

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



TOMO I

**“DISEÑO DE INGENIERÍA MEJORAMIENTO DE CAMINO
QUEBRADA EL TORO - EL TORO”**

Por:

VIORELI LORENA TEJERINA FORONDA

Proyecto presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de licenciatura en Ingeniería Civil.

Semestre I

Gestión 2021

Tarija – Bolivia

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**

TOMO I

**“DISEÑO DE INGENIERÍA MEJORAMIENTO DE CAMINO
QUEBRADA EL TORO - EL TORO”**

Por:

TEJERINA FORONDA VIORELI LORENA

Semestre I

Gestión 2021

Tarija – Bolivia

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

Dedicatoria

A mi madre Martha Foronda, por todo el amor incondicional, como una roca firme, dándome estabilidad y ejemplo de mujer luchadora, mi padre Oswaldo Tejerina, por el apoyo brindado, mis abuelitos Juana Echalar y Nicolás Foronda, por guiar mi camino con sus enseñanzas, mis hermanos Paola Tejerina y Oswaldo Nathanael Tejerina, por alegrar mis días, con su compañía y su amor autentico de hermanos, al más importante: Nuestro creador Jehová, su presencia en mi vida fue lo más gratificante, poniendo en mi camino personas increíbles y viendo la belleza de su creación en ellos.

Agradecimientos

Agradezco a **Dios**, por permitir cumplir un logro más en mi vida, llenándome de satisfacción y esperanza.

Mi madre Martha por ser madre fiel, cariñosa y autoridad imponente de valores, sencillez, siempre alentándome a luchar por mis sueños, mi padre, hermanos, abuelitos y amigos, por su grata compañía y apoyo incondicional.

Pensamiento

*“Para merecer la dicha hay que hacer el bien
y trabajar sin descanso; no se llega a ella por
la especulación o holganza.*

La pereza seduce, el trabajo satisface”.

(Ana Frank)

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 SITUACIÓN PROBLÉMICA.....	3
1.3.1 Planteamiento del problema.....	3
1.3.2 Problema.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 ALCANCE DEL PROYECTO	4

CAPÍTULO II

DISEÑO DE INGENIERIA

	Pág.
2.1 ESTUDIOS PREVIOS AL DISEÑO.....	9
2.1.1 Estudio topográfico	9
2.1.1.1 Topografía para proyectos.....	9
2.1.2 Estudio geotécnico	13
2.1.2.1 Trabajo de campo.....	14
2.1.2.2 Trabajo de laboratorio.....	15
2.1.2.2.1 Granulometría (AASHTO T-88, ASTM D 422).....	16
2.1.2.2.2 Límites de Atterberg.....	18
2.1.2.2.3 Clasificación.....	21
2.1.2.2.3.1 Clasificación AASHTO (AASHTO M 145, 1995).....	21

2.1.2.2.3.2 Clasificación SUCS (AASHTO M 145, ASTM 3282 o 2487)	23
2.1.2.2.4 Compactación (AASHTO T180, ASTM D1557-AASHTO T90 ASTM D698)...	24
2.1.2.2.5 CBR (AASHTO T-193, ASTM 1883)	27
2.1.2.3 Trabajo de gabinete	31
2.1.2.3.1 Material de préstamo.....	31
2.1.2.3.2 Resumen de estudio de suelos.....	31
2.1.3 Estudio hidrológico	33
2.1.3.1 Análisis estadístico de lluvias máximas diarias.....	33
2.1.3.2 Estimación de caudal de diseño.....	41
2.1.4 Estudio de tráfico	43
2.1.4.1 Proyecciones de tráfico.....	47
2.1.4.1.1 Tasas de crecimiento.....	47
2.1.4.1.2 Evolución del TPDA.....	48
2.1.4.1.3 Crecimiento de la población.....	48
2.1.4.1.4 Evolución del producto interno bruto – PIB.....	48
2.1.4.1.5 Evolución del parque automotor.....	48
2.1.4.2 Tráfico normal.....	50
2.1.4.3 Tráfico generado.....	52
2.1.4.4 Tráfico derivado o desarrollado.....	53
2.1.4.5 Tráfico total.....	54
2.2 DISEÑO DE INGENIERIA	55
2.2.1 Ubicación del proyecto	55
2.2.1.1 Ubicación física del proyecto.....	55
2.2.2 Información básica del área del proyecto.....	58
2.3. DISEÑO GEOMÉTRICO	59

