

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“EVALUACIÓN DE BARRERAS DE CONTENCIÓN
RESPALDADAS POR LS-DYNA PARA CARRETERAS
EN EL MARCO DE LA SEGURIDAD VIAL EN EL
TRAMO TARIJA-FALDA LA QUEÑUA”**

Por:

PAOLA ANDREA GUERRERO RAMOS

Semestre II – 2022

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

“EVALUACIÓN DE BARRERAS DE CONTENCIÓN RESPALDADAS POR LS-DYNA PARA CARRETERAS EN EL MARCO DE LA SEGURIDAD VIAL EN EL TRAMO TARIJA-FALDA LA QUEÑUA”

Por:

PAOLA ANDREA GUERRERO RAMOS

Semestre II – 2022

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

Le dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente, a mis padres Nery y Sabina que me apoyaron. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento. También quiero dedicarles este trabajo a mis hermanos Eduardo y Sergio, que su cariño me incentivo a seguir adelante y ser un ejemplo para ellos.

También, quiero dedicarles este trabajo a mis abuelos Julio y Bonifacio que desde el cielo me ven con orgullo y mis abuelas Agustina y Antolina que están conmigo para presenciar este momento.

Y no puedo olvidarme de mi Tía Rosmery y mi Tío Freddy que siempre estuvieron para mí, incluso cuando nadie más estaba.

ÍNDICE
CAPÍTULO I
GENERALIDADES

	Página
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 OBJETIVO.....	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.4.1 Situación problemática.....	4
1.4.2 Problema	6
1.5 DEFINICIÓN DE VARIABLES	6
1.5.1 Variable	6
1.5.2 Operacionalización de la variable	6
1.6 HIPÓTESIS	7
1.7 PROCESO METODOLÓGICO.....	7
1.7.1 Tipo de investigación o estudio	7
1.7.2 Población y muestra	7
1.7.3 Métodos.....	8
1.7.4 Técnicas y procedimiento	8
1.7.5 Identificación del esquema que corresponde a la perspectiva.	9
1.7.6 Instrumentos	10
1.7.7 Medios.....	11
1.8 ALCANCE DEL PROYECTO	11

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN EN EL MARCO DE LA SEGURIDAD VIAL

	Página
2.1 SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS	12
2.1.1 Definición.....	13
2.1.2 Elementos de seguridad vial.....	16
2.2 BARRERAS DE CONTENCIÓN.....	19
2.2.1 Definición.....	19
2.2.2 Tipos de barreras de contención.....	19
2.3 CRITERIOS GENERALES PARA LA COLOCACIÓN DE BARRERAS DE CONTENCIÓN.....	24
2.3.1 Estudio de trafico	26
2.3.2 Estudio de las características geométricas de la carretera.....	26
2.3.3 Identificación de zonas de potencial riesgo	26
2.4 SELECCIÓN DE LA BARRERA DE CONTENCIÓN ADECUADA.....	26
2.4.1 Condiciones del Terreno y Medio Ambiente	27
2.4.2 Clase y nivel de contención.....	27
2.4.3 Anchura de trabajo y deflexión dinámica	29
2.4.4 Índice de severidad.....	30
2.4.5 Situaciones especiales	31
2.4.6 Criterios de disposición de las barreras de seguridad	32
2.5 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN.....	34
2.5.1 Condiciones del terreno natural	34
2.5.2 Distancia de la barrera al borde de la calzada.....	35

2.5.3	Distancia requerida del inicio de la barrera a la zona de riesgo.....	35
2.5.4	Disposición en altura.....	37
2.5.5	Inclinación.....	38
2.5.6	Cimentación y longitud de postes	38
2.5.7	Tratamiento de los extremos de la barrera	39
2.6	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BARRERA DE SEGURIDAD...	40
2.6.1	Transiciones y Conexiones	40
2.6.2	Materiales	41
2.6.3	Instalación	42
2.7	MANTENIMIENTO DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN.....	42
2.8	CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS OBLIGATORIAS PARA LAS BARRERAS DE SEGURIDAD	43
2.9	LS-DYNA	45
2.9.1	Definición.....	45
2.9.2	Función.....	45
2.9.3	Campo de aplicación.....	46

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN EN EL MARCO DE LA SEGURIDAD VIAL

	Página	
3.1	UBICACIÓN.....	47
3.1.1	Ubicación del tramo carretero a evaluar	47
3.2	CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO CARRETERO.....	48
3.2.1	Características geométricas.....	49
3.2.2	Tipo de suelo.....	49

