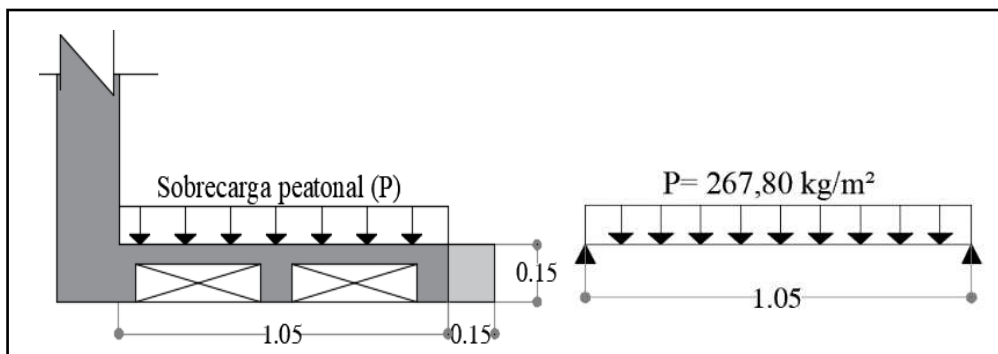


Figura 3.31: Diagrama por carga peatonal

Fuente: Autor

$$P = \left(145 + \frac{4470}{L}\right) \left(\frac{16.75 - W}{15.25}\right) \quad (2.3)$$

Donde;

$$L = 38\text{m y } W = 3,10\text{m}$$

$$P = \left(145 + \frac{4470}{38\text{m}}\right) \left(\frac{16.75 - 1,20\text{m}}{15.25}\right)$$

$$P = \underline{267,80 \text{ kg/m}^2}$$

Momento

$$M = \frac{235,08\text{Kg/m}^2 * (1,05\text{m})^2}{12} * 1\text{m}$$

$$M = \underline{24,60\text{Kg.m}}$$

– **Análisis por carga accidental de rueda de camión**

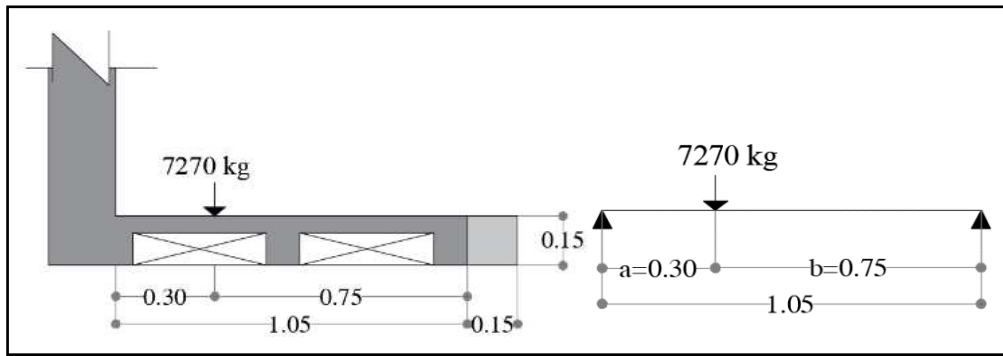


Figura 3.32: Diagrama por carga accidental de rueda de camión

Fuente: Autor

$$M_I = \frac{Pa^2b}{L^2}$$

$$M_D = \frac{Pab^2}{L^2}$$

$$M_I = \frac{7270\text{Kg} * (0,30\text{m})^2 * 0,75\text{m}}{(1,05\text{m})^2}$$

$$M_D = \frac{7270\text{Kg} * 0,30\text{m} * (0,75\text{m})^2}{(1,05\text{m})^2}$$

$$M_I = 445,10\text{Kg.m}$$

$$M_D = 1112,76\text{Kg.m}$$

El momento de diseño será el mayor de los tres, es decir:

$$M \text{ (diseño)} = \underline{1112,76\text{Kg.m}}$$

– **Altura del eje neutro de la varilla a la fibra más comprimida de hormigón**

$$M_r = 1.5 Rbd^2 \tag{2.12}$$

$$1112,76\text{Kg.cm} = 1,5 * 12\text{Kg/cm}^2 * bd^2$$

$$d = \sqrt{\frac{M}{1.5 Rb}} \tag{2.13}$$

$$d = \sqrt{\frac{111276\text{Kg.cm}}{1,5 * 12,44\text{Kg/cm}^2 * b}}$$

Se asume una b de = 100cm

$$d = \underline{7,72\text{cm}}$$

La altura de la acera propuesta de 5 cm no satisface, por lo que la acera no tendrá aliviamiento, es decir será completamente de hormigón.

– **Cálculo del acero de refuerzo**

$$A_s = \frac{M}{f_s \cdot j \cdot d} \quad (2.14)$$

$$A_s = \frac{111276 \text{Kg} \cdot \text{cm}}{1680 \text{Kg/cm}^2 \cdot 0,89 \cdot 7,72 \text{cm}}$$

$$A_s = \underline{9,65 \text{cm}^2}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14}{f_y} b d \quad (2.15)$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14}{4200 \text{Kg/cm}^2} \cdot 100 \text{cm} \cdot 7,72 \text{cm}$$

$$A_{s_{\min}} = \underline{2,57 \text{cm}^2}$$

Se escoge el mayor de los dos, entonces

$$A_s = \underline{9,65 \text{cm}^2}$$

Se usará 1Φ10mm = 0,79cm²

1Φ10mm c/20cm

– **Chequeo a esfuerzo de corte**

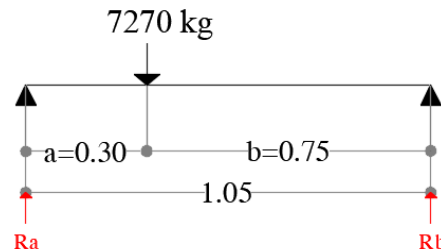


Figura 3.33: Diagrama de cuerpo libre

Fuente: Autor

$$R_I = P \frac{b^2}{L^2} \left(3 - 2 \frac{b}{L} \right)$$

$$R_D = P \frac{a^2}{L^2} \left(3 - 2 \frac{a}{L} \right)$$

$$R_I = 7279 \text{kg} \frac{(0,30 \text{m})^2}{(1,05 \text{m})^2} \left(3 - 2 \frac{0,75 \text{m}}{1,05 \text{m}} \right)$$

$$R_D = 7279 \text{kg} \frac{(0,75 \text{m})^2}{(1,05 \text{m})^2} \left(3 - 2 \frac{0,30 \text{m}}{1,05 \text{m}} \right)$$

$$R_I = 932,59 \text{Kg}$$

$$R_D = 9008,02 \text{Kg}$$

El cortante será el mayor de los dos, es decir:

$$V = \underline{9008,02 \text{Kg}}$$

$$v = \frac{V}{bd} \quad (2.18)$$

$$v = \frac{9008,02 \text{Kg}}{100 \text{cm} * 7,72 \text{cm}}$$

$$v = \underline{11,67 \text{Kg/cm}^2}$$

Por seguridad se asume que el esfuerzo cortante admisible del hormigón es nulo

$$v_c = \underline{0,00 \text{Kg/cm}^2}$$

– **Determinación del esfuerzo por corte**

$$s = \frac{f_s(\text{admis}) \cdot A_v}{v \cdot b} \quad (2.19)$$

Se considera para el estribo $\phi = 12 \text{mm}$ en 1 ramal con un $A_s = 1,13 \text{cm}^2$

$$s = \frac{1680 \text{Kg/cm}^2 * 1,13 \text{cm}^2}{11,67 \text{Kg/cm}^2 * 100 \text{cm}}$$

$$s = 4,07 \text{cm} \approx \underline{10 \text{cm}}$$

El refuerzo a corte será de:

Estribo $1\phi 12 \text{mm c}/10 \text{cm}$

Por lo tanto, la acera queda de la siguiente manera:

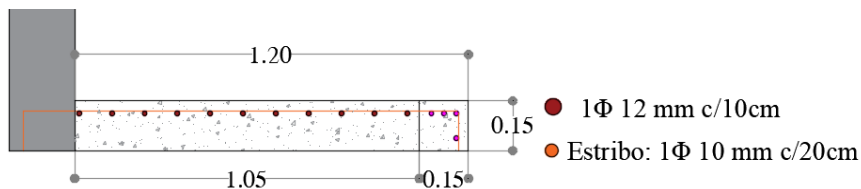


Figura 3.34: Armado de la acera

Fuente: Autor

La protección lateral combinada finalmente es la siguiente:

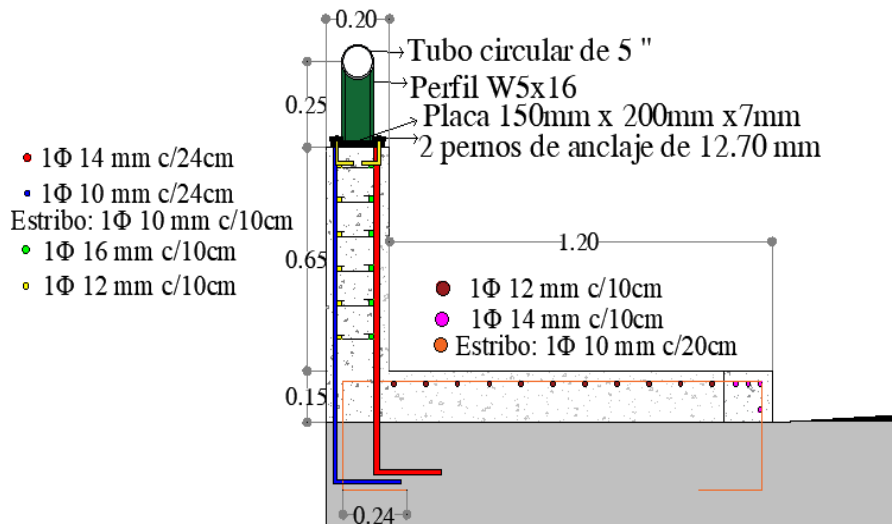


Figura 3.35: Diseño final de la protección lateral combinada

Fuente: Autor

3.4. Diseño de protecciones laterales por la AASHTO LRFD

Para el diseño y análisis de las protecciones por el método de la AASHTO LRFD se tomarán datos de partida de acuerdo a los resultados de la AASHTO STANDARD y en caso de no cumplir algún requerimiento se modificarán conservando la misma altura. Por otra parte, entre los datos del material se tiene:

Resistencia del hormigón	$F'c=$	210Kg/cm ²
Límite de fluencia	$Fy=$	4200Kg/cm ²
Peso volumétrico del hormigón	$\gamma_{hormigón}=$	2400Kg/m ³

Además, se considera para los tres tipos de protecciones en análisis un nivel de ensayo para las barandas de TL-4 con las siguientes propiedades:

Transversal Ft (Kg)	24000
Longitudinal FL (Kg)	8000
Vertical descendente	
FV (Kg)	8000
Ft y LL (m)	1,07
Lv (m)	5,50
He (min) (m)	0,81
Mínima altura del riel H (m)	0,81

3.4.1.1. Protección lateral de hormigón (poste y viga)

Datos Protección Lateral

H protección	$H=$	0,90m
Longitud del tramo	$L=$	10,00m
Separación de postes	$Sp=$	2,00m
Separación de vigas	$Hn=$	0,45m

Bordillo

Base	$b=$	0,20m
Altura	$h=$	0,25m

Secciones

	N° vallas	2
	$s=$	-
Valla	$C=$	0,25m
	$b=$	0,20m
	$h=$	0,20m
Poste	$b=$	0,25m
	$h=$	0,30m

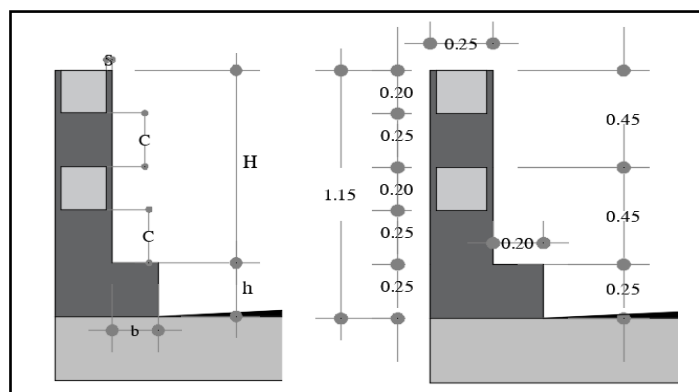


Figura 3.36: Dimensiones de la protección lateral poste – viga, corte transversal

Fuente: Autor

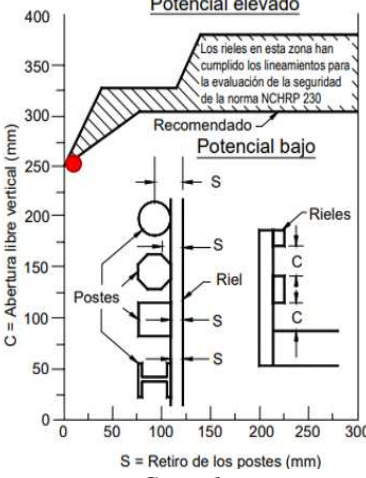
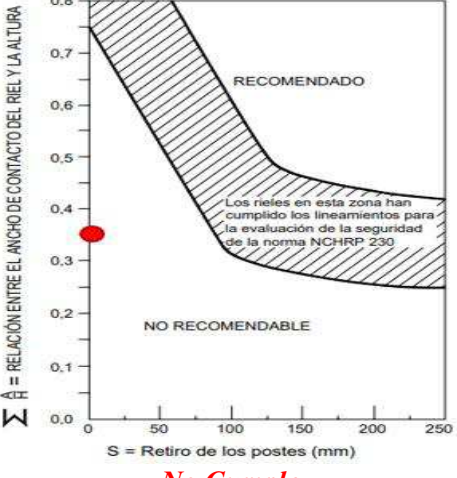
Cargas de Diseño

Factor de resistencia	$\Phi=$	1
Carga viva de bordillo	$P=$	760Kg

Resultados de la protección con los valores obtenidos en la AASHTO STANDARD

Tabla 3.5: Condiciones para protecciones laterales aliviadas de hormigón armado

El ancho total de la valla o las vallas vehiculares en contacto con el vehículo ΣA , no debe ser menor que el 25% de la altura	En el caso de las protecciones con postes, la abertura libre vertical C y el retiro de los postes S, debe estar dentro o por debajo del área sombreada que se indica.	Para las protecciones con postes, la combinación de $\Sigma A/H$ y el retiro de los postes S, debe estar dentro o por encima del área sombreada.
--	---	--

de la protección lateral.		
$\Sigma A \geq 0.25H$ $0,40m \geq 0,23m$ Cumple	 <p style="text-align: center;">Cumple</p>	 <p style="text-align: center;">No Cumple</p>
Resistencia de la protección.	La fuerza nominal V_n en la interfase.	Se tiene que chequear si V_n es mayor que la fuerza de corte producida por la colisión del vehículo con la protección VCT
$R \geq F_t$ $14202,05Kg \leq 24000Kg$ No Cumple	$K_1 \cdot f_y \cdot A_{cv} \geq V_n$ $630000Kg \geq 39492,72Kg$ Cumple $K_2 \cdot A_{cv} \geq V_n$ $42000Kg \geq 39492,72Kg$ Cumple	$V_n \geq V_{CT}$ $39492,76Kg \geq 119,18Kg$ Cumple

Fuente: Autor

Como la protección lateral no cumplió con algunos requerimientos, se fue necesario iterar algunas características hasta cumplir con los requerimientos obteniendo:

Secciones		
	Nº vallas	2
	s=	0,10m
Valla	C=	0,25m
	b=	0,20m
	h=	0,20m
Poste	b=	0,25m
	h=	0,30m

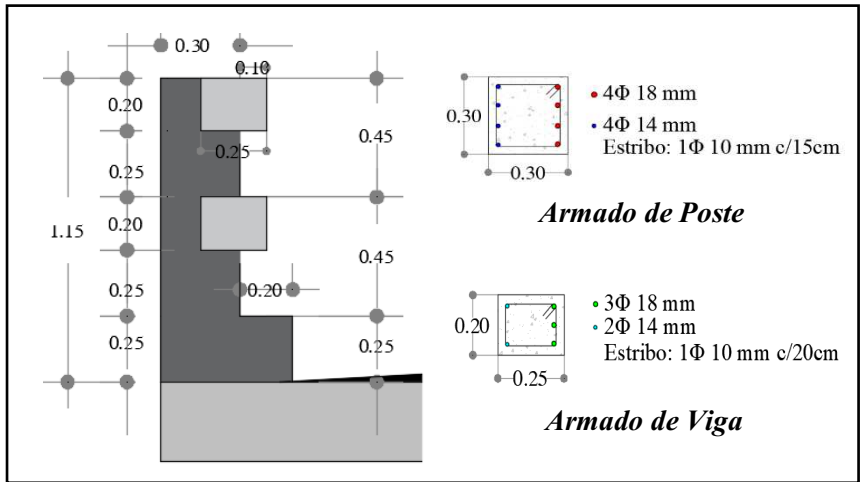


Figura 3.37: Dimensiones de la protección lateral poste – viga, corte transversal

Fuente: Autor

Para determinar estas dimensiones se tiene en consideración los siguientes requisitos basados en las Especificaciones AASHTO LRFD. Se verifica las tres condiciones siguientes para la protección lateral aliviada de hormigón armado.