2.3.1 Análisis de alternativa de trazo geométrico	59
2.3.1.1 Alternativa única de trazo.....	59
2.3.1.2 Selección de la alternativa única de trazo.....	62
2.3.2 Sistema de clasificación.....	63
2.3.2.1 Categoría de las vías.....	63
2.3.3 Velocidad de diseño	66
2.3.4 Diseño planimétrico	67
2.3.4.1 Distancia de frenado.....	67
2.3.4.2 Distancia de adelantamiento.....	68
2.3.4.3 Radio mínimo	68
2.3.4.4 Coeficiente de fricción transversal máximo admisible.....	69
2.3.4.5 Peralte máximo.....	70
2.3.4.6 Sobre ancho en curvas circulares.....	72
2.3.4.7 Longitud máxima en rectas.....	73
2.3.4.8 Longitud mínima en recta.....	73
2.3.4.9 Curva en S.....	74
2.3.4.10 Curvas circulares.....	74
2.3.4.11 Elementos de la curva circular simple.....	74
2.3.4.12 Elementos de la curva transición.....	75
2.3.4.13 Sección transversal.....	76
2.3.4.14 La plataforma.....	77
2.3.4.15 La calzada.....	78
2.3.4.16 Pendiente transversal o bombeo.....	79
2.3.4.17 Bermas.....	79
2.3.4.18 Ancho de bermas.....	79

2.3.4.19 Dimensión de sobre anchos.....	81
2.3.4.20 Resumen de parámetros de diseño horizontal.....	81
2.3.4.21 Cálculo para curvas horizontales.....	81
2.3.5 Diseño altimétrico	87
2.3.5.1 Alineamiento vertical	87
2.3.5.2 Pendientes máximas.....	88
2.3.5.3 Pendientes mínimas.....	88
2.3.5.4 Curvas verticales.....	89
2.3.5.4.1 Curvas verticales convexas	90
2.3.5.4.2 Curvas verticales cóncavas.....	90
2.3.5.5 Resumen de parámetros de diseño verticales.....	91
2.3.5.6 Cálculo de curvas verticales.....	91
2.3.6 Volúmenes de movimiento de tierra	94
2.3.6.1 Diagrama curva masa.....	96
2.4 DISEÑO ESTRUCTURAL	97
2.4.1 Periodo de diseño	97
2.4.2 Ejes equivalentes.....	97
2.4.2.1 Factor direccional y factor de carril.....	97
2.4.2.2. Numero de repeticiones de ejes equivalentes.....	98
2.4.2.2.1 Carga por eje.....	98
2.4.3 Análisis de C.B.R. de diseño.....	102
2.4.3.2 C.B.R. de diseño según instituto de asfaltos.....	102
2.4.3.3 C.B.R. crítico.....	102
2.4.4 Modulo de resiliente Mr.....	103
2.4.5 Alternativas del paquete estructural	103

2.4.5.1	Diseño de espesores.....	104
2.4.5.1.1	Confiabilidad.....	104
2.4.5.1.2	Desviación estándar global So.....	105
2.4.5.1.3	Criterios para determinar la serviciabilidad.....	105
2.4.5.1.4	Coefficiente de drenaje.....	106
2.4.5.1.5	Calculo de espesores de capa.....	106
2.5.	DISEÑO HIDRÁULICO	110
2.5.1	Diseño de cunetas.....	111
2.5.1.1	Intensidad máxima para la cuneta.....	112
2.5.1.2	Dimensionamiento de la cuneta.....	114
2.5.1.3	Dimensionamiento de la cuneta para todos los tramos.....	116
2.5.2	Diseño de alcantarillas de alivio	118
2.5.2.1	Intensidad máxima para la alcantarilla de alivio.....	118
2.5.2.2	Parámetros para el diseño de alcantarilla de alivio.....	118
2.5.2.3	Dimensionamiento de la alcantarilla de alivio.....	119
2.5.2.4	Resumen del cálculo de las alcantarillas de alivio.....	121
2.5.3	Diseño de alcantarillas de cruce.....	121
2.5.3.1	Caudal de diseño por el método racional.....	124
2.5.3.2	Dimensionamiento de la alcantarilla de cruce.....	124
2.6	SEÑALIZACIÓN.....	126
2.6.1	Señalización horizontal	126
2.6.1.1	Demarcación horizontal.....	126
2.6.1.2	Marcas incrustadas en el pavimento ojos de gato.....	128
2.6.2	Señalización vertical	129
2.6.2.1	Estructuras de soporte de señales verticales.....	134

