

UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

CARRERA DE INGENIERA CIVIL



**“DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE LA RUTA TURISTICA DEL
PARQUE ECOLOGICO - SAN JACINTO”**

Por:

CARLOS RODRIGEZ AGUIRRE.

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

SEMESTRE I – 2025

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

Este Proyecto de Grado está dedicado a:

A MIS PADRES Y HNO.: Carlos Rodriguez V., Mirtha Aguirre U. y a mi hermano Jesus Rodriguez A., porque ellos son la fuente de inspiración, por haberme forjado como la persona que ahora soy, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1

INTRODUCCION

	Pagina
1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Ubicación General.....	2
1.2.2 Ubicación Especifica.....	2
1.2.3 Ubicación Satelital.....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Alcance del proyecto.....	5
1.4.1 Metodología.....	6
1.4.2 Normas.....	7
1.4.3 Accesos.....	7
1.5 Objetivos.....	7
1.5.1 Objetivo general.....	7
1.5.2 Objetivos específicos.....	8

CAPÍTULO II

DISEÑO DE INGENIERIA

2. Diseño de Ingeniería.....	9
2.1 Aspectos económicos y sociales.....	9
2.2 Estudio topográfico.....	11
2.2.1 Reconocimiento.....	11

2.2.2 Análisis de alternativas.....	12
2.2.3 Poligonal de estudio.....	15
2.2.4 Levantamiento definitivo.....	15
2.3 Estudio de suelos.....	18
2.3.1 Muestreo de suelos.....	19
2.3.2 Granulometría.....	32
2.3.3 Límites de atterberg.....	32
2.3.4 Clasificación de suelos.....	32
2.3.4.1 Clasificación AASTHO.....	35
2.3.4.2 Clasificación SUCS.....	35
2.3.5 Compactación.....	38
2.3.6 Relación de soporte california (cbr).....	39
2.3.7 Resultados (CBR).....	41
2.4 Estudio de tráfico.....	42
2.4.1 Volumen de tránsito.....	46
2.4.1.1 Resultado de Aforo.....	48
2.4.2 Cargas de proyecto.....	58
2.4.3 Cálculo de ejes equivalentes.....	59
2.4.3.1 Resultado cálculos de ejes equivalentes.....	66
2.5 Diseño geométrico.....	68
2.5.1 Parámetros de diseño geométrico.....	68
2.5.1.1 Derecho de vía.....	68
2.5.1.2 Categoría de la vía.....	68

2.5.1.3 Tipos de velocidades de diseño.....	70
2.5.1.4 Pendiente.....	72
2.5.1.5 Longitud en rectas.....	73
2.5.1.6 Distancia de visibilidad para parar, distancia de visibilidad de sobrepaso, distancia de visibilidad en curvas horizontales.....	75
2.5.1.7 Sección tipo.....	78
2.5.1.8 Peralte, coeficiente de fricción.....	80
2.5.1.9 Radio en curvas horizontales.....	82
2.5.1.10 Parámetro “a” y longitud de la clotoide en curvas de transición.....	83
2.5.1.11 Sobre ancho.....	85
2.5.1.12 Bermas.....	86
2.5.1.13 Sobreancho de la plataforma (sap).....	88
2.5.1.14 Bombeo del camino.....	89
2.5.1.15 Longitud mínima en curvas verticales.....	89
2.5.1.16 Pendiente mínima rasante.....	90
2.5.1.17 Valores Adoptados.....	90
2.5.2 Geometría en planta.....	91
2.5.2.1 Alineamiento.....	91
2.5.2.2 Enlace con curvas horizontales.....	92
2.5.3 Geometría de perfil.....	95
2.5.3.1 Subrasante, rasante.....	96
2.5.3.2 Enlace de curvas verticales.....	96
2.5.3.3 Elementos de curvas verticales y horizontales.....	98

2.6 Movimientos de tierra.....	99
2.6.1 Introducción.....	99
2.6.2 Cálculo de áreas entre secciones.....	99
2.6.3 Determinación de los volúmenes de movimiento de tierras.....	100
2.6.4 Diagrama de masas.....	102
2.7 Estudio hidrológico.....	104
2.7.1 Cálculo hidrológico.....	104
2.7.1.1 Cálculo de caudal máximo.....	116
2.7.2 Diseño hidráulico de estructuras de drenaje.....	118
2.7.2.1 Cunetas.....	118
2.7.2.2 Alcantarillas de alivio.....	121
2.7.2.3 Alcantarillas de cruce.....	128
2.8 Diseño y calculo de espesores pavimento flexible.....	136
2.8.1 Parámetros de diseño.....	137
2.8.2 Dimensionamiento.....	138
2.8.2.1 Método AASHTO.....	138
2.8.2.2 Índice de grupo.....	151
2.8.2.3 Método CBR.....	152
2.8.2.4 Tratamiento superficial.....	155
2.9 Señalización.....	189
2.9.1 Tipos de señales.....	189
2.9.2 Resumen señalización.....	200
2.9.3 Presupuesto	201