1. El ancho total de la valla o las vallas vehiculares, en contacto con el vehículo ΣA , no debe ser menor que el 25% de la altura de la protección lateral.

$$\Sigma A = 2 * 0,25 \text{ m}$$

$$\Sigma A = 0,50 \text{ m}$$

$$0,25H = 0,25 * 0,90 \text{ m}$$

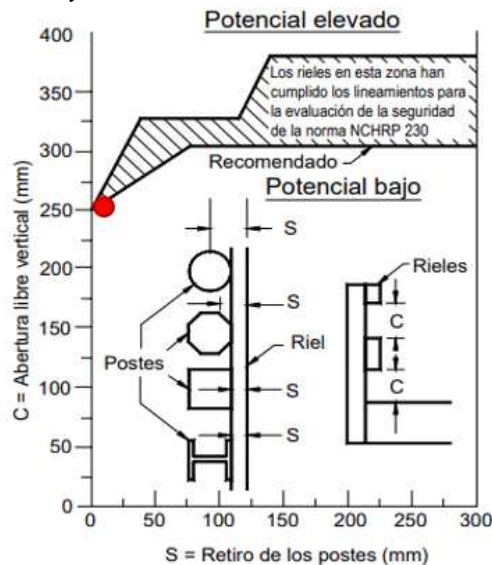
$$0,25H = 0,23 \text{ m}$$

$$\Sigma A \geq 0,25 H$$

$$0,50\text{m} \geq 0,23\text{m}$$

Cumple

2. En el caso de las protecciones con postes, la abertura libre vertical C , y el retiro de los postes S debe estar dentro o por debajo del área sombreada que se indica en la respectiva figura 3.38 con $C = 250\text{mm}$ y $s = 100\text{mm}$



Cumple

Figura 3.38: Potencial de impacto de las ruedas, para golpes o capó contra los postes

Fuente: (LRFD, 2017)

3. En el caso de las protecciones con postes, la combinación de $\Sigma A/H$ y el retiro de los postes S debe estar dentro o por encima del área sombreada en la respectiva figura, con $s = 100\text{mm}$

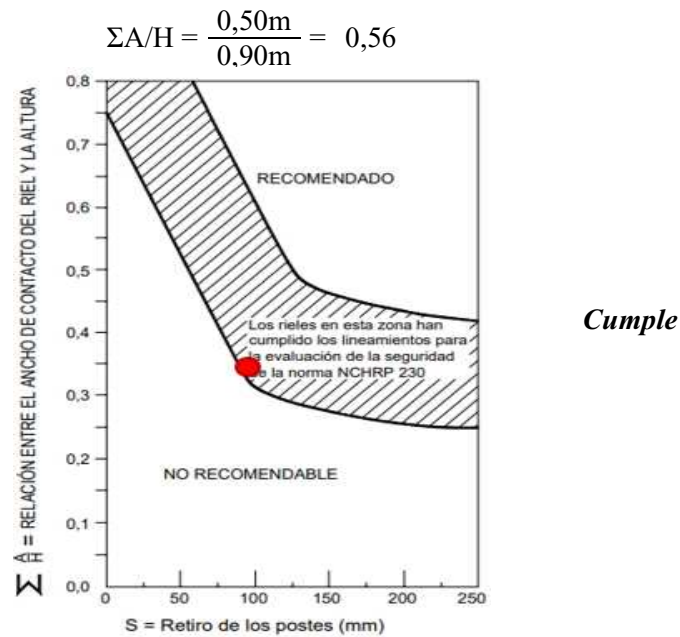


Figura 3.39: Criterios para determinar el retiro de los postes

Fuente: (LRFD, 2017)

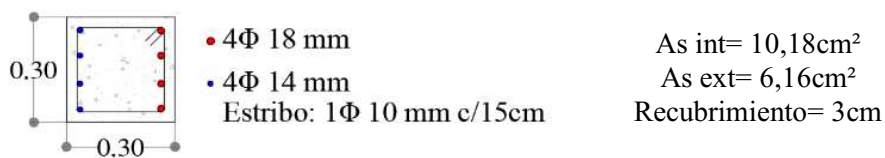
4. la altura de la protección debe ser mayor o igual a la altura H_e de nivel de servicio T14

$$\bar{Y} \geq H_e$$

$$0,90\text{m} > 0,81\text{m}$$

Cumple

3.4.1.1.1. Dimensiones y armado del poste



– Momento resistente del poste

Para el As^+ , se tiene:

$$As^+ = 4\Phi 18\text{mm}$$

$$As^+ = 10,18\text{cm}^2$$

Por medio del acero de refuerzo, se procedió a calcular la altura equivalente a la zona comprimida y la distancia del centro de gravedad del acero de refuerzo a la fibra más comprimida del hormigón para luego determinar el momento nominal.

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * h} \quad (2.38)$$

$$\Phi Mn^+ = \Phi * As * fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.37)$$

$$a = \frac{10,18 \text{cm}^2 * 4200 \text{Kg/cm}^2}{0,85 * 210 \text{Kg/cm}^2 * 30 \text{cm}}$$

$$\Phi Mn^+ = 1 * 10,18 * 4200 \text{Kg/cm}^2 \left(25,1 \text{cm} - \frac{7,98 \text{cm}}{2} \right)$$

$$a = \underline{7,98 \text{cm}}$$

$$\Phi Mn^+ = \underline{9022397,81 \text{Kg.cm}}$$

$$d^+ = 30 \text{cm} - 3 \text{cm} - 1 \text{cm} - \frac{1,8 \text{cm}}{2}$$

$$d^+ = \underline{25,10 \text{cm}}$$

Para el As^- , se tiene:

$$As^- = 4\Phi 14 \text{mm}$$

$$As^- = 6,16 \text{cm}^2$$

De la misma manera, se realiza el procedimiento para el momento nominal negativo por medio del acero de refuerzo.

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * h} \quad (2.38)$$

$$\Phi Mn^- = \Phi * As * fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.37)$$

$$a = \frac{6,16 \text{cm}^2 * 4200 \text{Kg/cm}^2}{0,85 * 210 \text{Kg/cm}^2 * 30 \text{cm}}$$

$$\Phi Mn^- = 1 * 6,16 * 4200 \text{Kg/cm}^2 \left(25,30 \text{cm} - \frac{4,83 \text{cm}}{2} \right)$$

$$a = \underline{4,83 \text{cm}}$$

$$\Phi Mn^- = \underline{591849,89 \text{Kg.cm}}$$

$$d^- = 30 \text{cm} - 3 \text{cm} - 1 \text{cm} - \frac{1,4 \text{cm}}{2}$$

$$d^- = \underline{25,30 \text{cm}}$$

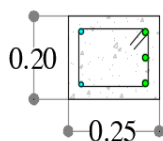
– **Momento resistente final del poste**

$$Mn = \frac{Mn^+ + Mn^-}{2}$$

$$\Phi Mn = \frac{902397,81 \text{Kg.cm} + 591849,89 \text{Kg.cm}}{2}$$

$$\Phi Mn = \underline{747123,85 \text{Kg.cm}}$$

3.4.1.1.2. Dimensiones y armado de la viga



- 3Φ 18 mm
- 2Φ 14 mm
- Estribo: 1Φ 10 mm c/20cm

- As int= 7,63cm²
- As ext= 3,08cm²
- Recubrimiento= 3cm

– **Momento resistente de la viga**

Para el As^+ , se tiene:

$$As^+ = 3\Phi 18\text{mm}$$

$$As^+ = 7,63\text{cm}^2$$

En este caso se realiza el mismo procedimiento efectuado en el poste, hallando el momento nominal de la viga por medio del acero de refuerzo.

$$a = \frac{As * fy}{0,85 * f'c * h} \quad (2.38)$$

$$\Phi Mn^+ = \Phi * As * fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.37)$$

$$a = \frac{7,63\text{cm}^2 * 4200\text{Kg/cm}^2}{0,85 * 210\text{Kg/cm}^2 * 20\text{cm}}$$

$$a = \underline{8,98\text{cm}}$$

$$\Phi Mn^+ = 1 * 7,63 * 4200\text{Kg/cm}^2 \left(20,10\text{cm} - \frac{8,98\text{cm}}{2} \right)$$

$$\Phi Mn^+ = \underline{500484,72\text{Kg.cm}}$$

$$d^+ = 25\text{cm} - 3\text{cm} - 1\text{cm} - \frac{1,8\text{cm}}{2}$$

$$d^+ = \underline{20,10\text{cm}}$$

Para el As^- , se tiene:

$$As^- = 2\Phi 14\text{mm}$$

$$As^- = 3,08\text{cm}^2$$

Entonces, el momento negativo es:

$$a = \frac{As * fy}{0,85 * f'c * h} \quad (2.38)$$

$$\Phi Mn^- = \Phi * As * fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.37)$$

$$a = \frac{3,08\text{cm}^2 * 4200\text{Kg/cm}^2}{0,85 * 210\text{Kg/cm}^2 * 20\text{cm}}$$

$$a = \underline{3,62\text{cm}}$$

$$\Phi Mn^- = 1 * 3,08 * 4200\text{Kg/cm}^2 \left(20,30\text{cm} - \frac{3,62\text{cm}}{2} \right)$$

$$\Phi Mn^- = \underline{239077,01\text{Kg.cm}}$$

$$d^- = 25\text{cm} - 3\text{cm} - 1\text{cm} - \frac{1,4\text{cm}}{2}$$

$$d^- = \underline{20,30\text{cm}}$$

– **Momento resistente final de la viga**

$$Mn = \frac{Mn^+ + Mn^-}{2}$$

$$\Phi Mn = \frac{500484,72\text{Kg.cm} + 239077,01\text{Kg.cm}}{2}$$

$$\Phi Mn = \underline{369780,87\text{Kg.cm}}$$

Para el chequeo de los modos de falla, se fija con los valores de los momentos la resistencia de la protección a la fuerza transversal de choque, por medio de:

$$P_p = \frac{\Phi M n_{poste}}{H_e} \quad (3.1)$$

Donde:

P_p = Resistencia ultima de la carga transversal de un único poste ubicada a una altura Y_{cg} por encima del tablero.

$$P_p = \frac{747123,85 \text{Kg.cm}}{81,00 \text{cm}}$$

$$P_p = \underline{9223,75 \text{Kg}}$$

Entonces, se procede a evaluar los tres posibles modos de falla a continuación:

Primer Modo

$$R = \frac{16M_p}{2NL - L_t} \quad (2.73)$$

$$M_p = 2\Phi M n_{valla} \quad (3.2)$$

$$M_p = 2 * 369780,87 \text{Kg.cm}$$

$$M_p = \underline{739561,74 \text{Kg.cm}}$$

$$R = \frac{16 * 739561,74 \text{Kg.cm}}{(2 * 1 * 200 \text{cm}) - 107 \text{cm}}$$

$$R = \underline{27722,93 \text{Kg}}$$

Segundo Modo

$$R = \frac{16M_p + N^2 P_p L}{2NL - L_t} \quad (2.73)$$

$$R = \frac{(16 * 739561,74 \text{Kg.cm}) + ((2,00)^2 * 9223,75 \text{Kg} * 200 \text{cm})}{(2 * 2 * 200,00 \text{cm}) - 107 \text{cm}}$$

$$R = \underline{40385,62 \text{Kg}}$$

Tercer Modo

$$R = \frac{16M_p + (N + 1)(N - 1)P_p L}{2NL - L_t} \quad (2.73)$$

$$R = \frac{(16 * 739561,74 \text{Kg.cm}) + ((3 + 1) * (3 - 1) * 9223,75 \text{Kg} * 200 \text{cm})}{(2 * 3 * 200,00 \text{cm}) - 107 \text{cm}}$$

$$R = \underline{24328,44\text{Kg}}$$

De las resistencias obtenidas se toma el menor valor, para con ello determinar la resistencia final de la protección y por consiguiente verificar que se cumplan las restricciones establecidas para las protecciones vehiculares de comportamiento TL-4.

$$R \geq F_t$$

$$24328,44 \text{ Kg} \geq 24000 \text{ Kg}$$

Cumple

3.4.1.1.3. Transferencia de corte entre poste y tablero

La carga R debe ser transferida a través de una junta (fría) por esfuerzo cortante de fricción la sección donde actúa V_{CT} , como se muestra en la *figura 3.40*.

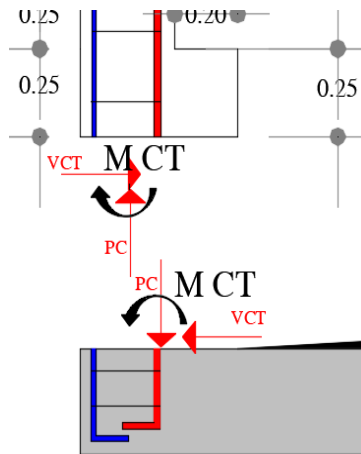


Figura 3.40: Análisis de transferencia de corte entre poste y tablero

Fuente: Autor

$$T = V_{CT} = \frac{P_P}{W_b + D} \quad (2.39)$$

$$T = V_{ct} = \frac{9223,75\text{Kg}}{30\text{cm} + 27\text{cm}}$$

$$T = V_{ct} = \underline{161,82\text{Kg}}$$

La fuerza nominal V_n en la interface es:

$$V_n = c \cdot A_{cv} + \mu \cdot (A_{vf} \cdot f_y + P_c) \quad (2.40)$$

Donde;

$$c = 5\text{Kg/cm}^2$$

$$\mu = 0,6$$

$$K_1 = 0,2$$

$$K_2 = 56 \text{Kg/cm}^2$$

$$A_{cv} = 30 \text{cm} * 30 \text{cm}$$

$$A_{cv} = \underline{900 \text{cm}^2}$$

$$A_{vf} = 10,18 \text{cm}^2 + 6,16 \text{cm}^2$$

$$A_{vf} = \underline{16,34 \text{cm}^2}$$

$$pb = \gamma_h \cdot V \quad (3.3)$$

$$pb = 2400 \text{Kg/m}^3 * ((2 * 2,00 \text{m} * 0,25 \text{m} * 0,20 \text{m}) + (1,15 \text{m} * 0,30 \text{m} * 0,30 \text{m}))$$

$$pb = pc = \underline{728,40 \text{Kg}}$$

Entonces se tiene:

$$Vn = (5,00 \text{Kg/cm}^2 * 900,0 \text{cm}^2) + (0,60 * ((16,34 \text{cm}^2 * 4200 \text{Kg/cm}^2) + 728,40 \text{Kg}))$$

$$Vn = \underline{46104,47 \text{Kg}}$$

Obtenido la fuerza nominal se hace el chequeo de las siguientes condiciones:

$$Vn \leq \begin{cases} K_1 \cdot f'c \cdot A_{cv} \\ K_2 \cdot A_{cv} \end{cases}$$

$$Vn \leq K_1 \cdot fy \cdot A_{cv} \quad Vn \leq K_2 \cdot A_{cv}$$

$$K_1 \cdot fy \cdot A_{cv} = 0,20 * 4200 \text{Kg/cm}^2 * 900 \text{cm}^2 \quad K_2 \cdot A_{cv} = 56 \text{Kg/cm}^2 * 900 \text{cm}^2$$

$$= 756000 \text{Kg} \quad = 50400 \text{kg}$$

Cumple **Cumple**

$$Vn \geq V_{CT}$$

$$46104,47 \text{Kg} \geq 161,82 \text{Kg}$$

Cumple

Por consiguiente, se establece si la sección de la varilla de anclaje del poste con el tablero es suficiente para resistir las solicitaciones de anclaje. Teniendo un total de área de varillas en el poste de:

$$A_{vf} = 16,34 \text{cm}^2$$

Por lo tanto, es importante verificar la separación respectiva, de tal forma que se cumpla el requisito del A_v mínimo necesario, mediante lo siguiente:

$$A_{vf} \geq A_{v \text{ min}} = \frac{0,35 \cdot b_v \cdot s}{fy} \quad (2.42)$$

$$A_{v \min} = \frac{0,35 * 30,00\text{cm} * 15,00\text{cm}}{4200\text{Kg}/\text{cm}^2}$$

$$A_{v \min} = \underline{0,038\text{cm}^2}$$

$$16,34\text{cm}^2 \geq 0,038\text{cm}^2$$

Cumple

Finalmente se obtuvo;

$$1\Phi 18\text{mm } c/15\text{cm}$$

– Longitud de desarrollo de la varilla (ldh)

Es necesario verificar la longitud de anclaje de la varilla, de la siguiente manera:

$$I_{dh} = \frac{b * \Phi}{\sqrt{f_y}}$$

$$I_{dh} = \frac{100 * 1,80\text{cm}}{\sqrt{4200 \text{ kg}/\text{cm}^2}}$$

$$I_{dh} = \underline{27,77\text{cm}}$$

$$I_{dh} \geq \begin{cases} 8\Phi \\ 15 \text{ cm} \end{cases}$$

$$27,77\text{cm} \geq 14,40\text{cm}$$

Cumple

$$27,77\text{cm} \geq 15,00\text{cm}$$

Cumple

Factores de modificación de longitud de anclaje

$$F1 = 0,70$$

$$F2 = 1$$

$$I_{dh} = 27,77\text{cm} * 0,70 * 1$$

$$I_{dh} = \underline{19,44\text{cm}}$$

$$t - r = 30\text{cm} - 5\text{cm}$$

$$t - r = \underline{25\text{cm}}$$

Se verifica que el espesor de la losa del voladizo del tablero es $t = 300\text{mm}$ y el recubrimiento $r = 50\text{mm}$, la longitud de desarrollo sea menor que la disponible de conformidad con la geometría del elemento:

$$I_{hb} \leq t - r$$

$$19,44\text{cm} \leq 25,00\text{cm}$$

Cumple

3.4.1.1.4. Diseño del bordillo

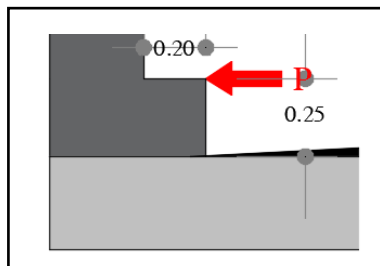


Figura 3.41: Dimensiones de bordillo y solicitación de carga

Fuente: Autor

La carga a la que está sometida el bordillo es una carga viva de 760Kg ubicada en la parte superior del bordillo, como se muestra en la *figura 3.41*. Por lo tanto, el factor de carga es 1.7, en este caso el momento al que está sometido el bordillo es:

$$M_u = 1,70 * 760\text{Kg} * 25\text{cm}$$

$$M_u = \underline{32300\text{Kg.cm}}$$

Se determina la cuantía balanceada de refuerzo:

Tabla 3.6: Factor de equivalencia para la compresión

$f'c$ kg/cm ²	β_1
≤ 280	0,85
350	0,8
420	0,7

Fuente: (LRFD, 2017)

$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'c}{f_y} \left(\frac{6000}{f_y + 6000} \right) \quad (2.45)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 * 0.85 * 210 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2} \left(\frac{6000}{4200\text{kg/cm}^2 + 6000} \right)$$

$$\rho_b = \underline{0,02125}$$

Se opta por un diseño dúctil:

$$\rho = 0.75 \rho_b \quad (2.46)$$

$$\rho = 0,75 * 0,02125$$

$$\rho = \underline{0,01594}$$

Índice de refuerzo:

$$\omega = \frac{\rho f_y}{f'c} \quad (2.47)$$

$$\omega = \frac{0,01594 * 4200\text{Kg/cm}^2}{210\text{Kg/cm}^2}$$

$$\omega = \underline{0,31875}$$

Coefficientes determinados para hallar con ellos la resistencia R_u , de la siguiente forma:

$$R_u = \omega f'c (1 - 0,59\omega) \quad (2.48)$$

$$R_u = 0,31875 * 210\text{Kg/cm}^2 * (1 - (0,59 * 0,3188))$$

$$R_u = \underline{54,35\text{Kg/cm}^2}$$

– Determinación de la altura efectiva de la sección

$$d = \sqrt{\frac{Mu}{\Phi \cdot Ru \cdot b}} \quad (2.50)$$

$$d = \sqrt{\frac{32300 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}{0,90 \cdot 54,35 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 100\text{cm}}}$$

$$d = \underline{2,57\text{cm}}$$

– **Acero de refuerzo**

$$As = \rho b d \quad (2.51)$$

$$As = 0,01594 \cdot 100\text{cm} \cdot 2,57\text{cm}$$

$$As = \underline{4,10\text{cm}^2}$$

$$As_{min} = \frac{14}{fy} b d$$

$$(2.52)$$

$$As_{min} = \frac{14}{4200 \text{ kg/cm}^2} \cdot 100 \text{ cm} \cdot 2,57 \text{ cm}$$

$$As_{min} = \underline{0,86\text{cm}^2}$$

Se escoge el mayor de los dos, por lo tanto;

$$As = 4,10\text{cm}^2$$

Se usará $1\Phi 10\text{mm} = 0,79\text{cm}^2$

$1\Phi 10\text{mm c}/15\text{cm}$

– **Análisis del bordillo a esfuerzo cortante**

$$Vn = \frac{Vu}{\Phi_v} \quad (2.53)$$

$$Vu = 1,70 \cdot 760\text{Kg}$$

$$Vu = \underline{1292\text{Kg}}$$

$$\Phi_v = \underline{0,85}$$

$$Vn = \frac{1292\text{Kg}}{0,85}$$

$$Vn = \underline{1520\text{Kg}}$$

Posteriormente, se verifican los cortantes:

$$Vc = 0.53 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad (2.54)$$

$$Vc = 0.53 \cdot 1 \cdot \sqrt{210\text{Kg/cm}^2} \cdot 100\text{cm} \cdot 2,57\text{cm}$$

$$Vc = \underline{1973,65\text{Kg}}$$

$$V_c \geq V_n$$

$$1973,65\text{Kg} \geq 1520\text{Kg}$$

Cumple

En este caso colocamos refuerzo mínimo por corte:

$$s = \frac{A_{v_{min}} f_y}{0,2 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b} \quad (2.55)$$

Se usará $1\Phi 10\text{mm} = 0,79\text{cm}^2$

$$s = \frac{0,79\text{cm}^2 \cdot 4200\text{Kg/cm}^2}{0,2 \cdot \sqrt{210\text{Kg/cm}^2} \cdot 100\text{cm}} = 11,38\text{cm}$$

$1\Phi 10\text{mm c}/10\text{cm}$

La protección lateral poste y valla queda de la siguiente manera:

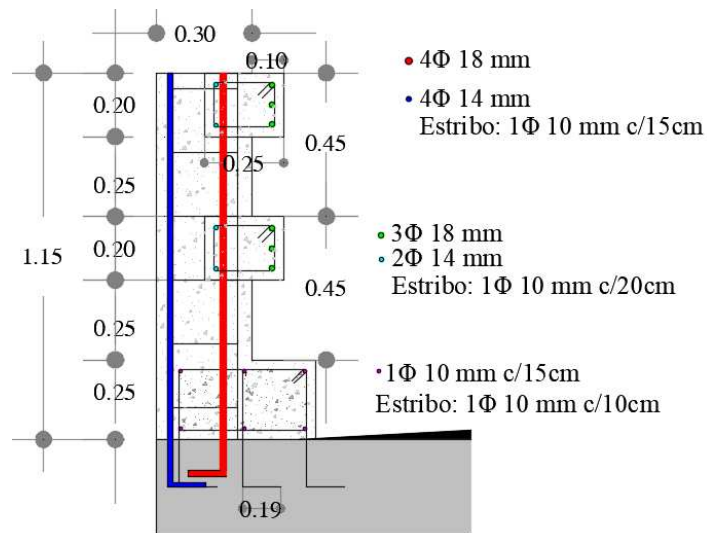


Figura 3.42: Diseño final de la protección lateral de hormigón armado (poste - viga)

Fuente: Autor

3.4.1.2. Protección lateral de hormigón (maciza)

Datos Protección Lateral

	H=	0,85m
H protección	h1=	0,10m
	h2=	0,75m
	B=	0,20m
B Protección	b1=	0,10m

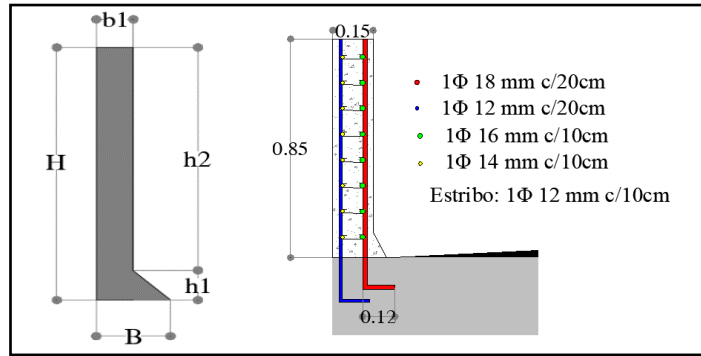


Figura 3.43: Dimensiones y armado inicial propuesto para la protección lateral maciza

Fuente: Autor

Resultados de la protección con los valores obtenidos en la AASHTO STANDARD

Tabla 3.7: Condiciones para protecciones laterales alivianadas de hormigón armado

Resistencia de la protección.	La fuerza nominal V_n en la interfase.	Se tiene que chequear si V_n es mayor que la fuerza de corte producida por la colisión del vehículo con la protección VCT
$R \geq F_t$ $73920,30\text{Kg} \geq 24000\text{Kg}$ Cumple	$K_1 \cdot f_y \cdot A_{cv} \geq V_n$ $16800\text{Kg} \geq 885,26\text{Kg}$ Cumple $K_2 \cdot A_{cv} \geq V_n$ $1120\text{Kg} \geq 885,26\text{Kg}$ Cumple	$V_n \geq V_{CT}$ $885,26\text{Kg} \geq 138\text{Kg}$ Cumple

Fuente: Autor

Como se observa, las condiciones establecidas por la norma para este tipo de protecciones cumplen de manera satisfactoria, sin embargo, se modificaron algunos datos para tener menos acero de refuerzo, comprobando igualmente que estos cumplan con dichos requisitos, quedando la protección de la siguiente manera:

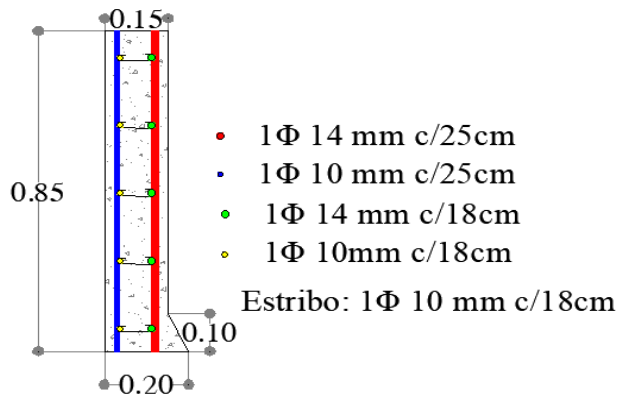


Figura 3.44: Armado en sentido longitudinal y transversal de la protección lateral de hormigón armado (maciza)

Fuente: Autor

3.4.1.2.1. Análisis en sentido longitudinal (Mw)

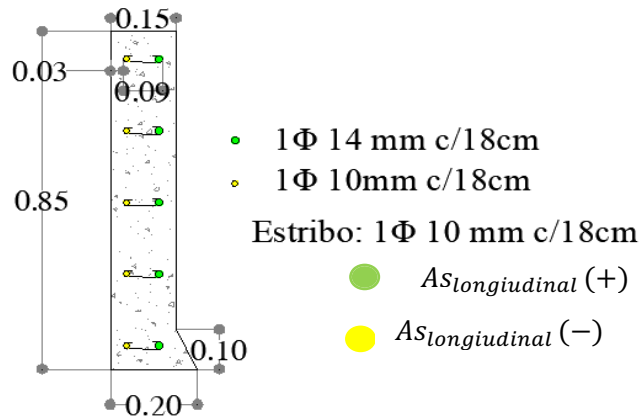


Figura 3.45: Armado de la protección de hormigón armado (maciza), sentido longitudinal

Fuente: Autor

Para el As^+ , se tiene:

$$As^+ = 5\Phi 14\text{mm}$$

$$As^+ = 7,70\text{cm}^2$$

$$a = \frac{As * fy}{0,85 * f'c * h} \quad (2.38)$$

$$\Phi Mn^+ = \Phi * As * fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.37)$$

$$a = \frac{7,70\text{cm}^2 * 4200\text{Kg/cm}^2}{0,85 * 210\text{Kg/cm}^2 * 85\text{cm}}$$

$$\Phi Mn^+ = 1 * 7,70 * 4200\text{Kg/cm}^2 \left(12\text{cm} - \frac{2,13\text{cm}}{2} \right)$$

$$a = \underline{2,13\text{cm}}$$

$$\Phi Mn^+ = \underline{353485,43\text{Kg.cm}}$$

$$d^+ = \underline{12,00\text{cm}}$$

Para el As^- , se tiene:

$$As^- = 5\Phi 10\text{mm}$$

$$As^- = 3,93\text{cm}^2$$

$$a = \frac{As * fy}{0,85 * f'c * h} \quad (2.38)$$

$$\Phi Mn^- = \Phi * As * fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.37)$$

$$a = \frac{3,93\text{cm}^2 * 4200\text{Kg/cm}^2}{0,85 * 210\text{Kg/cm}^2 * 85\text{cm}}$$

$$\Phi Mn^- = 1 * 3,93 * 4200\text{Kg/cm}^2 \left(12\text{cm} - \frac{1,09\text{cm}}{2} \right)$$

$$a = \underline{1,09\text{cm}}$$

$$\Phi Mn^- = \underline{188955,73\text{Kg.cm}}$$

$$d^- = \underline{12,00\text{cm}}$$

– **Momento resistente final del parapeto**

El momento nominal del parapeto en sentido longitudinal es la suma de los momentos tanto negativo como positivo, por lo que se tiene un momento de:

$$\Phi M_n = M_w = \underline{542441,16 \text{Kg.cm}}$$

3.4.1.2.2. Análisis en sentido transversal (Mc)

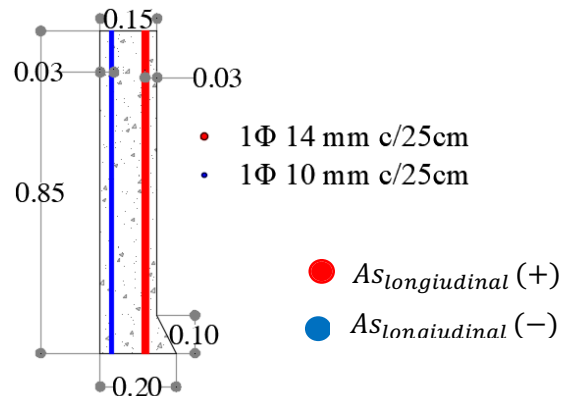


Figura 3.46: Armado de la protección de hormigón armado (maciza), sentido transversal

Fuente: Autor

Para el As^+ , se tiene:

$$\begin{aligned} As^+ &= 1\Phi 14\text{mm} & As^+ &= 1,54\text{cm}^2 \\ & 1\Phi 14\text{mm c/25cm} & & 0,062\text{cm}^2/\text{cm} \end{aligned}$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * h} \quad (2.38) \qquad \Phi Mn^+ = \Phi * As * fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.37)$$

$$a = \frac{0,062\text{cm}^2/\text{cm} * 4200\text{Kg/cm}^2}{0,85 * 210\text{Kg/cm}^2 * 1\text{cm}} \qquad \Phi Mn^+ = 1 * 0,062 * 4200\text{Kg/cm}^2 \left(11,3\text{cm} - \frac{1,45\text{cm}}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} a &= \underline{1,45\text{cm}} & \Phi Mn^+ &= \underline{2735,01\text{Kg.cm}} \\ d^+ &= \underline{11,30\text{cm}} \end{aligned}$$

Para el As^- , se tiene:

$$\begin{aligned} As^- &= 1\Phi 10\text{mm} & As^- &= 0,79\text{cm}^2 \\ & 1\Phi 10\text{mm c/25cm} & & 0,0031\text{cm}^2/\text{cm} \end{aligned}$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * h} \quad (2.38) \qquad \Phi Mn^- = \Phi * As * fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.37)$$

$$a = \frac{0,031 \text{ cm}^2/\text{cm} * 4200 \text{ Kg}/\text{cm}^2}{0,85 * 210 \text{ Kg}/\text{cm}^2 * 1 \text{ cm}} \quad \Phi M_n^- = 1 * 0,031 * 4200 \text{ Kg}/\text{cm}^2 \left(11,5 \text{ cm} - \frac{0,74 \text{ cm}}{2} \right)$$

$$a = \underline{0,74 \text{ cm}} \quad \Phi M_n^- = \underline{1468,62 \text{ Kg.cm}}$$

$$d = \underline{11,50 \text{ cm}}$$

– **Momento resistente final del parapeto**

El momento nominal del parapeto en sentido transversal es la suma de los momentos tanto negativo como positivo, por lo que se tiene un momento de:

$$\Phi M_n = M_w = \underline{4203,64 \text{ Kg.cm}}$$

3.4.1.2.3. Resistencia de la protección

– **Longitud crítica del patrón por líneas de fluencia (Lc):**

$$L_c = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2 + \frac{8H(M_b + M_w)}{M_c}} \quad (2.69)$$

$$L_t = \underline{107 \text{ cm}}$$

$M_b = 0 =$ Porque no existe viga en la parte superior del parapeto

$$L_c = \frac{107 \text{ cm}}{2} + \sqrt{\left(\frac{107 \text{ cm}}{2}\right)^2 + \frac{(8 * 85 \text{ cm})(0 + 542441,16 \text{ Kg.cm})}{4203,64 \text{ Kg.cm/cm}}}$$

$$L_c = \underline{354,52 \text{ cm}}$$

– **Resistencia de la protección a la carga transversal (Rw):**

$$R_w = \left(\frac{2}{2L_c - L_t}\right) * \left(8M_b + 8M_w + \frac{M_c L_c^2}{H}\right) \quad (2.68)$$

$$R_w = \left(\frac{2}{(2 * 354,53 \text{ cm}) - 107 \text{ cm}}\right) * \left((8 * 0) + (8 * 542441,16 \text{ Kg.cm}) + \frac{4295,40 \text{ Kg.cm/cm} * (354,52)^2}{85 \text{ cm}}\right)$$

$$R_w = \underline{35064,77 \text{ Kg}}$$

En la comprobación, la resistencia de la protección R_w debe ser mayor a la fuerza F_t de la tabla de nivel de ensayo para TL-4, por lo cual se obtiene que:

$$R_w \geq F_t$$

$$35064,77 \text{ Kg} \geq 24000 \text{ Kg}$$

Cumple

3.4.1.2.4. Transferencia de corte entre el parapeto y tablero:

La carga R_w debe ser transferida a través de una junta (fría) por esfuerzo cortante de fricción la sección donde actúa V_{CT} , como se muestra en la *figura 3.47*.

