

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



“DISEÑO DE INGENIERÍA APERTURA DEL TRAMO VIAL
RÍO GRANDE – YERBA BUENA”

Por:

JUAN CARLOS MENDOZA RUEDA

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 - 2024
TARIJA – BOLIVIA

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

“DISEÑO DE INGENIERÍA APERTURA DEL TRAMO VIAL
RÍO GRANDE – YERBA BUENA”

Por:

JUAN CARLOS MENDOZA RUEDA

Semestre I - 2024
TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios por guiarme en el buen camino. A mi madre Edith quien es el pilar más importante de mi vida, por demostrarme siempre su cariño, apoyo incondicional, por brindarme sus consejos en los momentos que más lo necesité para mi formación profesional, a seguir adelante y no rendirme, a mi padre Román por su apoyo desde el cielo, por ser mi ángel que cuida y guía desde arriba. A mis hermanos Abigail, Soledad y Arturo que están animándome en el día a día en este recorrido. A mi pareja Nely quien me apoya todo el tiempo y me alentó a continuar, a seguir cumpliendo nuevos sueños.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Situación problemática	2
1.2.1. Problema.....	3
1.2.2. Relevancia y factibilidad del problema	3
1.2.3. Delimitación temporal y espacial del problema	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Operacionalización de las variables	6
1.5.1. Variable independiente	6
1.5.2. Variable dependiente	7
1.6. Identificación del tipo de investigación.....	8
1.7. Unidades de estudio y decisión muestral.....	8
1.7.1. Unidad de estudio	8
1.7.2. Población	8
1.7.3. Muestra.....	8
1.8. Métodos y técnicas empleadas	8
1.8.1. Métodos	9
1.8.2. Técnicas	10
1.9. Procesamiento de la información.....	11
1.10. Alcance de diseño final de ingeniería.....	11

CAPÍTULO II

PARÁMETROS DE DISEÑO

		Página
2.1.	Ubicación del proyecto.....	13
2.1.1.	Ubicación geográfica.....	13
2.1.2.	Características generales de la zona del proyecto	15
2.2.	Estudios previos al diseño	18
2.2.1.	Estudio topográfico.....	18
2.2.1.1.	Trabajo de campo	18
2.2.1.2.	Trabajo de gabinete y procesamiento de datos.....	24
2.2.2.	Estudio geotécnico.....	24
2.2.2.1.	Etapa de campo.....	24
2.2.2.2.	Etapa de laboratorio.....	26
2.2.3.	Estudio hidrológico.....	40
2.2.3.1.	Análisis de consistencia.....	40
2.2.3.2.	Parámetros morfométricos de la cuenca de intervención	42
2.2.3.3.	Tiempo de concentración.....	43
2.2.3.4.	Lluvias máximas diarias mediante el modelo Log Pearson III.....	44
2.2.3.5.	Intensidad, duración y frecuencia.....	45
2.2.3.6.	Cálculo de la intensidad máxima.....	46
2.2.4.	Estudio de tráfico.....	47
2.2.4.1.	Cálculo de TPD	49
2.2.4.2.	Tráfico normal, tráfico generado y tráfico inducido.....	54
2.2.4.3.	Proyección del tráfico.....	54
2.2.4.4.	Cálculo de los ejes equivalentes (ESALs).....	61
2.3.	Diseño geométrico.....	63

