

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“EVALUACIÓN DE DISPOSICIÓN DE DISPOSITIVOS DE
TERMINALES DE BARRERA Y AMORTIGUADORES DE
IMPACTO EN EL TRAMO TARIJA – FALDA LA QUEÑUA – SAN
LORENCITO”**

EDWAR ELEUDORO MENDEZ RODRIGUEZ

Proyecto de Ingeniería Civil II CIV – 502 presentado a consideración de la
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO, como
requisito para optar al Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE II - 2018

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“EVALUACIÓN DE DISPOSICIÓN DE DISPOSITIVOS DE
TERMINALES DE BARRERA Y AMORTIGUADORES DE
IMPACTO EN EL TRAMO TARIJA – FALDA LA QUEÑUA – SAN
LORENCITO”**

POR:

EDWAR ELEUDORO MENDEZ RODRIGUEZ

SEMESTRE II - 2018

TARIJA-BOLIVIA

.....
M.Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez

**DECANO FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....
M.Sc. Ing. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANO FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

TRIBUNAL:

.....
Ing. Marcelo Pacheco Núñez

.....
Ing. Oscar Marcelo Chávez Calla

.....
Ing. Grover Torres Ibieta

El tribunal calificador del presente proyecto, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA:

Este trabajo se lo dedico a Dios y a mis Padres por el deseo de superación y amor que me brindan cada día en que han sabido guiar mi vida por el sendero de la verdad a fin de poder honrar a mi familia con los conocimientos adquiridos, brindándome el futuro de su esfuerzo y sacrificio por brindarme un mañana mejor.

PENSAMIENTO:

“En tiempos de cambio, quienes estén abiertos al aprendizaje se adueñarán del futuro, mientras que aquellos que creen saberlo todo estarán bien equipados para un mundo que ya no existe”

Eric Hoffer

AGRADECIMIENTOS:

A Dios por haberme dado unos padres excelentes; por la semilla de mi superación que han sembrado en mí, al resto de mi familia y mis amigos por su apoyo emocional y estímulo.

CONTENIDO	PÁGINA
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 DISEÑO TEÓRICO.....	2
1.1.1 Justificación	2
1.1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.1.2.1 Situación problemática.....	3
1.1.2.2 Problema.....	4
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO	5
1.2.1 Objetivo general	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.2.3 Hipótesis.....	5
1.3 ALCANCE	6
1.4 PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS Y EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	7
1.4.1 Definición de variables independientes y dependientes.....	7
1.4.1.1 Variable independiente.....	7
1.4.1.2 Variable dependiente.....	7
1.4.2 Unidad de estudio.....	7
1.4.2.1 Población.....	8
1.4.2.2 Muestra.....	8
1.4.3 Métodos y técnicas empleadas	8
2 MARCO TEÓRICO: DISPOSITIVOS DE CONTENCIÓN VEHICULAR....	11
2.1 SEGURIDAD VIAL	11
2.1.1 Definición	11
2.2 TERMINALES Y AMORTIGUADORES DE IMPACTO	12

2.2.1	Conceptos y definiciones.....	12
2.2.1.1	Seguridad vial.....	12
2.2.1.2	Dispositivos de contención vial.....	12
2.2.2	Principios físicos.....	14
2.2.2.1	Energía cinética.....	14
2.2.2.2	Conservación de la energía (momentum).....	14
2.2.3	Normativas.....	16
2.3	TIPOS DE TERMINALES DE BARRERA Y AMORTIGUADORES DE IMPACTO.....	17
2.3.1	Terminales de barrera.....	17
2.3.2	Amortiguadores de impacto.....	23
2.3.2.1	Amortiguadores de impacto re direccionables.....	23
2.3.2.2	Amortiguadores de impacto no redireccionable.....	28
2.4	CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	30
2.4.1	Recomendaciones generales.....	30
2.4.2	Factores que se consideran en la selección de barreras.....	31
2.4.2.1	Nivel de contención.....	32
2.4.2.2	Deflexión de la barrera.....	33
2.4.2.3	Condiciones del sitio.....	33
2.4.2.4	Compatibilidad.....	34
2.4.2.5	Costos de instalación y mantenimiento.....	35
2.4.2.6	Estética.....	35
2.4.2.7	Condiciones ambientales.....	35
2.4.2.8	Historial de desempeño del sistema.....	36
2.4.3	Criterios generales para la disposición de las barreras.....	36