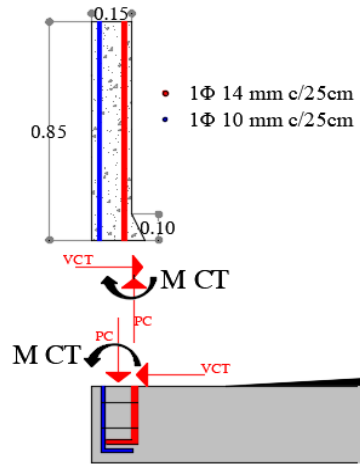


Figura 3.47: Análisis de transferencia de corte entre parapeto y tablero

Fuente: Autor

$$T = V_{CT} = \frac{R_w}{L_c + 2H} \quad (2.39)$$

$$T = V_{ct} = \frac{35064,77\text{Kg}}{351,39\text{cm} + (2 * 85\text{cm})}$$

$$T = V_{ct} = \underline{66,85\text{Kg}}$$

La fuerza nominal V_n en la interfase es:

$$V_n = c \cdot A_{cv} + \mu \cdot (A_{vf} \cdot f_y + P_c) \quad (2.40)$$

Donde;

$$c = 5\text{Kg/cm}^2$$

$$\mu = 0,6$$

$$K_1 = 0,2$$

$$K_2 = 56\text{Kg/cm}^2$$

$$A_{cv} = 20\text{cm} * 1\text{cm}$$

$$A_{cv} = \underline{20\text{cm}^2}$$

$$A_{vf} = \underline{0,062\text{cm}^2/\text{cm}}$$

$$pb = \gamma_h \cdot V \quad (3.3)$$

$$pb = 2400\text{Kg/m}^3 * 0,145\text{m}^3$$

$$pb = pc = \underline{348\text{Kg}}$$

Entonces se tiene:

$$V_n = (5,00 \text{Kg/cm}^2 * 20 \text{cm}^2) + (0,60 * ((0,062 \text{cm}^2/\text{cm} * 4200 \text{Kg/cm}^2) + 348 \text{Kg}))$$

$$V_n = \underline{463,97 \text{Kg}}$$

Obtenido la fuerza nominal se hace el chequeo de las siguientes condiciones:

$$V_n \leq \begin{cases} K_1 \cdot f'c \cdot A_{cv} \\ K_2 \cdot A_{cv} \end{cases}$$

$$\begin{array}{l} V_n \leq K_1 \cdot f_y \cdot A_{cv} \\ K_1 \cdot f_y \cdot A_{cv} = 0,20 * 4200 \text{Kg/cm}^2 * 20 \text{cm}^2 \\ \quad = 16800 \text{Kg} \\ \quad \quad \quad \text{Cumple} \end{array} \quad \begin{array}{l} V_n \leq K_2 \cdot A_{cv} \\ K_2 \cdot A_{cv} = 56 \text{Kg/cm}^2 * 20 \text{cm}^2 \\ \quad = 1120 \text{kg} \\ \quad \quad \quad \text{Cumple} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} V_n \geq V_{CT} \\ 463,97 \text{Kg} \geq 66,85 \text{Kg} \\ \quad \quad \quad \text{Cumple} \end{array}$$

Como en la protección poste - viga, se determina si la sección de la varilla de anclaje del parapeto con el tablero es suficiente para resistir las solicitaciones de anclaje. Las varillas del parapeto tienen un área total:

$$A_{vf} = 1,54 \text{cm}^2$$

Es necesario comprobar la separación respectiva, de tal forma que se cumpla el requisito del A_v mínimo.

$$A_{vf} \geq A_{v \min} = \frac{0,35 \cdot b_v \cdot s}{f_y} \quad (2.42)$$

$$A_{v \min} = \frac{0,35 * 20,00 \text{cm} * 25,00 \text{cm}}{4200 \text{Kg/cm}^2}$$

$$A_{v \min} = \underline{0,042 \text{cm}^2}$$

$$1,54 \text{cm}^2 \geq 0,042 \text{cm}^2$$

Cumple

Finalmente se obtuvo;

$$1 \Phi 14 \text{mm } c/25 \text{cm}$$

– **Longitud de desarrollo de la varilla (ldh)**

Sobre la longitud de anclaje, se tiene la siguiente revisión:

$$I_{dh} = \frac{b * \Phi}{\sqrt{fy}}$$

$$I_{dh} = \frac{100 * 1,40cm}{\sqrt{4200 kg/cm^2}}$$

$$I_{dh} = \underline{21,60cm}$$

$$I_{dh} \geq \begin{cases} 8\Phi \\ 15 cm \end{cases}$$

$$21,60cm \geq 11,20cm$$

Cumple

$$21,60cm \geq 15,00cm$$

Cumple

Factores de modificación de longitud de anclaje

$$F1 = 0,70$$

$$F2 = 1$$

$$I_{dh} = 21,60cm * 0,70 * 1$$

$$I_{dh} = \underline{15,12cm}$$

$$t-r = 30cm - 5cm$$

$$t-r = \underline{25cm}$$

Se verifica que el espesor de la losa del voladizo del tablero es $t=300mm$ y el recubrimiento $r=50mm$, la longitud de desarrollo sea menor que la disponible de conformidad con la geometría del elemento:

$$I_{hb} \leq t - r$$

$$15,12cm \leq 25,00cm$$

Cumple

La protección lateral maciza queda de la siguiente manera:

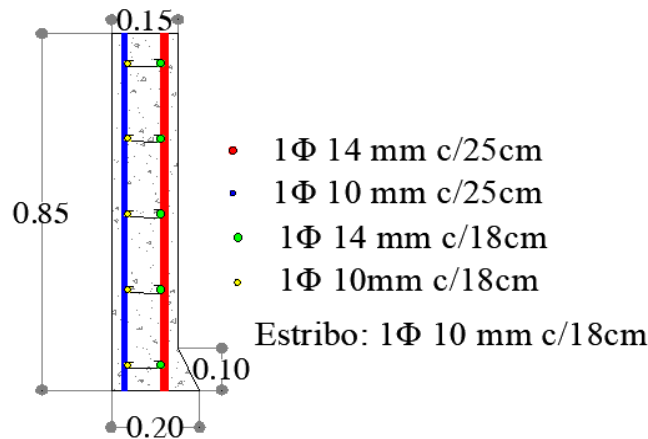


Figura 3.48: Diseño final de la protección lateral de hormigón armado (maciza)

Fuente: Autor

3.4.1.3. Protección lateral combinada

	Datos Acero A36	
Límite de fluencia	$F_y =$	250MPA 2549Kg/cm ²
Límite de rotura	$F_u =$	410MPA 4181Kg/cm ²
Densidad del acero	$\gamma_{acero} =$	7860Kg/m ³
Fluencia de perno	$F_{perno} =$	400MPA 4079Kg/cm ²

	Luz del Puente	
	L=	38,00m
	Datos Protección Lateral	
H protección	H=	0,90m
	h1=	0,65m
	B=	0,20m
Longitud de la protección	L=	3,80m
	Detalle del Poste	
Separación de postes	Sp=	1,90m
Altura del perfil tipo H	h2=	0,25m
	Acera	
Ancho	a=	1,20m
	Bordillo	
Base	b=	0,15m
Altura	h=	0,15m
	Tablero	
Espesor	t=	0,30m
	Cargas de Diseño	
Carga viva de bordillo	P=	745Kg
Carga para acera	P =	267,80Kg/m ²
Carga accidental de rueda de camión para acera	P=	7270Kg

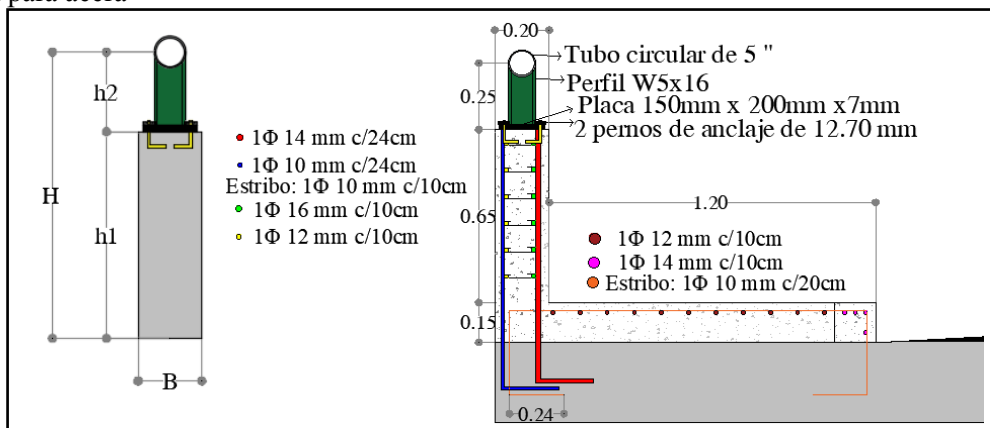


Figura 3.49: Dimensiones y armado inicial propuesto para la protección lateral

Fuente: Autor

Resultados de la protección con los valores obtenidos en la AASHTO STANDARD

Tabla 3.8: Condiciones para protecciones laterales combinadas

Resistencia del parapeto.	Resistencia de todo el conjunto de la protección lateral combinada.	La fuerza nominal V_n en la interfase.	Se tiene que chequear si V_n es mayor que la fuerza de corte producida por la colisión del vehículo con la protección V_{CT} .
---------------------------	---	--	--

$R \geq F_t$ $114413,50\text{Kg} \geq 24000\text{Kg}$ Cumple	$R \geq F_t$ $119172,85 \text{ Kg} \geq 24000 \text{ Kg}$ Cumple	$K_1 \cdot f_y \cdot A_{cv} \geq V_n$ $16800\text{Kg} \geq 675,12\text{Kg}$ Cumple $K_2 \cdot A_{cv} \geq V_n$ $1120\text{Kg} \geq 675,12\text{Kg}$ Cumple	$V_n \geq V_{CT}$ $675,12\text{Kg} \geq 337\text{Kg}$ Cumple
---	---	---	---

Fuente: Autor

De manera similar, que en la protección de hormigón armado (maciza) las condiciones para la protección combinada satisfacen, no obstante, se modificaron los aceros de refuerzo con el fin de obtener menos. Sin dejar de un lado sus respectivas comprobaciones.

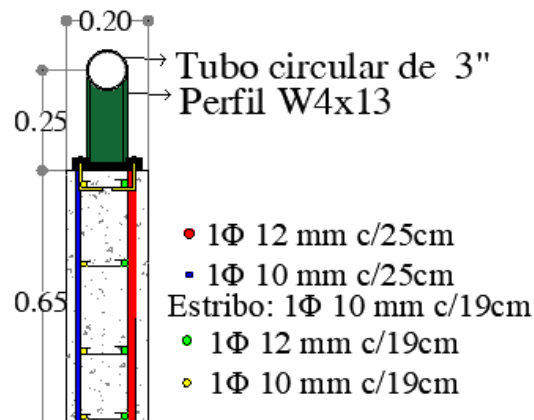


Figura 3.50: Diseño de la protección lateral combinada

Fuente: Autor

Se indica que la norma LRFD, tiene especificaciones propias para el diseño de la acera y bordillo.

3.4.1.3.1. Análisis en sentido longitudinal (Mw) del parapeto

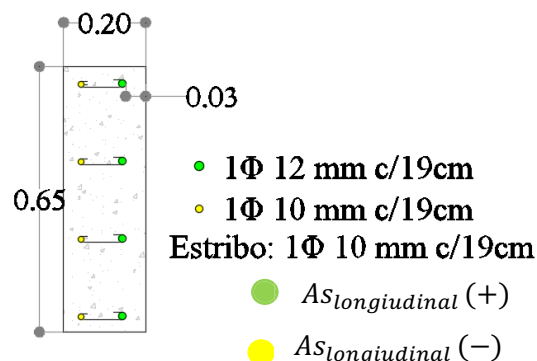


Figura 3.51: Armado del parapeto, sentido longitudinal

Fuente: Autor

Para el As^+ , se tiene:

$$A_s^+ = 4\Phi 12\text{mm}$$

$$A_s^+ = 4,52\text{cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f'_c * h} \quad (2.38)$$

$$\Phi M_n^+ = \Phi * A_s * f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.37)$$

$$a = \frac{4,52\text{cm}^2 * 4200\text{Kg/cm}^2}{0,85 * 210\text{Kg/cm}^2 * 65\text{cm}}$$

$$\Phi M_n^+ = 1 * 4,52 * 4200\text{Kg/cm}^2 \left(17\text{cm} - \frac{1,64\text{cm}}{2} \right)$$

$$a = \underline{1,64\text{cm}}$$

$$\Phi M_n^+ = \underline{307448,42\text{Kg.cm}}$$

$$d^+ = \underline{17,00\text{cm}}$$

Para el A_s^- , se tiene:

$$A_s^- = 4\Phi 10\text{mm}$$

$$A_s^- = 3,14\text{cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f'_c * h} \quad (2.38)$$

$$\Phi M_n^- = \Phi * A_s * f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.37)$$

$$a = \frac{3,14\text{cm}^2 * 4200\text{Kg/cm}^2}{0,85 * 210\text{Kg/cm}^2 * 65\text{cm}}$$

$$\Phi M_n^- = 1 * 3,14 * 4200\text{Kg/cm}^2 \left(17\text{cm} - \frac{1,14\text{cm}}{2} \right)$$

$$a = \underline{1,14\text{cm}}$$

$$\Phi M_n^- = \underline{216807,03\text{Kg.cm}}$$

$$d^- = \underline{17,00\text{cm}}$$

– Momento resistente final del parapeto

El momento nominal del parapeto en sentido longitudinal es la suma de los momentos tanto negativo como positivo, por lo que se tiene un momento de:

$$\Phi M_n = M_w = \underline{524255,45\text{Kg.cm}}$$

3.4.1.3.2. Análisis en sentido transversal (M_c) del parapeto

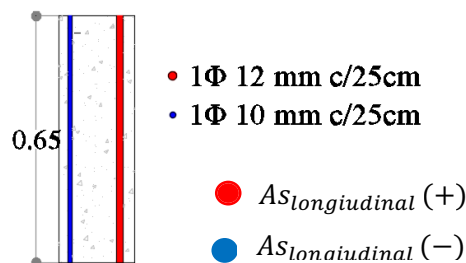


Figura 3.52: Armado del parapeto, sentido transversal

Fuente: Autor

Para el A_s^+ , se tiene:

$$A_s^+ = 1\Phi 12\text{mm} \quad A_s^+ = 1,13\text{cm}^2$$

$$1\Phi 12\text{mm c}/25\text{cm} \quad 0,045\text{cm}^2/\text{cm}$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f'_c * h} \quad \Phi M_n^+ = \Phi * A_s * f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.37)$$

$$a = \frac{0,045\text{cm}^2/\text{cm} * 4200\text{Kg}/\text{cm}^2}{0,85 * 210\text{Kg}/\text{cm}^2 * 1\text{cm}} \quad \Phi M_n^+ = 1 * 0,045 * 4200\text{Kg}/\text{cm}^2 \left(16,4\text{cm} - \frac{1,06\text{cm}}{2} \right)$$

$$a = \underline{1,06\text{cm}} \quad \Phi M_n^+ = \underline{3014,93\text{Kg}\cdot\text{cm}}$$

$$d^+ = \underline{16,40\text{cm}}$$

Para el A_s^- , se tiene:

$$A_s^+ = 1\Phi 10\text{mm} \quad A_s^+ = 0,79\text{cm}^2$$

$$1\Phi 10\text{mm c}/25\text{cm} \quad 0,031\text{cm}^2/\text{cm}$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f'_c * h} \quad \Phi M_n^- = \Phi * A_s * f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.37)$$

$$a = \frac{0,031\text{cm}^2 * 4200\text{Kg}/\text{cm}^2}{0,85 * 210\text{Kg}/\text{cm}^2 * 1\text{cm}} \quad \Phi M_n^- = 1 * 0,031 * 4200\text{Kg}/\text{cm}^2 \left(16,5\text{cm} - \frac{0,74\text{cm}}{2} \right)$$

$$a = \underline{0,74\text{cm}} \quad \Phi M_n^- = \underline{2128,36\text{Kg}\cdot\text{cm}}$$

$$d^- = \underline{16,50\text{cm}}$$

– Momento resistente final del parapeto

El momento nominal del parapeto en sentido transversal es la suma de los momentos tanto negativo como positivo, por lo que se tiene un momento de:

$$\Phi M_n = M_w = \underline{5143,29\text{Kg}\cdot\text{cm}}$$

3.4.1.3.3. Resistencia del parapeto

– Longitud crítica del patrón por líneas de fluencia (L_c):

$$L_c = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2 + \frac{8H(M_b + M_w)}{M_c}} \quad (2.69)$$

$$L_t = \underline{107\text{cm}}$$

$$M_b = \underline{0} = \underline{\text{Porque no existe viga en la parte superior del parapeto}}$$

$$L_c = \frac{107\text{cm}}{2} + \sqrt{\left(\frac{107\text{cm}}{2}\right)^2 + \frac{(8 * 65\text{cm})(0 + 524255,45\text{Kgcm})}{5143,29\text{Kg. cm/cm}}}$$

$$L_c = \underline{289,86\text{cm}}$$

– Resistencia de la protección a la carga transversal (R_w):

$$R_w = \left(\frac{2}{2L_c - L_t}\right) * \left(8M_b + 8M_w + \frac{M_c L_c^2}{H}\right) \quad (2.68)$$

$$R_w = \left(\frac{2}{(2 * 289,86\text{cm}) - 107\text{cm}}\right) * \left((8 * 0) + (8 * 524255,45\text{Kg. cm}) + \frac{5143,29\text{Kg. cm/cm} * (289,86)^2}{65\text{cm}}\right)$$

$$R_w = \underline{45871,75\text{Kg}}$$

En la comprobación, de la resistencia R_w con respecto a la fuerza F_t se tiene:

$$R_w \geq F_t$$

$$45871,75\text{Kg} \geq 24000\text{Kg}$$

Cumple

3.4.1.3.4. Resistencia de todo el conjunto de la protección lateral combinada

– Momento del poste

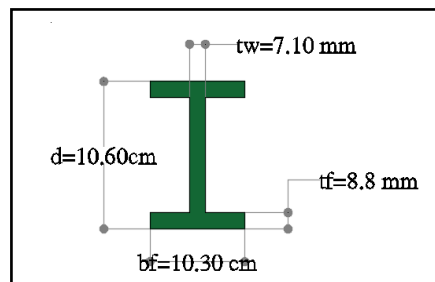


Figura 3.53: Dimensiones del perfil (W4x13)