2.7 PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	135
2.7.1 Cálculos métricos.....	135
2.7.2 Presupuesto general.....	159
2.7.2.1 Presupuesto general de ejecución.....	159
2.9 IMPACTO AMBIENTAL.....	194
2.9.1 Ficha ambiental (FA)	194
2.9.2 Categorización del proyecto.....	194
2.10 PLANOS DEL PROYECTO.....	194
2.10.1 Planos de ubicación y general	194
2.10.2 Planos de análisis de alternativas	195
2.10.3 Planos bimodales planta y perfil	195
2.10.4 Planos de secciones transversales	195
2.10.5 Planos de obras de drenaje	195

CAPÍTULO III

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
3.1 CONCLUSIONES.....	196
3.2 RECOMENDACIONES.....	197

Bibliografía

Anexos

Anexo 1: Estudio topográfico

Anexo 2: Replanteo del eje de diseño

Anexo 3: Alineamiento horizontal

Anexo 4: Alineamiento vertical

Anexo 5: Volúmenes de corte, volúmenes de relleno y curva masa

Anexo 6: Estudio geotécnico

Anexo 7: Estudio de tráfico

Anexo 8: Diseño estructural del pavimento

Anexo 9: Estudio hidrológico

Anexo 10: Diseño de cunetas

Anexo 11: Diseño de alcantarillas de alivio y cruce

Anexo 12: Cómputos métricos

Anexo 13: Precios unitarios

Anexo 14: Presupuesto general

Anexo 15: Especificaciones técnicas

Anexo 16: Ficha ambiental

Anexo 17: Informe fotográfico

Planos

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N°2. 1: Límites de consistencia.....	13
Tabla N°2. 2: Especificaciones de calidad	13
Tabla N°2. 3: Especificaciones de calidad para tratamiento superficial	13
Tabla N°2. 4: Granulometrías para subbase, base y carpeta de rodadura	14
Tabla N°2. 5: Clasificación de suelos sistema AASHTO	22
Tabla N°2. 6: Clasificación de suelos sistema SUCS.....	23
Tabla N°2. 7: Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y ensayos	31
Tabla N°2. 8: Periodo de retorno.....	36
Tabla N°2. 9: Clasificación vehicular según la ABC	44
Tabla N°2. 10: Clasificación funcional para diseño de carreteras y caminos rurales	64
Tabla N°2. 11: Características típicas de caminos según la clasificación funcional.....	65
Tabla N°2. 12: Velocidades de proyecto.....	66
Tabla N°2. 13: Distancia mínima de frenado en horizontal Df.....	67
Tabla N°2. 14: Distancia mínima de adelantamiento	68
Tabla N°2. 15: Radios mínimos absolutos en curvas horizontales	69
Tabla N°2. 16: Valores admisibles del coeficiente de fricción transversal	70
Tabla N°2. 17: Valores máximos para peralte y fricción transversal	71
Tabla N°2. 18: Ensanche de calzada permite el cruce de 2 vehículos del mismo tipo	72
Tabla N°2. 19: Ensanche de la calzada en caminos con $V_p \leq 60\text{Km/h}$	73
Tabla N°2. 20: Longitud de Rmin entre curvas de diferente sentido	74
Tabla N°2. 21: Anchos de calzada según categorías.....	78
Tabla N°2. 22: Bombeo de la calzada	79
Tabla N°2. 23: Ancho de bermas según categoría y V_p	80
Tabla N°2. 24: Pendiente máxima según categoría de carretera o camino	88
Tabla N°2. 25: Parámetros mínimos curvas verticales de visibilidad de frenado	91
Tabla N°2. 26: Periodo de diseño.....	97
Tabla N°2. 27: Factor de distribución por carril	98
Tabla N°2. 28: Porcentaje de camiones en el carril de diseño	98
Tabla N°2. 29: Relación de cargas por eje	99