2.3.1.	Análisis de alternativas.....	63
2.3.1.1.	Descripción de posibles alternativas de trazo.....	63
2.3.1.2.	Alternativa de trazo 1	64
2.3.1.3.	Alternativa de trazo 2	64
2.3.1.4.	Selección de la alternativa de trazo	65
2.3.2.	Sistema de clasificación.....	66
2.3.2.1.	Categoría de las vías	66
2.3.2.2.	Velocidad de proyecto	67
2.3.3.	Diseño geométrico del trazado	68
2.3.4.	Distancia de visibilidad y maniobras asociadas.....	68
2.3.4.1.	Distancia de frenado	68
2.3.4.2.	Distancia de adelantamiento	69
2.3.5.	Trazado en planta	70
2.3.5.1.	Curvas circulares	70
2.3.5.2.	Radios mínimos	72
2.3.5.3.	Peralte máximo.....	73
2.3.5.4.	Sobreancho en curvas circulares.....	74
2.3.5.5.	Longitud máxima en rectas	76
2.3.5.6.	Longitud mínima en rectas	76
2.3.6.	Trazado de alineamiento vertical.....	77
2.3.6.1.	Pendientes máximas	77
2.3.6.2.	Pendientes mínimas	77
2.3.6.3.	Curvas verticales	78
2.3.6.4.	Parámetros mínimos por visibilidad de frenado	78
2.3.6.5.	Parámetros mínimos por visibilidad de adelantamiento	79

2.3.6.6.	Longitud mínima de curvas verticales.....	80
2.3.7.	Sección transversal	81
2.3.7.1.	Ancho de plataforma	84
2.3.7.2.	Bermas.....	84
2.3.7.3.	Sobreanchos de plataforma (SAP).....	84
2.3.7.4.	Bombeos.....	85
2.3.8.	Taludes	85
2.3.8.1.	Taludes de terraplén.....	85
2.3.8.2.	Taludes de corte.....	86
2.3.9.	Resumen de parámetros de diseño	86
2.3.10.	Volúmenes de movimientos de tierra	87
2.3.11.	Diagrama de curva masa	89
2.4.	Diseño estructural	89
2.4.1.	Tratamiento superficial.....	89
2.4.1.1.	Variables de entrada para el tratamiento superficial.....	90
2.4.1.2.	Determinación de espesores	94
2.4.1.3.	Variables de diseño tratamiento superficial.....	95
2.4.2.	Ripiado de plataforma	99
2.4.2.1.	Secciones de capa de afirmado.....	99
2.5.	Diseño de drenaje	100
2.5.1.	Diseño hidráulico de las obras de arte complementarias.....	100
2.5.1.1.	Diseño de alcantarillas de alivio.....	101
2.5.1.2.	Diseño de cunetas	106
2.6.	Presupuesto del diseño	113
2.6.1.	Cómputos métricos.....	113

2.6.2.	Análisis de precios unitarios y presupuesto general.....	114
2.6.3.	Especificaciones técnicas	118
2.7.	Impacto ambiental	118
2.7.1.	Ficha ambiental (FA).....	118
2.8.	Cronograma de obra	118
2.9.	Planos del diseño	119

CAPÍTULO III

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página	
3.1.	Conclusiones.....	120
3.2.	Recomendaciones	121

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO I LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

ANEXO II ESTUDIOS DE SUELOS

ANEXO III ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

ANEXO IV ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR

ANEXO V CURVAS HORIZONTALES

ANEXO VI CURVAS VERTICALES

ANEXO VII SOBREANCHOS

ANEXO VIII VOLUMEN DE CORTE Y RELLENO

ANEXO IX DISEÑO DE ALCANTARILLAS

ANEXO X DISEÑO DE CUNETAS

ANEXO XI CÓMPUTOS MÉTRICOS

ANEXO XII ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO GENERAL

ANEXO XIII ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ANEXO XIV FICHA AMBIENTAL