Fuente: (INTI, 2005)

Elaborado por: Autor

Tabla 3.9: Propiedades del perfil (W4x13) para el poste

Características	Propiedades de la sección	
	Propiedad	Valor
	$d=$	10,60cm
Espesor del alma	$t_w=$	0,71cm
Ancho del ala	$b_f=$	10,30cm
Espesor del ala	$t_f=$	0,88cm
Área	$A=$	24,71cm ²
Inercia	$I_x=$	470,00cm ⁴
	$I_y=$	161,00cm ⁴
Modulo Resistente	$S_x=$	89,50cm ³
	$S_y=$	31,10cm ³
Radio de giro	$r_x=$	4,37cm
	$r_y=$	2,54cm
Esfuerzo de fluencia del acero	$F_y=$	2531,06Kg/cm ²

Fuente: (INTI, 2005)

$$Mn = Fy * Sx \quad (2.56)$$

$$Mn = 2531,0 \text{Kg/cm}^2 * 89,50 \text{cm}^3$$

$$Mn = \underline{226529,87 \text{Kg.cm}}$$

$$\phi Mn \text{ poste} = 0,90 * 226529,87 \text{Kg.cm}$$

$$\phi Mn \text{ poste} = \underline{203876,88 \text{Kg.cm}}$$

– **Momento de la valla vehicular**

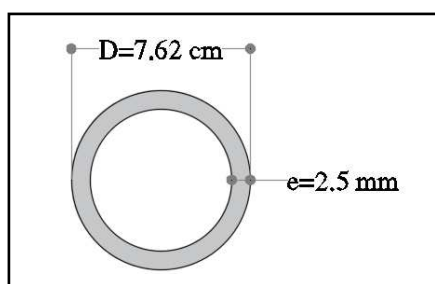


Figura 3.54: Dimensiones del perfil (W4x13)

Fuente: (INTI, 2005)

Elaborado por: Autor

Tabla 3.10: Propiedades del perfil metálico para la valla

<i>Propiedades</i>	<i>Características</i>	
Diámetro	<i>Externo</i>	7,62cm
	<i>Interno</i>	7,12cm
Espesor	<i>e=</i>	0,25cm
Área	<i>A=</i>	5,79cm ²
Inercia	<i>I=</i>	39,35cm ⁴
Modulo Resistente	<i>S=</i>	10,330cm ³
Radio de giro	<i>r=</i>	2,61cm
Esfuerzo de fluencia del acero	<i>Fy=</i>	2531,06Kg/cm ²

Fuente: (INTI, 2005)

$$Mn = Fy * Sx \quad (2.56)$$

$$Mn = 2531,0 \text{Kg/cm}^2 * 10,33 \text{cm}^3$$

$$Mn = \underline{26145,85 \text{Kg.cm}}$$

$$\phi Mn \text{ valla} = 0,90 * 26145,85 \text{Kg.cm}$$

$$\phi Mn \text{ valla} = \underline{23531,26 \text{Kg.cm}}$$

Se determina la resistencia de la carga transversal de un poste, para poder chequear los posibles modos de falla.

$$P_p = \frac{\Phi M n_{poste}}{H_e} \quad (3.1)$$

Donde;

$$H_e = 0,81m$$

La separación de poste = 1,90m

$$L_t = 1,07m$$

$$P_p = \frac{23531,26Kg.cm}{81,00cm}$$

$$P_p = \underline{290,51Kg}$$

Entonces, se procede a evaluar los tres posibles modos de falla a continuación:

Primer Modo

$$R = \frac{16M_p}{2NL - L_t} \quad (2.73)$$

$$R = \frac{16 * 23531,26Kg.cm}{(2 * 1 * 190cm) - 107cm}$$

$$R = \underline{1379,12Kg}$$

Segundo Modo

$$R = \frac{16M_p + N^2 P_p L}{2NL - L_t} \quad (2.73)$$

$$R = \frac{(16 * 23531,26Kg.cm) + ((2,00)^2 * 290,51Kg * 190cm)}{(2 * 2 * 190,00cm) - 107cm}$$

$$R = \underline{914,68Kg}$$

Tercer Modo

$$R = \frac{16M_p + (N + 1)(N - 1)P_p L}{2NL - L_t} \quad (2.73)$$

$$R = \frac{(16 * 23531,26Kg.cm) + ((3 + 1) * (3 - 1) * 290,51Kg * 190cm)}{(2 * 3 * 190,00cm) - 107cm}$$

$$R = \underline{791,94Kg}$$

La capacidad última (R_R) de la valla en un tramo es el menor de los tres modos de falla:

$$R_R = \underline{791,94Kg}$$

– **Resistencia de la protección combinada**

Cuando el impacto sucede en el medio de la valla vehicular:

$$\bar{R} = R_R + R_w \quad (2.75)$$

$$\bar{R} = 791,94 \text{ kg} + 45871,75 \text{ kg}$$

$$\bar{R} = \underline{46663,69 \text{ Kg}}$$

Altura efectiva

$$\bar{Y} = \frac{(R_R H_R) + (R_w H_w)}{\bar{R}} \quad (2.77)$$

Donde;

$$R_R = 791,94 \text{ Kg}$$

$$R_w = 45871,75 \text{ Kg}$$

$$H_w = 65 \text{ cm}$$

$$H_R = 25 \text{ cm}$$

$$\bar{Y} = \frac{(791,94 \text{ Kg} * 25 \text{ cm}) + (45871,75 \text{ Kg} * 65 \text{ cm})}{46663,69 \text{ Kg}}$$

$$\bar{Y} = \underline{64,32 \text{ cm}}$$

Cuando el impacto sucede en el poste:

$$R'_w = \frac{(R_w H_w) - (P_p H_R)}{\bar{R}} \quad (3.2)$$

$$R'_w = \frac{(45871,75 \text{ Kg} * 65 \text{ cm}) - (290,51 \text{ Kg} * 25 \text{ cm})}{46663,69 \text{ Kg}}$$

$$R'_w = \underline{63,74 \text{ Kg}}$$

$$\bar{R} = P_p + R'_R + R'_w \quad (2.76)$$

$$\bar{R} = 290,51 \text{ Kg} + 64,32 \text{ Kg} + 63,74 \text{ Kg}$$

$$\bar{R} = \underline{418,57 \text{ Kg}}$$

La altura efectiva para este caso está dada por:

$$\bar{Y} = \frac{(P_p H_R) + (R'_R H_R) + (R'_w H_w)}{\bar{R}} \quad (2.77)$$

Donde;

$$P_p = 290,51 \text{ Kg}$$

$$R_R = 791,94 \text{ Kg}$$

$$R_w = 45871,75 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}
 H_w &= 65\text{cm} \\
 H_R &= 25\text{cm} \\
 \bar{R} &= 46663,69\text{Kg} \\
 R'_w &= 63,74\text{Kg} \\
 R'_R &= 791,94\text{Kg}
 \end{aligned}$$

$$\bar{Y} = \frac{(290,51\text{Kg} * 25\text{cm}) + (791,94\text{Kg} * 25\text{cm}) + (45871,75\text{Kg} * 65\text{cm})}{46663,69\text{Kg}}$$

$$\bar{Y} = \underline{64,48\text{cm}}$$

Se toma la resistencia menor y se compara con la tabla de ensayo para TL4.

$$\begin{aligned}
 R &\geq F_t \\
 46663,69\text{Kg} &\geq 24000\text{Kg}
 \end{aligned}$$

Cumple

3.4.1.3.5. Diseño de la placa base

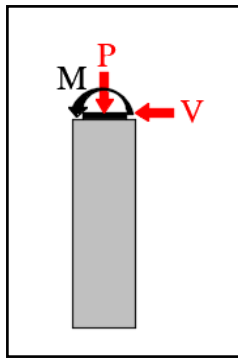


Figura 3.55: Solicitaciones de carga en la placa base

Fuente: Autor

La carga P está determinada por el peso del poste y la valla vehicular, además de la carga vertical $F_v = 8000\text{Kg}$ distribuida en $L_v = 5,50\text{m}$ en la valla vehicular.

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \tag{3.3}$$

Donde;

$$P_1 = \underline{8000\text{Kg}}$$

$P_2 =$ Peso del Poste

$P_3 =$ Peso de la valla

$$P_2 = A * \gamma_{acero} * H_{poste} \tag{3.4}$$

$$P_3 = A * \gamma_{acero} * L \tag{3.5}$$

$$P_2 = 0,002471\text{m}^2 * 7860\text{Kg/m}^3 * 0,25\text{m} \quad P_3 = 0,000579\text{m}^2 * 7860\text{Kg/m}^3 * 1,90\text{m}$$

$$P_2 = \underline{4,86\text{Kg}}$$

$$P_3 = \underline{8,65\text{Kg}}$$

Entonces,

$$P = 8000\text{Kg} + 4,86\text{Kg} + 8,65\text{Kg}$$

$$P = \underline{8013,50\text{Kg}}$$

El momento en la base del poste está dado por la resistencia del conjunto poste – valla vehicular, multiplicada por la altura.

$$M = 8013,50\text{Kg} * 0,25\text{m}$$

$$M = \underline{2003,38\text{Kg.m}}$$

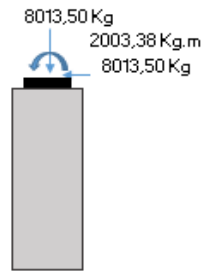


Figura 3.56: Fuerzas resultantes en la placa base

Fuente: Autor

– Excentricidad

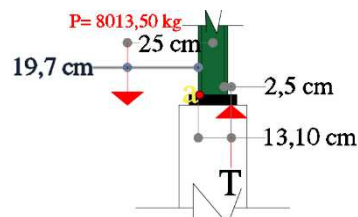


Figura 3.57: Análisis para los pernos de anclaje

Fuente: Autor

$$e = \frac{M}{Py} \quad (2.59)$$

$$e = \frac{2003,38\text{Kg.m}}{8013,50\text{Kg}}$$

$$e = \underline{0,25\text{m}}$$

$$\text{alma del poste} / 3 = \frac{10,30\text{cm}}{3}$$

$$\text{alma del poste} / 3 = \underline{0,03\text{m}}$$

La resultante se sitúa fuera del 1/3 de la sección del poste, debido a esto se toma los momentos con respecto al punto extremo del poste, debido a que aquí el momento es absorbido por los pernos de anclaje.

$$P * 19,70\text{cm} = T * 13,10\text{cm}$$

$$8013,50\text{Kg} * 19,70\text{cm} = T * 13,10\text{cm}$$

$$T = \frac{157866,00 \text{ Kg.cm}}{13,10 \text{ cm}}$$

$$T = \underline{12050,84\text{Kg}}$$

– **Área requerida para el perno**

$$A_{perno} = \frac{T}{0,75\phi F_{perno}} \quad (2.61)$$

$$A_{perno} = \frac{12050,84\text{Kg}}{0,75 * 0,75 * 4079\text{Kg/cm}^2}$$

$$A_{perno} = \underline{5,25\text{cm}^2}$$

Se utilizó pernos de:

4 pernos de 15,80mm

$$4 * 1,98\text{cm}^2 = 7,92\text{cm}^2$$

Se asume una distribución triangular de presión bajo la placa base, para tal caso la carga es:

$$P \text{ total} = 12050,84\text{Kg} + 8013,50\text{Kg}$$

$$P \text{ total} = \underline{20064,34\text{Kg}}$$

– **Área de la placa**

$$F_p = 1.7 f'c \quad (3.6)$$

$$F_p = 1,70 * 210\text{Kg/cm}^2$$

$$F_p = 357\text{Kg/cm}^2$$

$\phi_c = 0,6$ (factor de resistencia para aplastamiento en hormigón)

$$A_p = \frac{P_{total}}{\phi_c F_p}$$

$$(2.65)$$

$$A_p = \frac{20064,34 \text{ Kg}}{0,60 * 357\text{Kg/cm}^2}$$

$$A_p = 93,67\text{cm}^2$$

La sección de la placa base sería de 9,68cm * 9,68cm

Sin embargo, el diámetro del poste es= 10,60cm

Por lo tanto, se usará una sección de 15,00cm * 15,00cm

– **Comprobación de esfuerzos**

Esfuerzo de la placa en el tablero

$$q = \frac{P_{total}}{A_{sección}} \quad (2.58)$$

$$q = \frac{20064,34\text{Kg}}{15,00\text{cm} * 15,00\text{cm}}$$

$$q = \underline{89,17\text{Kg/cm}^2}$$

Se asume un $f'c$ del tablero de 240 kg/cm^2 . El esfuerzo admisible por aplastamiento del hormigón en el tablero es:

$$q_{admi} = 0.85 f'c$$

$$q_{admi} = 0,85 * 240 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{admi} = \underline{204 \text{ kg/cm}^2}$$

$$Q \leq q_{admi}$$

$$89,17 \text{ kg/cm}^2 \leq 204 \text{ kg/cm}^2$$

La presión requerida es menor que la admisible, **Cumple**

– Dimensiones de placa base

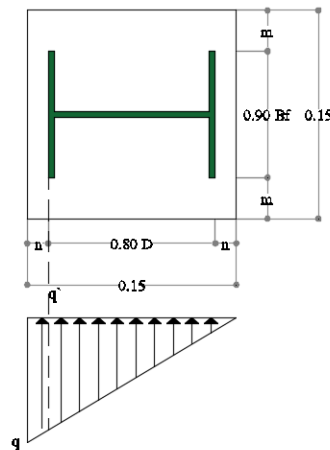


Figura 3.58: Esfuerzos en la placa base

Fuente: Autor

El valor de q' es la presión ejercida en la placa a una distancia n desde el filo de la placa y la determinamos mediante relación de triángulos.

$$D=10,60\text{cm}$$

$$2n + 0,80D = 0,15\text{m}$$

$$n = \frac{15\text{cm} - 8,48\text{cm}}{2}$$

$$n = \underline{3,26\text{m}}$$

Con ello, se obtiene el momento de la placa base.

$$m = \frac{(q - q')n^2}{3} + \frac{q'n^2}{2} \quad (2.64)$$

$$m = \frac{(89,17\text{Kg/cm}^2 - 19,38\text{Kg/cm}^2) * (3,26\text{cm})^2}{3} + \frac{19,38\text{Kg/cm}^2 * (3,26\text{cm})^2}{2}$$

$$m = \underline{350,23\text{Kg.cm}}$$

Espesor de la placa

$$t = \left(\frac{6m}{\Phi_b * Fy} \right)^{1/2} \quad (2.62)$$

$$t = \left(\frac{6 * 350,23\text{Kg.cm}}{0,90 * 2549\text{Kg/cm}^2} \right)^{1/2}$$

$$t = 0,96\text{cm} = \underline{10\text{mm}}$$

– Análisis de pernos de anclaje a esfuerzo cortante

El esfuerzo de corte en la sección debe ser menor o igual al esfuerzo admisible al corte del perno. Se chequea si los pernos elegidos son suficiente para resistir el corte transmitido por el poste a la placa base; para lo cual se tiene:

Diámetro del perno= 15,80mm

Área= 1,98cm²

La fuerza de corte es:

$$V = P_p = \underline{290,51\text{Kg}}$$

$$F_v = \frac{V}{\# \text{pernos} * A_{perno}} \quad (2.67)$$

$$F_v \leq \Phi_v * Fy \quad (3.7)$$

$$\phi_v = 0,8$$

$$F_v = \frac{290,51\text{Kg}}{4 * 1,98\text{cm}^2}$$

$$\phi_v * Fy = 0,80 * 4079\text{Kg/cm}^2$$

$$\phi_v * Fy = 3263,20\text{Kg/cm}^2$$

$$F_v = 36,68\text{Kg/cm}^2$$

$$F_v \leq \phi_v * Fy$$

$$36,68 \text{ kg/cm}^2 \leq 3263,20 \text{ kg/cm}^2$$

Los pernos resisten al esfuerzo cortante

3.4.1.3.6. Transferencia de corte entre el parapeto y tablero

La carga R_w debe ser transferida a través de una junta (fría) por esfuerzo cortante de fricción la sección donde actúa V_{CT} , como se muestra en la *figura 3.59*.