2.4.3.1	Alineación lateral	36
2.4.3.2	Disposición en altura de las barreras de contención	39
2.4.3.3	Condiciones en los márgenes de las vías	40
2.4.3.4	Razón de esviaje.....	40
2.4.3.5	Longitud de la barrera	41
2.4.3.6	Continuidad de las barreras	41
2.4.4	Guía de selección de amortiguadores de impacto	42
2.4.4.1	Características del Lugar.....	42
2.4.4.2	Características estructurales y operativas de sistemas disponibles.	44
2.4.4.3	Costo.....	44
2.4.4.4	Mantenimiento	45
3	REDISEÑO DE ELEMENTOS DE CONTENCIÓN VEHICULAR TRAMO	
	TARIJA – FALDA LA QUEÑUA – SAN LORENCITO.....	47
3.1	UBICACIÓN DEL TRAMO	47
3.2	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRAMO.....	48
3.2.1	Topografía del tramo	50
3.3	EVALUACIÓN DE CONDICIONES ACTUALES.....	51
3.3.1	Barreras de seguridad existentes	52
3.3.2	Terminales de barrera existentes.....	54
3.4	EVALUACIÓN DE LAS CURVAS HORIZONTALES Y VELOCIDAD	54
3.5	ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR.....	56
3.5.1	Aforo Vehicular.....	56
3.5.2	Comportamiento del tráfico	57
3.5.3	Tráfico promedio diario	59
3.5.4	Volúmenes vehiculares	60

3.6	REDISEÑO DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD VIAL.....	61
3.6.1	Barreras de seguridad	61
3.6.1.1	Zona libre	61
3.6.1.2	Selección del nivel de contención	62
3.6.1.3	Elección del tipo de barrera.....	68
3.7	UBICACIÓN LATERAL DE LA BARRERA	72
3.8	APLICACIÓN DE TERMINALES DE BARRERA	73
3.8.1	APLICACIÓN DE AMORTIGUADORES DE IMPACTO	76
3.8.2	Ubicación de los amortiguadores de impacto	77
3.9	CANTIDADES.....	78
3.9.1	Barreras de seguridad	78
3.9.2	Terminales de barrera	80
3.9.3	Amortiguadores de impacto	82
3.10	ALTERNATIVAS DE IMPLEMENTACIÓN	83
3.10.1	Alternativas de implementación	83
3.11	PRESUPUESTO DE LAS ALTERNATIVAS.....	87
3.11.1	Precio unitario	87
3.11.1.1	Primera alternativa	88
3.11.1.2	Segunda alternativa	88
3.11.1.3	Tercera alternativa.....	88
3.11.2	Costo de materiales	89
3.11.3	Presupuesto.....	90
3.11.4	Especificaciones técnicas	93
3.12	ELECCIÓN DE ALTERNATIVA.....	94

3.13	ANÁLISIS DE RESULTADOS	95
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
4.1	CONCLUSIONES	98
4.2	RECOMENDACIONES	100

ÍNDICE DE CUADROS	PÁGINA
Cuadro Nro. 1 Barreras de contención en el tramo.....	53
Cuadro Nro. 2 Terminales de barrera tramo	54
Cuadro Nro. 3 Detalles de curvas San Lorencito – Falda la Queñua.....	54
Cuadro Nro. 4 Detalles de curvas Falda la Queñua – Puente Calama	55
Cuadro Nro. 5 Planilla de aforo	56
Cuadro Nro. 6 Transporte promedio horario.....	59
Cuadro Nro. 7 Valor porcentual tipo vehículo.....	60
Cuadro Nro. 8 Clasificación vehicular por su peso.....	61
Cuadro Nro. 9 Ancho de la zona libre mínima necesaria (ZLMNo)	61
Cuadro Nro. 10 Factores de corrección según el radio de curvatura de la vía.....	62
Cuadro Nro. 11 Clasificación de la gravedad de los accidentes	63
Cuadro Nro. 12 Relación heridos y número de muertes accidentes de tránsito.....	63
Cuadro Nro. 13 Parámetros de nivel de contención.....	65
Cuadro Nro. 14 Niveles de contención San Lorencito – Túnel	65
Cuadro Nro. 15 Niveles de contención Túnel – Puente Calama.....	66
Cuadro Nro. 16 Tipos de barreras de seguridad.....	68
Cuadro Nro. 17 Dimensiones del guardarraíl de acero con viga thrie	69
Cuadro Nro. 18 Distancia de preocupación	72
Cuadro Nro. 19 Criterios para seleccionar la clase de contención de un terminal.....	73
Cuadro Nro. 20 Amortiguadores de impacto	78
Cuadro Nro. 21 Ubicación de las nuevas barreras	79
Cuadro Nro. 22 Terminales nuevas.....	81
Cuadro Nro. 23 Composición de la barrera de la 3ra alternativa.....	85