Tabla N°2. 30: Pesos promedio por eje y tipo de vehículo	99
Tabla N°2. 32: Espesores mínimos en función a los ejes equivalente	103
Tabla N°2. 33: Niveles de confiabilidad	104
Tabla N°2. 34: Valores de Z_r en la curva normal para grados de confiabilidad	104
Tabla N°2. 35: Selección de los coeficientes de drenaje.....	106
Tabla N°2. 36: Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular	106
Tabla N°2. 37: Coeficiente de escorrentía.....	112
Tabla N°2. 38: Dimensiones de las señales verticales	133
Tabla N°2. 39: Ubicación longitudinal de las señales verticales.....	134
Tabla N°2. 40: Sustentación y fundación de señales verticales	135

ÍNDICE DE IMAGEN

	Pág.
Imagen N°2. 1: Ubicación de BM-3.....	10
Imagen N°2. 2: Levantamiento topográfico	11
Imagen N°2. 3: Extracción de muestra de suelo	15
Imagen N°2. 4: Ensayo granulométrico	16
Imagen N°2. 5: Ensayo de límite líquido y plástico	19
Imagen N°2. 6: Ensayo de compactación.....	25
Imagen N°2. 7: Ensayo de C.B.R.....	28
Imagen N°2. 8: Ecuaciones de probabilidad pluviométrica de Bolivia	35
Imagen N°2. 9: Polígono de tipo de suelo.....	39
Imagen N°2. 10: Polígono de cobertura vegetal.....	39
Imagen N°2. 11: Estación de aforo vehicular El Toro	43
Imagen N°2. 12: Parque automotor en el municipio de Tarija año 2018	49
Imagen N°2. 13: Parque automotor en el municipio de Tarija año 2019	49
Imagen N°2. 14: Curva vertical 1	92
Imagen N°2. 15: Diseño de espesores de pavimento flexible	107
Imagen N°2. 16: Diseño de espesores de tratamiento superficial triple	109
Imagen N°2. 17: Verificación con software H canales 3.1	115
Imagen N°2. 18: Casos de caudal conocido que ingresa a la alcantarilla	119
Imagen N°2. 19: Cálculo de diámetro de la alcantarilla de alivio.....	120
Imagen N°2. 20: Resumen de alcantarillas de alivio.....	121
Imagen N°2. 21: Áreas de aporte de las cuencas.....	122
Imagen N°2. 22: Curvas IDF.....	123
Imagen N°2. 23: Cálculo de sección transversal de alcantarilla de cruce	125

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico N°2. 1: Curva granulométrica (banco de préstamo).....	17
Gráfico N°2. 2: Curva de límite líquido, muestra N°1	20
Gráfico N°2. 3: Compactación, muestra N°1	26
Gráfico N°2. 4: Carga penetración, muestra N°1	29
Gráfico N°2. 5: C.B. R - peso unitario, muestra N°1	30
Gráfico N°2. 6: Curva IDF, cuenca N°1	41
Gráfico N°2. 7: Variación horaria del volumen de tránsito.....	46
Gráfico N°2. 8: Curva masa	96
Gráfico N°2. 9: Capas estructurales pavimento flexible	108
Gráfico N°2. 10: Capas estructurales tratamiento superficial triple	110
Gráfico N°2. 11: Ecuaciones de probabilidad pluviométrica de Bolivia	110

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N°2. 1: Resumen de BM's.....	11
Cuadro N°2. 2: Puntos topográficos del proyecto.....	12
Cuadro N°2. 3: Coordenadas de las calicatas.....	15
Cuadro N°2. 4: Tamizado del suelo banco de préstamo, método general.....	17
Cuadro N°2. 5: Resumen de los ensayos de granulometría.....	18
Cuadro N°2. 6: Valores de límite líquido e índice de plasticidad.....	19
Cuadro N°2. 7: Determinación de límite líquido, muestra N°1.....	20
Cuadro N°2. 8: Determinación de límite plástico, muestra N°1.....	20
Cuadro N°2. 9: Resumen de los resultados de límites de Atterberg.....	21
Cuadro N°2. 10: Resumen de la clasificación de los suelos.....	24
Cuadro N°2. 11: Contenido de humedad y densidad, muestra N°1.....	26
Cuadro N°2. 12: Resumen de los resultados de compactación.....	27
Cuadro N°2. 13: Contenido de humedad y peso unitario, muestra N°1.....	28
Cuadro N°2. 14: C.B.R, muestra N°1.....	29
Cuadro N°2. 15: Resumen de resultado de los CBR's.....	30
Cuadro N°2. 16: Resumen de los resultados de todos los ensayos de suelos.....	31
Cuadro N°2. 17: Valor de diseño de soporte de la subrasante.....	32
Cuadro N°2. 18: Estación pluviométrica en la zona de estudio.....	33
Cuadro N°2. 19: Precipitaciones máximas.....	34
Cuadro N°2. 20: Altura de lluvia máxima diaria.....	35
Cuadro N°2. 21: Propiedades de la cuenca N°1.....	37
Cuadro N°2. 22: Tiempo de concentración cuenca N°1.....	37
Cuadro N°2. 23: Resultados de los parámetros para definición de cuencas.....	38
Cuadro N°2. 24: Obtención del coeficiente de escorrentía.....	40
Cuadro N°2. 25: Resultados de cálculo de caudales, método racional.....	42
Cuadro N°2. 26: Composición del tráfico promedio horario.....	45
Cuadro N°2. 27: Resultado de tráfico promedio diario.....	46
Cuadro N°2. 28: Tasa anual de crecimiento intercensal (periodo 2.001-2.012).....	48
Cuadro N°2. 29: Parque automotor de los municipios en estudio.....	48