3.2.3	Características de tráfico	50
3.3	RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DE TRÁFICO	51
3.3.2	Volumen de recorrido real	62
3.4	IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE RIESGO	64
3.5	IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN YA EXISTENTES	71
3.6	CARACTERIZACIÓN DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN	74
3.7	SELECCIÓN DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN	77
3.8	UBICACIÓN DE LA BARRERA DE CONTENCIÓN SELECCIONADA ...	78
3.8.1	Ubicación de las barreras de riesgo muy grave.....	81
3.9	DISEÑO PRELIMINAR SEGÚN NORMA.....	82
3.9.1	Nivel de contención.....	82
3.9.2	Ancho de trabajo y deflexión dinámica	83
3.9.3	Índice de severidad aceptable.....	84
3.9.4	Geometría preliminar de las barreras de contención.....	85
3.9.5	Análisis de eficiencia	87
3.9.6	Velocidad Aceptable	87
3.10	PRUEBA DE COLISIÓN MEDIANTE LS-DYNA DEL DISEÑO PRELIMINAR	91
3.11	REDIMENSIONANDO DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN	93
3.12	DISEÑO FINAL DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN SEGÚN NORMA.....	93
3.12.1	Nivel de contención.....	93
3.12.2	Ancho de trabajo	93
3.12.3	Índice de severidad aceptable.....	93
3.12.4	Velocidad Aceptable	94

3.12.5	Análisis de eficiencia	94
3.12.6	Geometría final de las barreras de contención	94
3.13	EJECUCIÓN A RESISTENCIA DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN.....	104
3.13.1	Ensayos destructivos de los componentes a pequeña escala en laboratorio	104
3.13.2	Recopilación de los datos tomados según cada componente	107
3.14	PRUEBA DE COLISIÓN MEDIANTE LS-DYNA DEL DISEÑO FINAL DE LAS BARRERAS.....	107
3.15	PRUEBA DE COLISIÓN MEDIANTE LS-DYNA DE LAS BARRERAS YA EXISTENTES.....	107
3.16	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN TOMANDO EN CUENTA EL VEHÍCULO MÁS PESADO.....	109
3.16.1	Diseño preliminar según norma	109
3.16.2	Geometría preliminar de las barreras de contención.....	110
3.16.3	Análisis de eficiencia	111
3.16.4	Velocidad Aceptable	111
3.16.5	Prueba de colisión mediante LS-DYNA del diseño preliminar	111
3.16.6	Redimensionando de las barreras de contención	113
3.16.7	Diseño final de las barreras de contención según norma	113
3.16.8	Geometría final de las barreras de contención	114

CAPÍTULO IV

EVALUACIONES DE LOS RESULTADOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD VIAL

	Página
4.1 EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COLISIÓN CON LA DISPOSICIÓN DE LAS BARRERAS IDEALES DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD VIAL	120
4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE COLISIÓN DE LAS BARRERAS REALES DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD VIAL	124
4.3 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS DOS PRUEBAS DE COLISIÓN DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD VIAL	127

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1 CONCLUSIONES.....	130
5.2 RECOMENDACIONES	131

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1 DATOS DEL ESTUDIO DE TRAFICO

ANEXO 2 ESTUDIO DE VELOCIDADES

ANEXO 3 IDENTIFICACION BARRERAS YA EXISTENTES

ANEXO 4 DE LAS PRUEBAS DE COLISION: BARRERAS IDEALES

ANEXO 5 DE LAS PRUEBAS DE COLISION: BARRERAS YA EXISTENTES

ANEXO 6 PRUEBA A MENOR ESCALA: COMPONENTES DE LA BARRERA

ANEXO 7 FOTOGRAFIAS

ANEXO 8 PLANOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1 Variable.....	6
Tabla 1.2 Esquema de Perspectiva.....	9
Tabla 1.3 Instrumentos.....	10
Tabla 2.1 Número de personas muertas y heridas en accidentes de tránsito	14
Tabla 2.2 Accidentes de tránsito registrados según departamento	15
Tabla 2.3 Clases y niveles de contención para sistemas de contención de vehículos UNE-EN 1317.....	28
Tabla 2.4 Características de los ensayos de impacto según la norma UNE-EN 1317	29
Tabla 2.5 Clases de anchura de trabajo para las barreras de seguridad metálicas, según UNE-EN 1317.....	30
Tabla 2.6 Índice de severidad del impacto para las barreras de seguridad, según UNE-EN 1317	31
Tabla 2.7 Máxima distancia (m) entre el borde de las superficies pavimentadas y una barrera de seguridad metálica paralela a ella según UNE-EN 1317	33
Tabla 2.8 Distancia de Aproximación del área de riesgo según AASTHO	37
Tabla 2.9 Clasificación de Amortiguadores de Impacto y Tratamiento según AASHTO.....	40
Tabla 3.1 Características de la vía.....	48
Tabla 3.2 Topografía del tramo.....	49
Tabla 3.3 Horas pico	51
Tabla 3.4 Conteo vehicular	52
Tabla 3.5 Peso máximo permitido por eje	56
Tabla 3.6 Conteo vehicular hora pico	57
Tabla 3.7 Conteo vehicular hora pico	58
Tabla 3.8 Conteo vehicular hora pico	59
Tabla 3.9 Conteo vehicular hora pico	60
Tabla 3.10 Conteo vehicular	61
Tabla 3.11 Planilla de conteo de velocidades	63