ANEXO XV CRONOGRAMA DE OBRA

ANEXO XVI PLANOS DE DISEÑO

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1. Variable independiente.....	6
Tabla 1.2. Variable dependiente.....	7
Tabla 2.1. Población vivienda y familias por distrito y comunidad.....	15
Tabla 2.2. Cultivos y ganadería por comunidades.....	15
Tabla 2.3. Saneamiento básico.....	16
Tabla 2.4. Cobertura de agua para consumo humano.....	17
Tabla 2.5. Servicio de energía eléctrica.....	17
Tabla 2.6. Red de salud.....	18
Tabla 2.7. Coordenadas de puntos BMs.....	20
Tabla 2.8. Nomenclatura de la topografía.....	20
Tabla 2.9. Levantamiento topográfico.....	23
Tabla 2.10. Muestreo para calicatas.....	25
Tabla 2.11. Contenido de humedad.....	27
Tabla 2.12. Número de tamices con su respectivo diámetro.....	28
Tabla 2.13. Tamizado del suelo.....	29
Tabla 2.14. Determinación del límite líquido.....	31
Tabla 2.15. Determinación del límite plástico.....	32
Tabla 2.16. Compactación.....	33
Tabla 2.17. Contenido de humedad y peso unitario.....	35
Tabla 2.18. Expansión.....	36
Tabla 2.19. C.B.R.....	36
Tabla 2.20. Resumen de los ensayos de suelos.....	39
Tabla 2.21. Parámetros morfométricos de la cuenca.....	42
Tabla 2.22. Resultados del tiempo de concentración.....	43
Tabla 2.23. Estaciones pluviométricas en la zona de estudio.....	44
Tabla 2.24. Parámetros estadísticos ponderados de precipitación máxima diaria.....	45
Tabla 2.25. Probabilidades empíricas.....	45
Tabla 2.26. Intensidad - Duración - Frecuencia.....	45

Tabla 2.27. Resumen de intensidades para diferentes periodos	46
Tabla 2.28. Intensidades para alcantarillas de alivio	47
Tabla 2.29. Clasificación vehicular	50
Tabla 2.30. Resumen total del aforo vehicular en ambas direcciones.....	51
Tabla 2.31. Composición y clasificación del tráfico vehicular	52
Tabla 2.32. Evolución del parque automotor - Padcaya.....	55
Tabla 2.33. Proyección de tráfico normal para 20 años	56
Tabla 2.34. Proyección de tráfico generado para 20 años.....	57
Tabla 2.35. Proyección de tráfico inducido para 20 años.....	58
Tabla 2.36. Tráfico total	59
Tabla 2.37. Proyección del TPDA – Tránsito total	60
Tabla 2.38. Factores de equivalencia vehicular.....	61
Tabla 2.39. Cálculo del número de ESALs	62
Tabla 2.40. Comparación de alternativas	65
Tabla 2.41. Clasificación funcional para el diseño de carreteras y caminos rurales	66
Tabla 2.42. Velocidades de proyecto	67
Tabla 2.43. Distancia mínima de frenado "Df" ($Df=0,555V+0,00394V^2/R$	69
Tabla 2.44. Distancia mínima de adelantamiento.....	69
Tabla 2.45. Reporte elementos curvas horizontales circulares.....	71
Tabla 2.46. Radios mínimos absolutos en curvas horizontales	72
Tabla 2.47. Valores máximos para peralte y fricción transversal.....	73
Tabla 2.48. Ensanche de la calzada en caminos con $V_p \leq 60\text{km/h}$	74
Tabla 2.49. Reporte de sobreechancos curvas circulares.....	75
Tabla 2.50. Longitud de Rmin entre curvas de diferente sentido.....	76
Tabla 2.51. Pendiente máxima según categoría de carretera o camino.....	77
Tabla 2.52. Parámetros mínimos por criterio de visibilidad de frenado.....	79
Tabla 2.53. Parámetro mínimo visibilidad de adelantamiento	80
Tabla 2.54. Reporte curvas verticales.....	80
Tabla 2.55. Anchos de plataforma en terraplén y de sus elementos a nivel de rasante....	83
Tabla 2.56. Bombeo de la calzada.....	85
Tabla 2.57. Parámetros de diseño horizontal.....	86