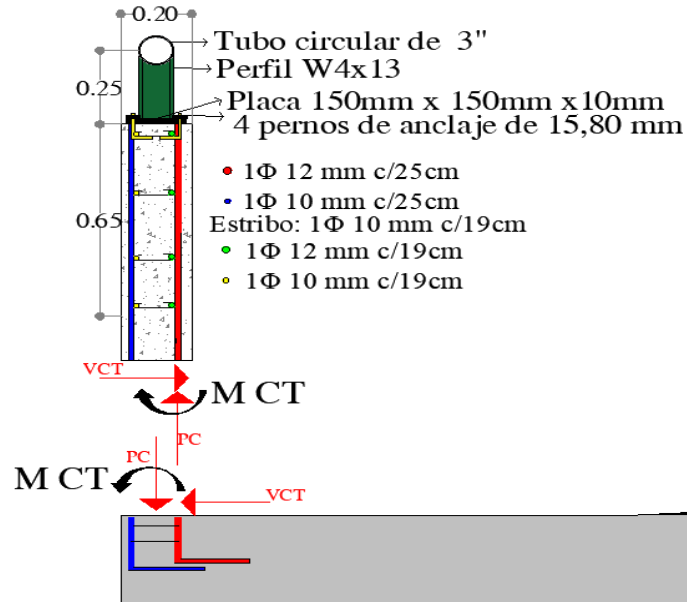


Figura 3.59: Análisis de transferencia de corte entre parapeto y tablero

Fuente: Autor

$$T = V_{CT} = \frac{R_w}{L_c + 2H} \quad (2.39)$$

$$T = V_{ct} = \frac{45871,75\text{Kg}}{289,86\text{cm} + (2 * 65\text{cm})}$$

$$T = V_{ct} = \underline{129,27\text{Kg}}$$

La fuerza nominal V_n en la interfase es:

$$V_n = c \cdot A_{cv} + \mu \cdot (A_{vf} \cdot f_y + P_c) \quad (2.40)$$

Donde;

$$c = 5\text{Kg/cm}^2$$

$$\mu = 0,6$$

$$K_1 = 0,2$$

$$K_2 = 56\text{Kg/cm}^2$$

$$A_{cv} = 20\text{cm} * 1\text{cm}$$

$$A_{cv} = \underline{20\text{cm}^2}$$

$$A_{vf} = \underline{0,045\text{cm}^2/\text{cm}}$$

(3.8)

$$pb = \gamma_h \cdot V$$

$$pb = 2400 \text{Kg/m}^3 * 0,130 \text{m}^3$$

$$pb = pc = \underline{312 \text{Kg}}$$

Entonces se tiene:

$$V_n = (5,00 \text{Kg/cm}^2 * 20 \text{cm}^2) + (0,60 * ((0,062 \text{cm}^2/\text{cm} * 4200 \text{Kg/cm}^2) + 348 \text{Kg}))$$

$$V_n = \underline{401,207 \text{Kg}}$$

Obtenido la fuerza nominal se hace el chequeo de las siguientes condiciones:

$$V_n \leq \begin{cases} K_1 \cdot f'c \cdot A_{cv} \\ K_2 \cdot A_{cv} \end{cases}$$

$$\begin{array}{ll} V_n \leq K_1 \cdot f_y \cdot A_{cv} & V_n \leq K_2 \cdot A_{cv} \\ K_1 \cdot f_y \cdot A_{cv} = 0,20 * 4200 \text{Kg/cm}^2 * 20 \text{cm}^2 & K_2 \cdot A_{cv} = 56 \text{Kg/cm}^2 * 20 \text{cm}^2 \\ = 16800 \text{Kg} & = 1120 \text{kg} \\ \text{Cumple} & \text{Cumple} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} V_n \geq V_{CT} \\ 401,20 \text{Kg} \geq 129 \text{Kg} \\ \text{Cumple} \end{array}$$

Como en la protección maciza, se determina si la sección de la varilla de anclaje del parapeto con el tablero es suficiente para resistir las sollicitaciones de anclaje. Las varillas del parapeto tienen un área total:

$$A_{vf} = 0,045 \text{cm}^2$$

Es necesario comprobar la separación respectiva, de tal forma que se cumpla el requisito del A_v mínimo.

$$A_{vf} \geq A_{v \min} = \frac{0,35 \cdot b_v \cdot s}{f_y} \quad (2.42)$$

$$A_{v \min} = \frac{0,35 * 20,00 \text{cm} * 25,00 \text{cm}}{4200 \text{Kg/cm}^2}$$

$$A_{v \min} = \underline{0,042 \text{cm}^2}$$

$$0,045 \text{cm}^2 \geq 0,042 \text{cm}^2$$

Cumple

Finalmente se obtuvo;

$$1\Phi 12 \text{mm } c/25 \text{cm}$$

– Longitud de desarrollo de la varilla (l_{dh})

Sobre la longitud de anclaje, se tiene la siguiente revisión:

$$I_{dh} = \frac{b * \Phi}{\sqrt{f_y}}$$

$$I_{dh} = \frac{100 * 1,20cm}{\sqrt{4200 \text{ kg/cm}^2}}$$

$$I_{dh} = \underline{18,52cm}$$

$$I_{dh} \geq \begin{cases} 8\Phi \\ 15 \text{ cm} \end{cases}$$

$$18,52cm \geq 9,60cm$$

Cumple

$$18,52cm \geq 15,00cm$$

Cumple

Factores de modificación de longitud de anclaje

$$F1 = 0,70$$

$$F2 = 1$$

$$I_{dh} = 18,52cm * 0,70 * 1$$

$$I_{dh} = \underline{12,96cm}$$

$$t-r = 30cm - 5cm$$

$$t-r = \underline{25cm}$$

Se verifica que el espesor de la losa del voladizo del tablero es $t=300mm$ y el recubrimiento $r=50mm$, la longitud de desarrollo sea menor que la disponible de conformidad con la geometría del elemento:

$$I_{hb} \leq t - r$$

$$12,96cm \leq 25,00cm$$

Cumple

3.4.1.3.7. Diseño del bordillo

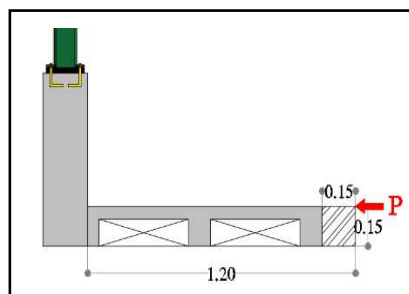


Figura 3.60: Dimensiones de bordillo y sollicitación de carga

Fuente: Autor

La carga a la que está sometida el bordillo es una carga viva de 760Kg ubicada en la parte superior del bordillo, como se muestra en la *figura 3.60*. Por lo tanto, el factor de carga es 1.7, en este caso el momento al que está sometido el bordillo es:

$$M_u = 1,70 * 760Kg * 15cm$$

$$M_u = \underline{19389Kg.cm}$$

Se determina la cuantía balanceada de refuerzo:

Tabla 3.11: Factor de equivalencia para la compresión

$f'c$ kg/cm ²	β_1
≤ 280	0,85
350	0,8
420	0,7

Fuente: (LRFD, 2017)

$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'c}{f_y} \left(\frac{6000}{f_y + 6000} \right) \quad (2.45)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 * 0.85 * 210 \text{ kg/cm}^2}{4200 \text{ kg/cm}^2} \left(\frac{6000}{4200 \text{ kg/cm}^2 + 6000} \right)$$

$$\rho_b = \underline{0,02125}$$

Se opta por un diseño dúctil:

$$\rho = 0.75 \rho_b$$

$$(2.46)$$

$$\rho = 0,75 * 0,02125$$

$$\rho = \underline{0,01594}$$

Índice de refuerzo:

$$\omega = \frac{\rho f_y}{f'c}$$

$$(2.49)$$

$$\omega = \frac{0,01594 * 4200 \text{ Kg/cm}^2}{210 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$\omega = \underline{0,31875}$$

Coefficientes determinados para hallar con ellos la resistencia R_u , de la siguiente forma:

$$R_u = \omega f'c (1 - 0,59\omega) \quad (2.48)$$

$$R_u = 0,31875 * 210 \text{ Kg/cm}^2 * (1 - (0,59 * 0,31875))$$

$$R_u = \underline{54,35 \text{ Kg/cm}^2}$$

– **Determinación de la altura efectiva de la sección**

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\Phi \cdot R_u \cdot b}} \quad (2.50)$$

$$d = \sqrt{\frac{19389 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}{0,90 * 54,35 \text{ Kg/cm}^2 * 100 \text{ cm}}}$$

$$d = \underline{1,99 \text{ cm}}$$

– **Acero de refuerzo**

$$A_s = \rho b d$$

(2.51)

$$A_s = 0,01594 * 100\text{cm} * 1,99\text{cm}$$

$$A_s = \underline{3,17\text{cm}^2}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} b d$$

(2.52)

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{4200 \text{ kg/cm}^2} * 100 \text{ cm} * 1,99 \text{ cm}$$

$$A_{s_{min}} = \underline{0,66\text{cm}^2}$$

Se escoge el mayor de los dos, por lo tanto;

$$A_s = 3,17\text{cm}^2$$

Se usará 1Φ10mm = 0,79cm²

1Φ10mm c/20cm

– **Análisis del bordillo a esfuerzo cortante**

$$V_n = \frac{V_u}{\Phi_v} \quad (2.53)$$

$$V_u = 1,70 * 760\text{Kg}$$

$$V_u = \underline{1292\text{Kg}}$$

$$\Phi_v = \underline{0,85}$$

$$V_n = \frac{1292\text{Kg}}{0,85}$$

$$V_n = \underline{1520\text{Kg}}$$

Posteriormente, se verifican los cortantes:

$$V_c = 0.53 \cdot \lambda \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \quad (2.54)$$

$$V_c = 0.53 * 1 \sqrt{210\text{Kg/cm}^2} * 100\text{cm} * 1,99\text{cm}$$

$$V_c = \underline{1528,78\text{Kg}}$$

$$V_c \geq V_n$$

$$1928,78\text{Kg} \geq 1520\text{Kg}$$

Cumple

En este caso colocamos refuerzo mínimo por corte:

$$s = \frac{A_{v_{min}} f_y}{0,2 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b} \quad (2.55)$$

Se usará 1Φ12mm = 1,13cm²

$$s = \frac{1,13\text{cm}^2 * 4200\text{Kg/cm}^2}{0,2 * \sqrt{210\text{Kg/cm}^2} * 100\text{cm}} = 15\text{cm}$$

1Φ12mm c/15cm

3.4.1.3.8. Diseño de acera

– Análisis por carga peatonal

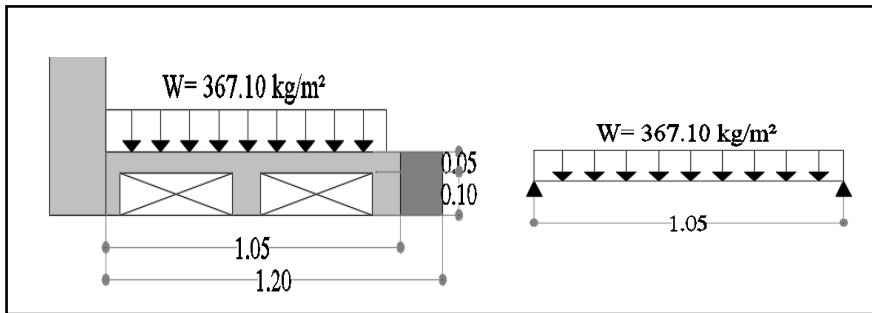


Figura 3.61: Diagrama por carga peatonal

Fuente: Autor

Momento

$$M = \frac{WL^2}{12} * 1m \quad (3.9)$$

Donde;

$$L = 1,05\text{m y } W = 367,10\text{Kg/m}^2$$

$$M = \left(\frac{367,10\text{Kg/m}^2 * 1,05\text{m}^2}{12} \right) * 1\text{m}$$

$$M = \underline{33,73 \text{ kg.m}}$$

– Análisis por carga accidental de rueda de camión

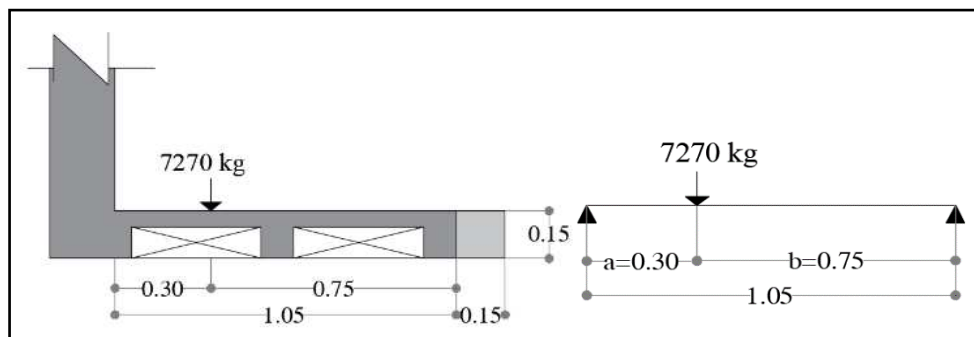


Figura 3.62: Diagrama por carga accidental de rueda de camión

Fuente: Autor

$$M_I = \frac{Pa^2b}{L^2}$$

$$M_D = \frac{Pab^2}{L^2}$$

$$M_I = \frac{7270\text{Kg} * (0,30\text{m})^2 * 0,75\text{m}}{(1,05\text{m})^2}$$

$$M_I = 445,10\text{Kg.m}$$

$$M_D = \frac{7270\text{Kg} * 0,30\text{m} * (0,75\text{m})^2}{(1,05\text{m})^2}$$

$$M_D = 1112,76\text{Kg.m}$$

El momento de diseño será el mayor de los tres, es decir:

$$M (\text{diseño}) = \underline{1112,76\text{Kg.m}}$$

La carga a la que está sometida la acera es una carga viva por lo tanto el factor de carga es 1.7

$$Mu = 1,70 * 1112,76\text{Kg.m}$$

$$Mu = \underline{1891,68\text{Kg.m}}$$

– **Altura del eje neutro de la varilla a la fibra más comprimida de hormigón**

$$d = \sqrt{\frac{Mu}{\Phi Ru b}} \quad (2.50)$$

$$d = \sqrt{\frac{189168\text{Kg.cm}}{0,90 * 54,35\text{Kg/cm}^2 * 100\text{cm}}}$$

$$d = \underline{6,22\text{cm}}$$

La altura de la acera propuesta de 5 cm no satisface, por lo que la acera no tendrá alivianamiento, es decir será completamente de hormigón.

– **Cálculo del acero de refuerzo**

$$As = \rho bd$$

$$(2.51)$$

$$As = 0,01594 * 100 \text{ cm} * 6,22 \text{ cm}$$

$$As = \underline{9,91\text{cm}^2}$$

$$As_{min} = \frac{14}{fy} bd$$

$$(2.52)$$

$$As_{min} = \frac{14}{4200\text{Kg/cm}^2} * 100\text{cm} * 6,22\text{cm}$$

$$As_{min} = \underline{2,07\text{cm}^2}$$

Se escoge el mayor de los dos, entonces

$$As = \underline{9,91\text{cm}^2}$$

Se usará $1\Phi 10\text{mm} = 0,79\text{cm}^2$

$1\Phi 10\text{mm c}/10\text{cm}$

– Chequeo a esfuerzo de corte

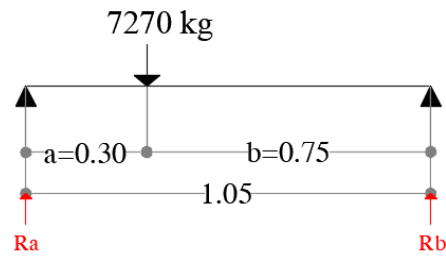


Figura 3.63: Diagrama de cuerpo libre

Fuente: Autor

$$R_I = P \frac{b^2}{L^2} \left(3 - 2 \frac{b}{L} \right)$$

$$R_D = P \frac{a^2}{L^2} \left(3 - 2 \frac{a}{L} \right)$$

$$R_I = 7279kg \frac{(0,30m)^2}{(1,05m)^2} \left(3 - 2 \frac{0,75m}{1,05m} \right)$$

$$R_D = 7279kg \frac{(0,75m)^2}{(1,05m)^2} \left(3 - 2 \frac{0,30m}{1,05m} \right)$$

$$R_I = 932,59Kg$$

$$R_D = 9008,02Kg$$

El cortante será el mayor de los dos, es decir:

$$Vu = \underline{9008,02Kg}$$

$$Vn = \frac{Vu}{\Phi_v} \quad (2.53)$$

$$\Phi_v = \underline{0,85}$$

$$Vn = \frac{9008,02Kg}{0,85}$$

$$Vn = \underline{10597,67Kg}$$

Posteriormente, se verifican los cortantes:

$$Vc = 0.53 \cdot \lambda \sqrt{f'c} b \cdot d \quad (2.54)$$

$$Vc = 0.53 * 1 \sqrt{210Kg/cm^2} * 100cm * 6,22cm$$

$$Vc = \underline{4776,31Kg}$$

$$Vs = Vn - Vc$$

$$Vs = 10597,67Kg - 4776,31Kg$$

$$Vs = \underline{5821,36Kg}$$

Esfuerzo para el espaciamiento de refuerzo

$$1,1\sqrt{f'c} * b * d$$

$$1,1\sqrt{210kg/cm^2} * 100cm * 6,22 cm = \underline{9913,10Kg}$$

$$1,1\sqrt{210kg/cm^2} \geq V_s$$

$$9913,10Kg \geq 5821,36Kg$$

En este caso colocamos

Cumple

refuerzo mínimo por corte:

$$s = \frac{Av_{min} f_y d}{V_s} \tag{2.55}$$

Se usará $1\Phi 14mm = 1,54cm^2$

$$s = \frac{1,54cm^2 * 4200Kg/cm^2 * 6,22cm}{5821,36Kg} = 10cm$$

$1\Phi 14mm$ c/10cm

La protección lateral combinada finalmente es la siguiente:

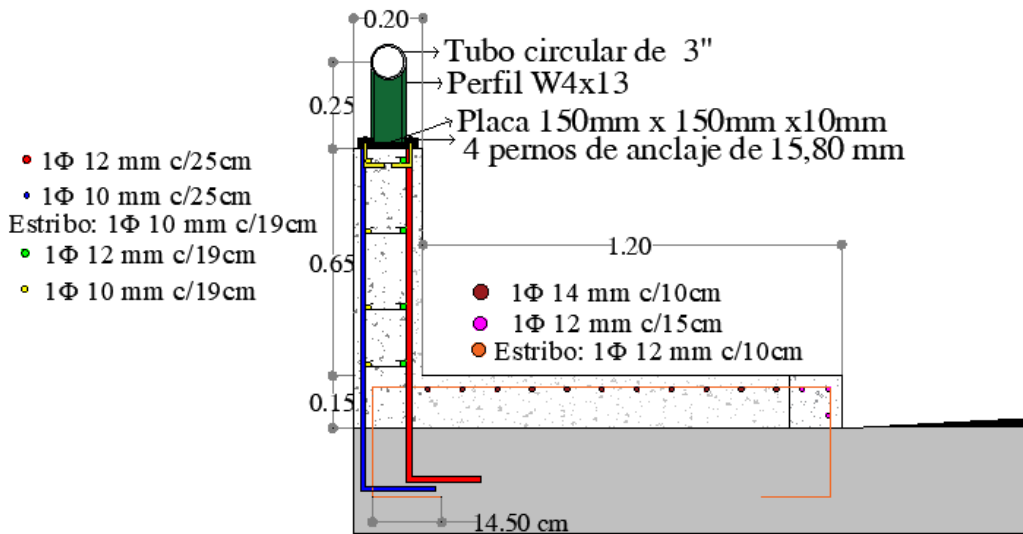


Figura 3.64: Diseño final de la protección lateral combinada

Fuente: Autor

3.5. Comparación de resultados

Por medio de las tablas que se mostraran a continuación, se precisan las respectivas comparaciones sobre las secciones, fuerzas, momentos y aceros de refuerzos de los diferentes

tipos de protecciones laterales diseñadas y analizadas por ambas metodologías de la norma AASHTO.