CAPÍTULO III

CONCLUSIONES

3. Conclusiones y recomendaciones.....	220
3.1 Conclusiones.....	224
3.2 Recomendaciones.....	228

BIBLIOGRAFIA

PLANOS

ANEXOS

ANEXO A: PLANILLA TOPOGRAFICA

ANEXO B: PLANILLAS LABORATORIO DE SUELOS

ANEXO C: PLANILLA AFORO DE CARRETERA (TRAFICO)

ANEXO D: PLANILLA SOBRE ANCHO

ANEXO E: PLANILLA PERALTE

ANEXO F: PLANILLA DE MOVIMIENTO DE SUELOS

ANEXO G: AREAS DE APORTE DE ALCANTARILLAS

ANEXO H: ESQUEMA CONSTRUCTIVO DE ALCANTARILLAS

ANEXO I: JUSTIFICACION PRECIOS UNITARIOS

ANEXO J: ESQUEMA SECCION TIPO

ANEXO K: REGISTRO FOTOGRAFICO

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Método SUCS para clasificación de suelos.....	36
Tabla 2.	Método SUCS para clasificación de suelos.....	37
Tabla 3.	Resultados ensayos de compactación y CBR.....	41
Tabla 4.	Resumen de aforos.....	48
Tabla 5.	Resumen de aforos.....	48
Tabla 6.	Proyección de Transito.....	50
Tabla 7.	Encuestas pasajeros, destino y desvió.....	52
Tabla 8.	Transito Inducido.....	56
Tabla 9.	Trafico Actual.....	57
Tabla 10.	Cargas de proyecto.....	58
Tabla 11.	Límite de peso por eje.....	60
Tabla 12.	Factores de crecimiento de tránsito.....	61
Tabla 13.	Factores equivalentes de carga, ejes tándem.....	63
Tabla 14.	Factores equivalentes de carga, ejes tridem.....	64
Tabla 15.	Factores equivalentes de carga.....	65
Tabla 16.	Resultado cálculos ejes equivalentes.....	67
Tabla 17.	Resultado cálculos ejes equivalentes.....	67
Tabla 18.	Clasificación de categorías carreteras.....	69
Tabla 19.	Tipos de velocidades de diseño carretera.....	70
Tabla 20.	Tipos de velocidades de diseño caminos.....	71
Tabla 21.	Tipos de pendientes.....	72
Tabla 22.	Tipos de pendientes de la rasante.....	73
Tabla 23.	Longitud de rectas en el mismo sentido.....	74
Tabla 24.	Distancia de adelantamiento.....	76
Tabla 25.	Resumen de secciones transversales.....	79
Tabla 26.	Valores admisibles de la pendiente relativa.....	80
Tabla 27.	Proporción del peralte a desarrollar en recta.....	81
Tabla 28.	Tasa de aceleración máxima.....	84
Tabla 29.	Sobre ancho.....	85
Tabla 30.	Bermas en función al nivel de servicio y tipo de terreno.....	87

Tabla 31.	Pendiente transversal del SAP.....	88
Tabla 32.	Bombeo de calzada.....	89
Tabla 33.	Planilla de valores adoptados.....	90
Tabla 34.	Tabla de elementos curva horizontal.....	98
Tabla 35.	Tabla de elementos curva vertical.....	99
Tabla 36.	Tabla de precipitaciones máximas diarias.....	107
Tabla 37.	Tabla de periodo de retorno.....	108
Tabla 38.	Tabla de variables estadísticas.....	110
Tabla 39.	Parámetros de distribución.....	110
Tabla 40.	Lluvias máximas para periodos de retorno en años.....	111
Tabla 41.	Duración de lluvia para diferentes tiempos y periodos de retorno.....	112
Tabla 42.	Intensidad de lluvia para diferentes periodos de retorno.....	112
Tabla 43.	Curvas IDF.....	113
Tabla 44.	Perfil de quebrada 1+660.....	115
Tabla 45.	Perfil de quebrada 2+120.....	116
Tabla 46.	Propiedades morfológicas de la cuenca.....	116
Tabla 47.	Coeficiente de escorrentía.....	117
Tabla 48.	Cálculo de caudales.....	118
Tabla 49.	Diseño cunetas laterales.....	120
Tabla 50.	Coeficiente de Manning.....	123
Tabla 51.	Simulación niveles interior de alcantarilla de alivio 0+160.....	127
Tabla 52.	Simulación software HY-8, alcantarilla 0+160.....	127
Tabla 53.	Simulación software HY-8, caudales a través de la alcantarilla.....	132
Tabla 54.	Simulación software HY-8, alcantarilla 1+660.....	133
Tabla 55.	Diseño alcantarilla de cruce 1+660.....	134
Tabla 56.	Resumen alcantarillas de alivio y alcantarillas de cruce.....	135
Tabla 57.	Resumen modulo resiliente subrasante.....	141
Tabla 58.	Resumen modulo resiliente sub-base.....	142
Tabla 59.	Periodo de diseño para diseño de pavimento.....	142
Tabla 60.	Desvió estándar (So).....	143
Tabla 61.	Serviciavilidad (Po,Pf).....	143