Tabla 2.58. Parámetros de diseño horizontal.....	87
Tabla 2.59. Reporte del volumen de corte y relleno.....	88
Tabla 2.60. Volumen total de movimiento de tierra.....	88
Tabla 2.61. Periodo de diseño	91
Tabla 2.62. Niveles de confiabilidad	91
Tabla 2.63. Valores recomendados para la Desviación Estándar (So).....	92
Tabla 2.64. Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles	94
Tabla 2.65. Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular.....	95
Tabla 2.66. Variables de diseño según el método AASTHO – 93.....	95
Tabla 2.67. Espesores de capas	96
Tabla 2.68. Resultados del paquete estructural tratamiento superficial	97
Tabla 2.69. Variables de diseño ripiado de plataforma.....	99
Tabla 2.70. Periodos de retorno.....	101
Tabla 2.71. Ubicación de alcantarillas.....	102
Tabla 2.72. Coeficiente de escurrimiento.....	102
Tabla 2.73. Caudales de diseño para alcantarillas de alivio	103
Tabla 2.74. Resumen de alcantarillas de alivio	104
Tabla 2.75. Coeficientes de rugosidad	107
Tabla 2.76. Velocidades máximas admisibles cunetas revestidas.....	108
Tabla 2.77. Resumen ubicación de cunetas.....	110
Tabla 2.78. Resumen dimensionamiento cuneta lado izquierdo	111
Tabla 2.79. Resumen dimensionamiento de cunetas lado derecho	112
Tabla 2.80. Planilla de cálculos métricos.....	113
Tabla 2.81. Precio unitario instalación de faenas.....	115
Tabla 2.82. Presupuesto general tratamiento superficial.....	116
Tabla 2.83. Presupuesto general plataforma de ripiado	117

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Localización del proyecto ámbito departamental.....	13
Figura 2.2. Localización del proyecto ámbito provincial.....	14
Figura 2.3. Imagen satelital ubicación de la zona del proyecto.....	14
Figura 2.4. Imágenes del levantamiento topográfico	21
Figura 2.5. Imagen satelital para el tramo en estudio.....	22
Figura 2.6. Ubicación de los pozos de muestreo	25
Figura 2.7. Extracción de muestras	26
Figura 2.8. Ensayo contenido de humedad	27
Figura 2.9. Ensayo de granulometría.....	28
Límites de consistencia o límites de Atterberg.....	30
Figura 2.10. Ensayo de límite líquido y límite plástico.....	31
Figura 2.11. Ensayo de compactación.....	33
Figura 2.12. Ensayo del CBR.....	35
Figura 2.13. Delimitación de la cuenca.....	42
Figura 2.14. Punto de aforamiento vehicular	49
Figura 2.15. Análisis de la superficie en 3D	63
Figura 2.16. Alternativa de trazo 1.....	64
Figura 2.17. Alternativa de trazo 2.....	65
Figura 2.18. Elementos de la curva circular	70
Figura 2.19. Desarrollo del peralte en curvas circulares sin curvas de enlace	73
Figura 2.20. Sección tipo.....	81
Figura 2.21. Sección transversal y sus elementos	82

Figura 2.22. Diseño de sección transversal	82
Figura 2.23. Sección de diseño tipo circular	101
Figura 2.24. Diseño alcantarilla de alivio.....	105
Figura 2.25. Sección de diseño tipo triangular	106

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 2.1. Curva granulométrica	29
Gráfica 2.2. Límite líquido	31
Gráfica 2.3. Curva de compactación	34
Gráfica 2.4. Carga penetración	36
Gráfica 2.5. C.B.R. - Peso unitario.....	37
Gráfica 2.6. Curva doble masa Cañas – Tarija Aeropuerto.....	41
Gráfica 2.7. Curva doble masa La Merced – Tarija Aeropuerto	41
Gráfica 2.8. Curva doble masa Padcaya – Tarija Aeropuerto	41
Gráfica 2.9. Curvas: Intensidad – Duración – Frecuencia.....	46
Gráfica 2.10. Clasificación vehicular tramo en estudio.....	52
Gráfica 2.11. Porcentaje vehicular	53
Gráfica 2.12. Composición vehicular	53
Gráfica 2.13. Diagrama de curva masa	89
Gráfica 2.14. Cálculo del número estructural por el ábaco de AASHTO – 93	98
Gráfica 2.15. Estructura de la superficie de rodadura	98
Gráfica 2.16. Espesor de capa de revestimiento granular.....	100
Gráfica 2.17. Cálculo de alcantarilla circular	104
Gráfica 2.18. Verificación del tirante de la cuneta.....	109
Gráfica 2.19. Estructura de precios unitarios	114