Cuadro N°2. 30: Tasas de crecimiento	50
Cuadro N°2. 31: Volúmenes de tráfico normal	51
Cuadro N°2. 32: Volúmenes de tráfico generado.....	52
Cuadro N°2. 33: Volúmenes de tráfico derivado	53
Cuadro N°2. 34: Volúmenes de tráfico total estimado.....	54
Cuadro N°2. 35: Resultado de tráfico futuro.....	55
Cuadro N°2. 36: Resumen censo población y vivienda 2.012 comunidades en estudio..	58
Cuadro N°2. 37: Resumen censo de las unidades educativas de las comunidades	58
Cuadro N°2. 38: Parámetros de diseño horizontal	81
Cuadro N°2. 39: Reporte del software AutoCAD Civil 3D	82
Cuadro N°2. 40: Replanteo de peralte y sobre ancho.....	83
Cuadro N°2. 41: Reporte del software AutoCAD Civil 3D	85
Cuadro N°2. 42: Replanteo de peralte y sobre ancho.....	86
Cuadro N°2. 43: Parámetros de diseño vertical.....	91
Cuadro N°2. 44: Replanteo de curva vertical.....	93
Cuadro N°2. 45: Reporte de curva vertical AutoCAD civil 3D	93
Cuadro N°2. 46: Reporte de volúmenes de corte-corte.....	95
Cuadro N°2. 47: Reporte de volúmenes de relleno-relleno.....	95
Cuadro N°2. 48: Reporte de volúmenes de relleno-corte.....	96
Cuadro N°2. 49: Resumen de volúmenes de movimiento de tierra	96
Cuadro N°2. 50: Determinación de los factores “LEF” y el factor de camión “TF”	100
Cuadro N°2. 51: TPDA en los ejes mixtos de cada clase de vehículo por año	101
Cuadro N°2. 52: ESAL para cada tipo de vehículo de proyecto	102
Cuadro N°2. 53: Procesamiento de datos para el percentil	102
Cuadro N°2. 54: Análisis del diseño de espesores pavimento flexible	107
Cuadro N°2. 55: Análisis del diseño de espesores tratamiento superficial triple.....	109
Cuadro N°2. 56: htT para cunetas	111
Cuadro N°2. 57: Intensidad máxima para la cuneta	112
Cuadro N°2. 58: Área de aporte en cuneta.....	113
Cuadro N°2. 59: Ubicación por progresiva de la cuneta.....	116
Cuadro N°2. 60: Cálculo de tirante para cunetas triangulares.....	117

Cuadro N°2. 61: htT para alcantarillas de alivio	118
Cuadro N°2. 62: Intensidad máxima para alcantarilla de alivio.....	118
Cuadro N°2. 63: Resumen alcantarillas de cruce	125
Cuadro N°2. 64: Computo métrico de tratamiento superficial.....	136
Cuadro N°2. 65: Cómputo métrico de tratamiento superficial triple	146
Cuadro N°2. 66: Computo métrico de pavimento flexible.....	148
Cuadro N°2. 67: Computo métrico de pavimento flexible.....	158
Cuadro N°2. 68: Presupuesto general de ejecución para tratamiento superficial triple .	160
Cuadro N°2. 69: Presupuesto general de ejecución para pavimento flexible.....	161
Cuadro N°2. 70: Precios unitarios	162