Cuadro Nro. 24 Terminales de barrera y transiciones: alternativa 3.....	86
Cuadro Nro. 25 Ítems primera alternativa.....	88
Cuadro Nro. 26 Ítems segunda alternativa.....	88
Cuadro Nro. 27 Ítems tercera alternativa.....	88
Cuadro Nro. 28 Costo de los materiales.....	89
Cuadro Nro. 29 Precios unitarios primera alternativa.....	89
Cuadro Nro. 30 Precios unitarios segunda alternativa.....	90
Cuadro Nro. 31 Precios unitarios tercera alternativa.....	90
Cuadro Nro. 32 Presupuesto primera alternativa.....	91
Cuadro Nro. 33 Presupuesto segunda alternativa.....	91
Cuadro Nro. 34 Presupuesto tercera alternativa.....	92
Cuadro Nro. 35 Cuadro comparativo de costos y cantidades.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS	PÁGINA
Figura Nro. 1 Barreras de seguridad	12
Figura Nro. 2 Terminales de barrera	13
Figura Nro. 3 Amortiguadores de impacto	13
Figura Nro. 4 Conservación de la energía.....	15
Figura Nro. 5 Terminales abatidos para barreras rígidas	18
Figura Nro. 6 Terminal esviado y anclado.....	20
Figura Nro. 7 Terminal atenuador del tipo estructur.....	21
Figura Nro. 8 Terminal europea ABC	22
Figura Nro. 9 Terminal de extensión de impacto dinámico.....	23
Figura Nro. 10 Amortiguador de impacto sistema great.....	24
Figura Nro. 11 Amortiguador de impacto sistema quadguard.....	25
Figura Nro. 12 Atenuador de bajo mantenimiento (LMA).....	26
Figura Nro. 13 Amortiguador de impactos sistema REACT 350	27
Figura Nro. 14 Amortiguador de impactos sistema TRACC.....	28
Figura Nro. 15 Amortiguador de impacto sistema ABSORB.....	29
Figura Nro. 16 Amortiguador de impacto de tambores con arena.....	30
Figura Nro. 17 Relación entre la disposición transversal de la barrera	37
Figura Nro. 18 Ubicación de la barrera con respecto a los obstáculos	39
Figura Nro. 19 Pautas para la disposición en altura de la barrera.....	40
Figura Nro. 20 Requerimientos dimensionales.....	1
Figura Nro. 21 Ubicación del tramo en estudio	47
Figura Nro. 22 Sección transversal tipo en tangente mixta	48
Figura Nro. 23 Sección transversal tipo en tangente – corte.....	49

Figura Nro. 24 Sección transversal tipo en tramo curvo - corte	49
Figura Nro. 25 Sección transversal tipo en terraplén - curva.....	49
Figura Nro. 26 Imagen satelital del tramo	50
Figura Nro. 27 Terminal existente tipo aleta	51
Figura Nro. 28 Terminal existente tipo cola de pez	51
Figura Nro. 29 Barrera emplazada tramo de estudio	52
Figura Nro. 30 Comportamiento tráfico liviano	57
Figura Nro. 31 Comportamiento tráfico mediano.....	57
Figura Nro. 32 Comportamiento tráfico pesado	58
Figura Nro. 33 Comportamiento tráfico	58
Figura Nro. 34 Accidente en puente	64
Figura Nro. 35 Vuelco de flota	64
Figura Nro. 36 Guardarraíl de viga thrie.....	70
Figura Nro. 37 Guardarraíl Ironwood Aesthetic	70
Figura Nro. 38 Guardarraíl de viga thrie según requisitos AASHTO M180.....	71
Figura Nro. 39 Guardarraíl Ironwood Aesthetic, según requisitos NCHRP 350.....	71
Figura Nro. 40 Ubicación de la barrera de seguridad	72
Figura Nro. 41 Empotramiento de barrera en talud	73
Figura Nro. 42 Terminal tipo A	74
Figura Nro. 43 Terminal tipo B.....	74
Figura Nro. 44 Terminal tipo C.....	75
Figura Nro. 45 Terminal tipo D	75
Figura Nro. 46 Ubicación amortiguador de impacto	76
Figura Nro. 47 Riesgo de terminal de barrera.....	80

Figura Nro. 48 Amortiguadores de impacto “San Lorencito”	82
Figura Nro. 49 Amortiguadores de impacto “Pajchani”	83
Figura Nro. 50 Transición de barrera W de 3 a 2 ondas	84