Tabla 3.12 Planilla de promedio de velocidades.....	64
Tabla 3.13 Elementos o situaciones potenciales de riesgo	66
Tabla 3.14 Barreras Según su nivel de riesgo	70
Tabla 3.15 Identificación de las barreras ya existentes.....	71
Tabla 3.16 Reporte de las barreras	75
Tabla 3.17 Disposición ideal de las barreras de contención	78
Tabla 3.18 Geolocalización de las barreras de contención muy graves.....	81
Tabla 3.19 Selección del nivel de contención recomendado para barreras de seguridad metálicas según el riesgo de accidente	82
Tabla 3.20 Selección del nivel de contención para barreras de seguridad metálicas según el riesgo de accidente	82
Tabla 3.21 Clase de anchura de trabajo	84
Tabla 3.22 Índice de severidad del impacto.....	84
Tabla 3.23 Máxima distancia entre el pavimento y una barrera	85
Tabla 3.24 longitud mínima	85
Tabla 3.25 Barreras a utilizar y su modelo	87
Tabla 3.26 Características de los ensayos de impacto	88
Tabla 3.27 Numero de pruebas de colisión a realizar	89
Tabla 3.28 Disposición de las pruebas de colisión	90
Tabla 3.29 Longitud de las barreras de contención.....	101
Tabla 3.30 Ensayo a tracción	104
Tabla 3.31 Resultados	105
Tabla 3.32 Ensayo a Tracción.....	105
Tabla 3.33 Resultados	106
Tabla 3.34 Barreras a utilizar y su modelo	111
Tabla 4.1 Evaluación.....	128

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Página
Imagen 2.1 Segregadores de Carril	16
Imagen 2.2 Protectores de rampas	17
Imagen 2.3 Accesibilidad en espacios públicos	17
Imagen 2.4 Restrictores de ancho	17
Imagen 2.5 Isletas Peatonales	18
Imagen 2.6 Rotondas.....	18
Imagen 2.7 Barreras de contención.....	18
Imagen 2.8 Barreras de contención.....	20
Imagen 2.9 Barreras de contención de hormigón.....	20
Imagen 2.10 Pretiles.....	20
Imagen 2.11 Amortiguadores de impacto	21
Imagen 2.12 Secciones transversales de mediana con posibles disposiciones de barrera de seguridad.....	34
Imagen 2.13 Muestra esquemáticamente los parámetros que intervienen para determinar la distancia requerida del inicio de la barrera	36
Imagen 3.1 Tramo a Evaluar Cruce Rancho-Túnel Falda la Queñua según Google maps.....	47
Imagen 3.2 Topografía Falda la Queñua.....	49
Imagen 3.3 Asfaltado del tramo a evaluar	50
Imagen 3.4 Cruce El Rancho puesto de control de aforo.....	53
Imagen 3.5 Barreras en buen estado	76
Imagen 3.6 Barreras en mal estado	77
Imagen 3.7 Espesores de la barrera.....	95
Imagen 3.8 Tornería	95
Imagen 3.9 Detalle de montaje.....	96
Imagen 3.10 Detalle Postes	96
Imagen 3.11 Viga W	97
Imagen 3.12 Separador.....	97

Imagen 3.13 Disposición de barrera.....	98
Imagen 3.14 Detalle de montaje.....	98
Imagen 3.15 Postes	99
Imagen 3.16 Tornillería.....	99
Imagen 3.17 Distancia entre postes.....	100
Imagen 3.18 Espesores de la barrera.....	115
Imagen 3.19 Tornería	115
Imagen 3.20 Detalle de montaje.....	116
Imagen 3.21 Detalle Postes	116
Imagen 3.22 Viga triple onda.....	117
Imagen 3.23 Separador.....	117
Imagen 3.24 Distancia entre postes.....	118
Imagen 4.1 Cimentación	125

ÍNDICE DE GRAFICAS

	Página
Gráfica 3.1 Aforo carril 1	53
Gráfica 3.2 Aforo carril 2.....	54
Gráfica 3.3 Aforo carril 1 y 2.....	54
Gráfica 3.4 Conteo vehicular hora pico	57
Gráfica 3.5 Conteo vehicular hora pico	58
Gráfica 3.6 Conteo vehicular hora pico	59
Grafica 3.7 Conteo vehicular hora pico	61
Gráfica 3.8 Fracción de afijación y distribución.....	89
Gráfica 3.9 Esfuerzo Des formación.....	104
Gráfica 3.10 Esfuerzo vs deformación.....	106