3.5.1. Protección lateral de hormigón poste-viga

Se indica la comparación de los resultados obtenidos para la protección lateral de hormigón armado poste – viga, según las metodologías utilizadas.

3.5.1.1. Secciones

Tabla 3.12: Comparación de secciones por las diferentes metodologías de diseño y la geometría real para la protección de hormigón armado poste - viga

ELEMENTOS	REAL		AASHTO STANDARD				AASHTO LRFD			
	Secciones		Secciones		Geometría		Secciones		Geometría	
	<i>b</i> (m)	<i>h</i> (m)	<i>b</i> (m)	<i>h</i> (m)	<i>Altura</i> (m)	<i>Separación</i> (m)	<i>b</i> (m)	<i>h</i> (m)	<i>Altura</i> (m)	<i>Separación</i> (m)
Poste	0,25	0,25	0,25	0,30	0,90	2,00	0,30	0,30	0,90	2,00
Viga	0,20	0,20	0,20	0,20	-	0,25	0,25	0,20	-	0,25
Bordillo	0,20	0,25	0,20	0,25	-	-	0,20	0,25	-	-

Fuente: Autor

La protección lateral de hormigón armado poste – viga cuenta con una altura de 90cm, la cual satisface con las mínimas tanto para las especificaciones del standard (69cm) y LRFD (81cm), sin embargo, como se observa las secciones obtenidas por las dos metodologías no cumplen con las secciones iniciales, en la AASHTO STANDARD el poste se incrementa, mientras que por la AASHTO LRFD el incremento de secciones se denota tanto para el poste y la viga. El bordillo se mantiene las mismas secciones debido a que sus secciones no se calculan porque ya están determinadas por la norma.

3.5.1.2. Fuerzas y Momentos

Tabla 3.13: Comparación de fuerzas y momentos por las diferentes metodologías de diseño para la protección de hormigón armado poste – viga

ELEMENTOS	AASHTO ESTÁNDAR		AASHTO LRFD		
	Momento Resistente (Kg.m)	Fuerza de Corte (Kg)	Momento Resistente (Kg.m)	Fuerza de Corte (Kg)	Fuerza Resistente (Kg)
Poste	3067,88	4545	7471,24	24000	24328,44
Valla Vehicular	757,50	2272,50	3697,81		
Bordillo	186,25	745,00	316,63	1490	1954,07

Fuente: Autor

Los criterios de diseño de la AASHTO son diferentes, razón por el cual por la AASHTO STANDAR el poste se diseña para un momento resistente de 3067,88Kg.m mientras que por la otra metodología tendrá un momento resistente de 7471,24Kg.m; obteniendo un incremento bastante considerable. De la misma forma se puede apreciar para la valla vehicular donde el momento resistente es mucho mayor para la LRFD en comparación a la otra especificación, y así mismo se da en el diseño para el bordillo.

En cuanto a las fuerzas, la AASHTO LRFD concentra una fuerza resistente al impacto vehicular de toda la protección teniendo una resistencia de 24328,44Kg soportando la fuerza de diseño de 24000Kg, mientras que la AASHTO STANDAR presenta fuerzas a corte tanto para el poste de 4545Kg y viga de 2272,45Kg; notándose que la fuerza de diseño es mayor por la segunda metodología. Y el bordillo es un elemento importante para un impacto vehicular, sin embargo, se diseña como elemento independiente, por el primer criterio presenta una fuerza de corte de 745 Kg especificada por la norma, mientras que en la otra metodología de la norma se tiene una fuerza de corte de 1490Kg y una resistencia a aquella fuerza de 1954,07 Kg; predominando la segunda metodología en cuanto a la resistencia de una protección lateral como tal.

3.5.1.3. Acero de refuerzo

Tabla 3.14: Comparación del acero de refuerzo por las diferentes metodologías de diseño para la protección de hormigón armado poste – viga

ELEMENTOS	AASHTO ESTÁNDAR						
	Acero de refuerzo a Flexión						Acero de refuerzo a Corte
	# de Varillas	Φ	Interno	# de Varillas	φ	Externo	
<i>U</i>	<i>mm</i>	<i>cm²</i>	<i>U</i>	<i>mm</i>	<i>cm²</i>		
Poste	3	20	9,42	3	14	4,62	1Φ 10mm c/15cm
Valla Vehicular	2	16	4,02	2	12	2,26	1Φ 10mm c/20cm
Bordillo	1Φ 10mm c/20cm						1Φ 10mm c/20cm
ELEMENTOS	AASHTO LRFD						
	Acero de refuerzo a Flexión						Acero de refuerzo a Corte
	# de Varillas	Φ	Interno	# de Varillas	φ	Externo	
<i>U</i>	<i>mm</i>	<i>cm²</i>	<i>U</i>	<i>mm</i>	<i>cm²</i>		
Poste	4	18	10,18	4	14	6,16	1Φ 10mm c/15cm
Valla Vehicular	3	18	7,63	2	14	3,08	1Φ 10mm c/20cm
Bordillo	1Φ 10mm c/15cm						1Φ 10mm c/10cm

Fuente: Autor

Para el poste se requiere 3Φ20mm para la parte interna 3Φ14mm en la parte externa con un estribo para corte de 10mm/15cm por la primera metodología, mientras que por la segunda

metodología se requiera más acero de refuerzo $4\Phi 18\text{mm}$ por la parte interna y $4\Phi 14\text{mm}$ para la parte externa con la misma cantidad de acero para corte, sin embargo, se denota mayor requerimiento por la AASHTO LRFD. En la viga en la primera metodología se requiere $2\Phi 16\text{mm}$ en zona de impacto vehicular y $2\Phi 12\text{mm}$ en la parte externa, mientras que por el criterio de los estados limites se obtiene $3\Phi 18\text{mm}$ en zona de impacto vehicular y $2\Phi 14\text{mm}$ en la parte externa; notándose al igual que en poste mayor requerimiento de acero en la LRFD y con un refuerzo a corte de $1\Phi 10\text{mm}/20\text{cm}$ en ambas metodologías. Por parte el bordillo por ser un análisis para un metro lineal de tiene un acero a flexión de $1\Phi 10\text{mm}$ c/20cm y a corte de $1\Phi 10\text{mm}$ c/20cm, mientras que por el segundo criterio se tiene $1\Phi 10\text{mm}$ c/15cm mas acero de corte de $1\Phi 10\text{mm}$ c/10cm; evidenciándose que por la LRFD la exigencia para una protección resistente es mayor, razón por el cual se necesita más acero de refuerzo para esta protección lateral.

3.5.2. Protección lateral de hormigón armado (maciza)

Se indica la comparación de los resultados obtenidos para la protección lateral maciza de hormigón armado, según las metodologías utilizadas.

3.5.2.1. Secciones

Tabla 3.15: Comparación de secciones por las diferentes metodologías de diseño y la geometría real para la protección de hormigón armado (maciza)

SEGMENTOS	REAL				
	Secciones			Altura del parapeto (m)	Longitud del parapeto (m)
	<i>b mayor (m)</i>	<i>b menor (m)</i>	<i>h (m)</i>		
<i>Parte alta</i>	0,15	0,15	0,75	0,85	2,50
<i>Parte baja</i>	0,20	0,15	0,10		
<i>Anclaje de varilla</i>	0,22			-	-
SEGMENTOS	AASHTO ESTÁNDAR				
	Secciones			Altura del parapeto (m)	Longitud del parapeto (m)
	<i>b mayor (m)</i>	<i>b menor (m)</i>	<i>h (m)</i>		
<i>Parte alta</i>	0,15	0,15	0,75	0,85	2,50
<i>Parte baja</i>	0,20	0,15	0,10		
<i>Anclaje de varilla</i>	0,22			-	-
SEGMENTOS	AASHTO LRFD				
	Secciones			Altura del parapeto (m)	Longitud del parapeto (m)
	<i>b mayor (m)</i>	<i>b menor (m)</i>	<i>h (m)</i>		
<i>Parte alta</i>	0,15	0,15	0,75	0,85	2,50
<i>Parte baja</i>	0,20	0,15	0,10		
<i>Anclaje de varilla</i>	0,15			-	-

Fuente: Autor

Se observa que las secciones iniciales de la protección maciza no requieren ningún incremento de secciones en las metodologías de la AASHTO STANDAR y LRFD, es decir que las secciones cumplen los requerimientos en dimensiones.

3.5.2.2. Fuerzas y Momentos

Tabla 3.16: Comparación de fuerzas y momentos por las diferentes metodologías de diseño para la protección de hormigón armado (maciza)

ELEMENTOS	AASHTO ESTÁNDAR		AASHTO LRFD		
	Momento Resistente (Kg.m)	Fuerza de Corte (Kg)	Momento Resistente (Kg.m)	Fuerza de Corte (Kg)	Fuerza Resistente (Kg)
<i>Sentido Longitudinal</i>	3863,25	4545	5424,41	24000	35064,77
<i>Sentido Transversal</i>	2840,63	4545	42,04		

Fuente: Autor

En la AASHTO STANDAR para el sentido longitudinal se diseña para un momento resistente de 3863,25Kg.m mientras que evidencia mayor resistencia por la otra metodología con 5424,41Kg.m . Para el sentido transversal se presentan un momento de diseño por el método elástico de 2840,63Kg.m , sin embargo por la metodología de factores de carga y resistencia el valor del momento resistente disminuye considerablemente a 42,04Kg.m. en un análisis general, se tiene mayor resistencia en el sentido longitudinal porque es donde se impacta el vehículo.

En cuanto a las fuerzas, por la primera metodología se presenta una fuerza a corte para ambos sentidos de análisis de 4545Kg, lo que difiere de la segunda metodología, puesto que se presente una fuerza de corte de diseño de 24000Kg en toda la protección y una fuerza resistente de 35064,77Kg. Obteniendo mayor resistencia por la AASHTO LRFD.

3.5.2.3. Acero de refuerzo

Tabla 3.17: Comparación del acero de refuerzo por las diferentes metodologías de diseño para la protección de hormigón armado (maciza)

PARAPETO	AASHTO ESTÁNDAR		
	Acero de refuerzo a Flexión		Acero de refuerzo a Corte
	<i>Transversal</i>	<i>Longitudinal</i>	
<i>Interno</i>	1Φ 18mm c/20cm	1Φ 16mm c/10cm	1Φ 12mm c/10cm
<i>Externo</i>	1Φ 14mm c/20cm	1Φ 12mm c/10cm	
PARAPETO	AASHTO LRFD		
	Acero de refuerzo a Flexión		Acero de refuerzo a Flexión
	<i>Transversal</i>	<i>Transversal</i>	
<i>Interno</i>	1Φ 14mm c/25cm	1Φ 14mm c/18cm	1Φ 10mm c/18cm
<i>Externo</i>	1Φ 10mm c/25cm	1Φ 10mm c/18cm	

Fuente: Autor

El análisis de acero de refuerzo se realiza por metro lineal y en sentidos longitudinal y transversal teniendo los siguientes resultados; en el acero a flexión de la AASHTO STANDAR en sentido transversal se requiere de 1Φ18mmc/20cm en el lado interno de la protección y 1Φ14mmc/20cm en el lado externo, mientras que por la AASHTO LRFD se tiene 1Φ14mmc/25cm en el lado interno y 1Φ10mmc/25cm en el lado externo; requiriendo menos aceros de refuerzo por la segunda metodología. Por en análisis en sentido longitudinal por el primer criterio se tiene 1Φ16mmc/10cm en la parte del impacto vehicular y 1Φ12mmc/10cm en la parte externa, mientras que por el segundo criterio se tiene 1Φ14mmc/18cm en la parte del impacto vehicular y 1Φ10mmc/18cm; mostrándose mayor acero por la primera metodología.

En el acero de refuerzo a corte, por el método elástico se requiere de 1Φ12mmc/10cm por el método de estados limites se obtiene 1Φ10mmc/18cm; es decir que tanto para acero a flexión y a corte se requiere menos refuerzo por el método de la AASHTO LRFD

3.5.3. Protección lateral combinada

Se indica la comparación de los resultados obtenidos para la protección lateral combinada menor a 70km/h, según las metodologías utilizadas.

3.5.3.1. Secciones

Tabla 3.18: Comparación de las secciones metálicas poste y valla por las diferentes metodologías de diseño para la protección combinada

ELEMENTOS	REAL						
	PERFIL	Secciones				Geometría	
		Ala (cm)		Alma (cm)		Altura (m)	Separación (m)
		t	a	t	a		
Poste	W 4x13	10,30	0,87	10,60	0,71	0,25	1,90
Valla	Circular	Diámetro (cm)				Longitud (m)	
		Ext.	Int.	Espesor			
		8,89	8,49	0,40		1,90	

ELEMENTOS	AASHTO ESTÁNDAR						
	PERFIL	Secciones				Geometría	
		Ala (cm)		Alma (cm)		Altura (cm)	Separación (m)
		t	a	t	a		
Poste	W 5x16	12,70	0,91	12,70	0,61	0,25	1,90
Valla	Circular	Diámetro (cm)			Longitud (m)		
		Ext.	Int.	Espesor			
		12,70	11,75	0,95	1,90		
ELEMENTOS	AASHTO LRFD						
	PERFIL	Secciones				Geometría	
		Ala (cm)		Alma (cm)		Altura (m)	Separación (m)
		t	a	t	a		
Poste	W 4x13	10,30	0,88	10,60	0,71	0,25	1,90
Valla	Circular	Diámetro (cm)			Longitud (m)		
		Ext.	Int.	Espesor			
		7,62	7,12	0,50	1,90		

Fuente: Autor

Tabla 3.19: Comparación de las secciones para la placa base por las diferentes metodologías de diseño para la protección combinada

ELEMENTOS	AASHTO ESTÁNDAR			AASHTO LRFD		
	Secciones			Secciones		
	b (cm)	h (cm)	Espesor (cm)	b (cm)	h (cm)	Espesor (cm)
Placa base	15	20	0,70	15	15	1,00
Pernos	Pernos #	Diámetro (cm)	Anclaje (cm)	Pernos #	Diámetro (cm)	Anclaje (cm)
	2	1,27	15,24	4	15,8	18,96

Fuente: Autor

Tabla 3.20: Comparación de las secciones para el parapeto, acera y bordillo por las diferentes metodologías de diseño para la protección combinada

ELEMENTOS	REAL		AASHTO STANDAR			AASHTO LRFD		
	Secciones		Secciones		Longitud (m)	Secciones		Longitud (m)
	b (m)	h (m)	b (m)	h (m)		b (m)	h (m)	
Parapeto	0,20	0,65	0,20	0,65	3,80	0,20	0,65	3,80
Anclaje de varilla			0,17			14,40		
Bordillo	0,15	0,15	0,15	0,15	-	0,15	0,15	-
Acera	1,20	0,15	1,20	0,15	-	1,20	0,15	-

Fuente: Autor

La protección lateral combinada está conformada de siete elementos, empezando por el poste metálico, el propuesto es un perfil W4x13 y para la AASHTO STANDARD no satisface las características del perfil propuesto por lo que se requiere un perfil W5x16, mientras que por la LRFD si satisface la sección. Para la valla vehicular se propone un tubo circular con diámetro de 8,89cm (3,5 in), por parte del análisis de la primera metodología se requiere de un tubo circular con un diámetro de 12,70cm (5 in), y por el análisis de la LRFD la valla satisface con un tubo circular de diámetro de 7,62cm (3 in).

Para esta protección se requiere de una placa base y la AASHTO STANDARD determina una sección de (15x20x0,70) cm, mientras que en la otra especificación la sección disminuye a (15x15x1) cm, aunque aumento el espesor de la placa. Para la colocación de la placa base en la primera metodología se requiere de tan solo 2 pernos de anclaje y por la segunda metodología se necesitan 4 pernos de anclaje y de mayor diámetro.

El parapeto satisface en ambas especificaciones las secciones propuestas, el bordillo y acera como son secciones que no se determinan debido que están ya establecidas por la AASHTO por lo que se mantienen iguales.

3.5.3.2.Fuerzas y Momentos

Tabla 3.21: Comparación de fuerzas y momentos por las diferentes metodologías de diseño para la protección de hormigón armado (maciza)

ELEMENTOS	AASHTO ESTÁNDAR		AASHTO LRFD		
	Momento Resistente (Kg.m)	Fuerza de Corte (Kg)	Momento Resistente (Kg.m)	Fuerza de Corte (Kg)	Fuerza Resistente (Kg)
<i>Poste</i>	568,13	2272,50	235,31	24000	46663,69
<i>Valla Vehicular</i>	719,63	1136,25	261,46		
<i>Placa base</i>	568,13	2272,5	2003,38	36,68	3263,20
<i>Parapeto (Sentido Longitudinal)</i>	2158,88	2272,5	5242,55	24000	45871,75
<i>Parapeto (Sentido Trasversal)</i>	1477,13	4545	51,43		
<i>Bordillo</i>	111,75	745	193,80	1520	1528,78
<i>Acera</i>	1112,76	9008,02	1891,68	5821,36	9913,10

Fuente: Autor

El método elástico poste en el poste requiere de un momento resistente de 568,13Kg.m y en la valla vehicular con 719,63Kg.m, mientras que por el método de estados limites el poste un momento de 235,31Kg.m y la valla de 261,46Kg.m; es decir que requiere más resistencia en el método de la AASHTO STANDAR. En cambio la placa base requiere mayor resistencia por

la AASHTO LRFD con 2003,38Kg.m mientras que por el otro método se requiere 568,13Kg.m; estableciendo que existe un incremento de momento resistente bastante considerable para placa base. En el parapeto se tiene dos sentidos de análisis, el transversal teniendo mayor resistencia por el primer criterio de diseño con 1477,13Kg.m, caso contrario a lo que ocurre en el sentido longitudinal porque se tiene mayor momento en la LRFD con 5242,55Kg.m; siendo más segura la protección por la segunda metodología. El bordillo y la acera son elementos independientes de la protección pero proporciona mayor seguridad hacia el fluido peatonal, y se obtiene mayor resistencia por el método de la AASHTO LRFD con 193,80Kg.m en el bordillo y 1891,68Kg.m en la acera.

Las fuerzas de corte; por la metodología de la AASHTO STANDAR, todos los elementos tienen su propia fuerza de corte; el poste es diseñado con una fuerza de 2272,50Kg y la valla vehicular con 1136,25Kg, mientras que en la LRFD estos elementos forman uno solo teniendo una fuerza corte de diseño de 24000Kg con una resistencia de 46663,69Kg; es decir se tiene mayor resistencia por la segunda metodología. La placa base y el parapeto tienen la misma fuerza a corte de diseño de 2272,50Kg por el primer criterio, mientras que en el segundo criterio se tiene fuerzas de corte en la placa base de 38,68Kg con resistencia de 3263,20Kg y en el parapeto para los dos sentidos de análisis con fuerza de diseño a corte de 24000Kg con resistencia a aquella fuerza de 45871,75kg; en otras palabras, la AASHTO LRFD brinda una protección más segura. El bordillo y la acera por el método elástico se tiene 745Kg y 9008,02Kg respectivamente, mientras que por el método de factores de resistencia y carga se tiene 1520Kg y 5821,36Kg como fuerzas de corte, pero como resistencias a esas fuerzas se obtiene 1528,78Kg y 9913,10Kg respectivamente. Es decir que se obtienen mayores fuerzas resistentes por el segundo criterio de diseño.

3.5.3.3.Acero de refuerzo

Tabla 3.22: Comparación del acero de refuerzo por las diferentes metodologías de diseño para la protección combinada

ELEMENTOS		AASHTO ESTÁNDAR		
		Acero de refuerzo a Flexión		Acero de refuerzo a Corte
		Transversal	Longitudinal	
<i>Parapeto</i>	<i>Interno</i>	1Φ 14mm c/24cm	1Φ 16mm c/10cm	1Φ 10mm c/10cm
	<i>Externo</i>	1Φ 10mm c/24cm	1Φ 12mm c/10cm	
<i>Bordillo</i>		1Φ 12mm c/10cm		1Φ 10mm c/20cm
<i>Acera</i>		1Φ 12mm c/10cm		1Φ 10mm c/10cm

ELEMENTOS		AASHTO LRFD		
		Acero de refuerzo a Flexión		Acero de refuerzo a Corte
		Transversal	Longitudinal	
<i>Parapeto</i>	<i>Interno</i>	1Φ 12mm c/25cm	1Φ 12mm c/19cm	1Φ 10mm c/19cm
	<i>Externo</i>	1Φ 10mm c/25cm	1Φ 10mm c/19cm	
<i>Bordillo</i>		1Φ 12mm c/15cm		1Φ 10mm c/20cm
<i>Acera</i>		1Φ 12mm c/10cm		1Φ 14mm c/10cm

Fuente: Autor

Se presentan acero de refuerzo en tres elementos: estos aceros se analizan para un metro lineal por lo que se tiene; en la AASHTO STANDAR en el parapeto de manera transversal en el lado interno se tiene 1Φ14mm/24cm y en el externo 1Φ10mm/24cm, mientras que en la AASHTO LRFD en donde impacta el camión 1Φ12mm/25cm y en la parte externa 1Φ10mm/25cm, por lo en este sentido se requiere menos acero por la LRFD. En el sentido longitudinal por el primer método se tiene 1Φ16mm/10cm en la parte interna del parapeto y 1Φ12mm/10cm en la parte externa, mientras que por la segunda metodología se tiene 1Φ12mm/19cm en lado interno y en el lado externo 1Φ10mm/19cm. para el acero de refuerzo a corte el diámetro es de 10 mm para ambos criterios pero la separación por el primero es de 10cm y en el segundo es de 19cm; evidenciado que la AASHTO STANDAR requiere más acero para brindar más seguridad en el parapeto.

El bordillo y la acera también se realiza un análisis por metro lineal, teniendo en el primero por la AASHTO STANDAR en acero a flexión 1Φ12mm/10cm y a corte 1Φ10mm/20cm mientras que por la LRFD se tiene 1Φ12mm/15cm a flexión, y a corte 1Φ10mm/20cm. se requiere más acero por la LRFD a flexión mientras que para el corte es lo mismo para ambos criterios. La acera por el método elástico en el acero a flexión se tiene 1Φ12mm/10cm y a corte 1Φ10mm/10cm mientras que por el método de estados limites se tiene a flexión 1Φ10mm/10cm y a corte 1Φ14mm/10cm, es decir que se requiere más acero de refuerzo a corte por la AASHTO LRFD.

CONCLUSIONES

Al finalizar con el trabajo de investigación se llega a las siguientes conclusiones:

- ✓ Del estudio de las tipologías de las protecciones laterales de puentes vehiculares se establece que existen dos clasificaciones de protecciones; de hormigón armado y metálicas, sin embargo, de acuerdo al uso que se le destine al puente se tienen protecciones vehiculares poste-viga (hormigón armado o metálica), protección maciza (hormigón armado), protección peatonal y/o ciclistas (metálicas). Sin embargo, la AASHTO define otro tipo de protección conocidas como combinadas menores a 70km/h (combinación de una protección maciza con poste y valla de acero estructura) y combinadas mayores a 70 km/h (combinación de una protección vehicular con una peatonal y/o ciclista).
- ✓ Se identificó que los tipos de protecciones más comunes en la ciudad de Manta en puentes vehiculares de mayor volumen de tráfico vehicular son tres, entre estas se tienen protecciones de hormigón armado poste-viga y las macizas, además de las combinadas menores a 70 km/h de parapeto hormigón armado con poste y valla metálica, las mismas que cuentan con acera y bordillo.
- ✓ Se diseñó las protecciones laterales de hormigón armado poste-viga, maciza y combinada de acuerdo a los criterios propuestos por las especificaciones de la norma AASHTO para diseño de puentes, y se establece dos metodologías de diseño diferentes para las protecciones laterales. De manera que la AASHTO STÁNDAR basa su filosofía en la estimación de las cargas de servicio para así diseñar los elementos estructurales en función a los esfuerzos admisibles de los materiales, mientras que la AASHTO LRFD estima las cargas de trabajo y se incrementan con factores de cargas, diseñando así las protecciones con una mayor resistencia, obteniendo:
 - Del diseño de la AASHTO STANDAR las protecciones laterales poste-viga, maciza y combinada por medio de los esfuerzos admisibles para el hormigón se requiere gran cantidad de acero de refuerzo y para la combinada en la parte de acero metálico se requiere un módulo resiste mayor.

- Del diseño de la AASHTO LRFD la protección lateral poste-viga requiere de un incremento en acero de refuerzo, y menor cantidad de acero en las protecciones macizas y combinada, de igual manera menor modulo resistente para el acero metálico de la combinada, de lo que se infiere que por medio de este método se obtienen secciones con mayor nivel de resistencia.
- ✓ Se comparó las características geométricas reales de las protecciones laterales más comunes del cantón con los resultados de secciones obtenidos por las metodologías, obteniendo según los criterios de diseño por parte de la baranda poste- viga, se requiere un incremento de sección para la altura efectiva, mientras que las protecciones macizas y combinada cumple con los requerimientos establecidos por las normas.
- ✓ Se determinó que la metodología más adecuada según la investigación efectuada para tener una mayor resistencia en el diseño de protecciones laterales es la AASHTO LRFD, debido a que en los tres tipos de protecciones diseñados presentaron mayor resistencia tanto para retener la fuerza de corte y los momentos; caracterizándose como la especificación más conservadora, con una confiabilidad más uniforme y ajustada a la realidad.

RECOMENDACIONES

Entre las recomendaciones propuestas por el autor ante el estudio, análisis y comparación de diferentes tipos de protecciones laterales según las especificaciones de la AASHTO STANDAR y LRFD se tiene:

- Es importante que en el diseño de protecciones laterales en puentes vehiculares de la ciudad y en general estas cumplan con los criterios indicados por la norma.
- Emplear la normativa AASHTO LRFD, ante cualquier diseño de protección lateral puesto que se obtienen secciones más resistentes al impacto vehicular teniendo menos acero de refuerzo generando menos gastos económicos.
- Mejorar el criterio para escoger las protecciones laterales en puentes vehiculares, es decir cuando utilizar barandas de poste-viga, macizas y combinadas menores a 70km/h o mayores a 70km/h debido a que estas protecciones no solo brindan seguridad a los conductores de vehículos sino también a los transeúntes.
- Evaluar las protecciones laterales existentes dentro de la ciudad de Manta bajo las normativas actuales, con el fin de conocer su estado y de ser el caso de rehabilitarlas o cambiarlas mejorando su función y brindar un mejor servicio.
- Realizar investigaciones más profundas en lo que se refiere al sistema de contención vial en puentes, como por ejemplo realizar ensayos de impacto y con ello ajustar la normativa a las condiciones de servicio del cantón, así como también del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (2014). *AASHTO LRFD BRIDGE (Desing and especification)*. USA. USA.
- Bravo, P., & Vintimilla, J. (2015). *Análisis de barandas de seguridad en carreteras de la provincia del Azuay*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Cernuschi, D. J. (2015). *Las barandas en los puentes carreteros: Estática y Estética*.
Obtenido de
<http://www.vialidad.gba.gov.ar/datos/biblioteca/Las%20Barandas%20en%20los%20Puentes%20Carreteros.pdf>
- CICA. (2014). *Los puentes. Clasificación*. Obtenido de
https://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0053-02/contenido/9_clasificacion_puentes.htm
- Claros, R. (Diciembre de 2004). *Apoyo Didáctico en la Enseñanza Aprendizaje de la Asignatura de Puentes*. Obtenido de <http://www.fcyt.umss.edu.bo/materias/>
- Colucci, B. (18 de Mayo de 2011). *BRIDGE RAILINGS & TRANSITIONS. Module 6*.
Obtenido de <https://docplayer.net/45755508-Bridge-railings-transitions-module-6.html>
- Cuenca, L., & Vargas, J. (2017). Diseño del puente vehicular en hormigón armado sobre el río La Roca. En *Diseño del puente vehicular en hormigón armado sobre el río La Roca, recinto San Bernabé, cantón San Miguel de Los Bancos, provincia de Pichincha* (pág. 5). Quito: Universidad Central del Ecuador.
- CUEVAS, C. (ABRIL de 2014). *SEGURIDAD VIAL*. Obtenido de
http://www.amivtac.org/spanelWeb/file-manager/Biblioteca_Amivtac/Memorias/I-simposium-seguridad-vial/Metodologia-para-el-diseno-y-colocacion-de-barreras-de-proteccion.pdf
- Denis, A. (2004). Colocacion de Barandales. En A. Denis, & H. Rhina, *Manual de construcción de puentes de concretos* (pág. 517). San Salvador: Universidad de EL SALVADOR, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingenieria Civil.
- Escudero, V. E. (1996). *PUENTE SOBRE EL RIO ALAMOR EN EL SITIO LA CEIBA DEL CANTON ZAPOTILLO*. LOJA: FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA.
- FANALVÍAS. (2012). *Defensas viales metálicas*. Obtenido de
<http://fanalvias.com/productos/>
- IMFICA. (20 de Junio de 2015). *IMFICA*. Obtenido de <http://www.imfica.com/defensas-viales/>
- International, A. (2014). *AASHTO y ASTM se Asocian en el Portal de Transporte*. E.E.U.U.: ASTM.
- Jaramillo, C. (2017). *DISEÑO DEL PUENTE VEHICULAR EN HORMIGÓN ARMADO SOBRE EL RÍO LA ROCA, RECINTO SAN BERNABÉ, CANTÓN SAN MIGUEL DE LOS BANCOS, PROVINCIA DE PICHINCHA*. QUITO: UNIVERSIDAD CENTRAL

DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y
MATEMÁTICA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.

- Justo, S. F. (30 de Agosto de 2017). *Barandas puente transparentes*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/SierraFrancisco/27-barandas-puentetransparentes-caltrans-2011>
- LRFD, A. (2017). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- LRFD, A. (2017). *LRFD AASHTO 8th EDITION*. Washington: AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS.
- Mackenna, V. (Diciembre de 2007). *Revista ingeniería de construcción*. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732007000300004
- Moya, & Marín. (2015). *MOYA & MARÍN*. Obtenido de <https://www.moyamarinabogados.es>
- MTOP. (2013). Procedimientos de operación y seguridad vial. En NEVI-12-MTOP. Quito: Norma Ecuatoriana Vial Vol. 5.
- NORMAS, E. Y. (2014). *ESPECIFICACIONES Y NORMAS TECNICAS OBLIGATORIAS: CONSTRUCCIÓN DE LA INTERCONEXIÓN VIAL YATIBODEGA- DEPARTAMENTO DE BOLIVAR*. BOLIVAR: FONDO ADAPTACION.
- Ñancuñil. (2002). *Proposición de una Metodología de Diseño de Lechos de Frenado*. Universidad de Concepción. Departamento de Ingeniería Civil. Chile.
- Ochoa, C. (2018). *Comparación entre diseño de puentes según norma AASHTO standard (método ASD) y norma AASHTO LRFD*. Valdivia: Universidad Austral de Chile. Obtenido de <https://civilgeeks.com/>
- Peralta P., F. (2018). *Diseño estructural de puentes peatonales sobre la autopista Pimentel - Chiclayo*. Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/4570/Peralta%20Peralta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- PORVIA. (2 de Julio de 2013). *Soluciones para la seguridad vial*. Obtenido de http://porvia.cl/uploads/files/categories-m/233-DB-catalogue_mail.pdf
- Riofrio, A. (2013). *Análisis compartido del diseño de protecciones laterales para puentes de carretera mediante los criterios del método elástico y del estado limite*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- SERQUÉN, I. A. (2010). PUENTES CON AASHTO-LRFD 2010. En I. A. SERQUÉN. LIMA.
- STANDARD, A. (2002). *STANDARD AASHTO 17th EDITION*. WASHINGTON: AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS.

- Técnica, N. P. (s.f.). *Barreras de concreto pre fabricadas*. Obtenido de AASHTO:
https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u11/ci_n26_a5-norma_peruana_339.222.pdf
- Transportationorg. (29 de Octubre de 2019). *American Association of State Highway and Transportation Officials*. Obtenido de
https://es.wikipedia.org/wiki/American_Association_of_State_Highway_and_Transportation_Officials
- Vial, S. (15 de Abril de 2015). *Señalización y seguridad vial*. Obtenido de
<https://www.signovial.pe/blog/amortiguadores-de-impacto-que-salvan-vidas/>
- VIAL, S. (12 de Mayo de 2017). *SIGNO VIAL*. Obtenido de
<https://www.signovial.pe/barreras-seguridad-borde-puente/>
- Vinueza, J. (2015). *Nuevas metodologías para el diseño de puentes aplicando al portico de acero con columnas inclinadas del puente Gualo*. Quito: Universidad Central.

ANEXOS

Anexo 1: Puente ubicado frente al Akí de Tarquí (Protección Combinada)



Anexo 2: Puente del redondel INEPACA (Protección Maciza)



Anexo 3: Puente Vía Puerto – Aeropuerto “La Poza” (Protección Poste - Viga)



Anexo 4: Puente Vía Puerto – Aeropuerto “Ciudad Rodrigo” (Protección Poste - Viga)



Anexo 5: Puente Barrio “Santa Clara” (Protección Poste - Viga)



Anexo 6: Puente Barrio “San Pedro” (Protección Maciza)



Anexo 7: Puente Barrio “San Pedro” (Protección Poste - Viga)



Anexo 8: Puente Av. de la Cultura (Protección Combinada)



Anexo 9: Puente Barrio “Jocay” (Protección Poste - Viga)



Anexo 10: Puente Vía Interbarrial (Protección Poste - Viga)