Tabla 62.	Confiabilidad (R)	144
Tabla 63.	Factor de distribución por carril (DL).....	145
Tabla 64.	Coeficiente de drenaje para pavimentos flexibles.....	146
Tabla 65.	Espesores mínimos.....	146
Tabla 66.	Método AASHTO, valores adoptados.....	147
Tabla 67.	Método AASHTO, coeficientes de capa.....	149
Tabla 68.	Método AASHTO, numero estructural y espesores de capa.....	150
Tabla 69.	Especificaciones de áridos para tratamientos superficiales.....	166
Tabla 70.	Especificaciones de emulsiones para tratamientos superficiales.....	173
Tabla 71.	Ensayos sobre emulsiones para tratamientos superficiales.....	174
Tabla 72.	Ensayos sobre el residuo y correlación de emulsiones.....	175
Tabla 73.	Recomendación tamaño de agregado.....	176
Tabla 74.	Métodos de dosificación.....	177
Tabla 75.	Ajustes porcentuales dosificación ATEB.....	178
Tabla 76.	Dotación áridos y ligante dosificación ATEB.....	178
Tabla 77.	Dotación áridos y Road Note 39.....	180
Tabla 78.	Dotación ligante y Road Note 39.....	180
Tabla 79.	Tabla de abreviaciones método Austroads o Racional.....	182
Tabla 80.	Dotación de árido A, método Austroads.....	182
Tabla 81.	Dotación de árido B, método Austroads.....	183
Tabla 82.	Factor de corrección CF, método Austroads.....	184
Tabla 83.	Factor de corrección CT, método Austroads.....	184
Tabla 84.	Factor de corrección A_{fs} , método Austroads.....	185
Tabla 85.	Factor de corrección A_s , método Austroads.....	186
Tabla 86.	Resumen señalización horizontal.....	200
Tabla 87.	Resumen señalización vertical.....	200
Tabla 88.	Presupuesto general de la obra.....	222

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación general.....	2
Figura 2.	Ubicación específica.....	3
Figura 3.	Ubicación satelital.....	4
Figura 4.	Croquis desvió carretera San Jacinto.....	10
Figura 5.	Alternativa 1.....	13
Figura 6.	Alternativa 2.....	14
Figura 7.	Diagrama muestreo de suelos.....	19
Figura 8.	Muestreo de suelos (fotos).....	20
Figura 9.	Muestreo de suelos (fotos).....	21
Figura 10.	Muestreo de suelos (fotos).....	22
Figura 11.	Muestreo de suelos (fotos).....	23
Figura 12.	Muestreo de suelos (fotos).....	24
Figura 13.	Muestreo de suelos (fotos).....	25
Figura 14.	Muestreo de suelos (fotos).....	26
Figura 15.	Muestreo de suelos (fotos).....	27
Figura 16.	Muestreo de suelos (fotos).....	28
Figura 17.	Muestreo de suelos (fotos).....	29
Figura 18.	Muestreo de suelos (fotos).....	30
Figura 19.	Muestreo de suelos (fotos).....	31
Figura 20.	Ubicación punto de aforo.....	43
Figura 21.	Visualización de ruta primaria y desvío.....	44
Figura 22.	Ubicación y distancia entre desvío y punto de aforo.....	45
Figura 23.	Clasificación vehicular.....	49
Figura 24.	Volumen vehicular diario en ambos sentidos.....	49
Figura 25.	Crecimiento vehicular.....	51
Figura 26.	Transito generado.....	53
Figura 27.	Zonificación 1.....	54
Figura 28.	Zonificación 2.....	55
Figura 29.	Factores de equivalencia de carga, ejes equivalentes.....	66
Figura 30.	Grafica de la distancia de almacenamiento.....	76

Figura 31. Gráfico de la visibilidad en curvas horizontales.....	77
Figura 32. Relación entre radios de curva, según colectores y vías locales.....	83
Figura 33. Alineamiento en planta.....	91
Figura 34. Alineamiento (ejemplo).....	92
Figura 35. Elementos de la curva circular simple.....	93
Figura 36. Elementos de la curva circular de transición.....	94
Figura 37. Geometría de perfil.....	95
Figura 38. Elementos de la curva cóncava.....	96
Figura 39. Elementos de la curva convexa.....	97
Figura 40. Método analítico para cálculos de areas.....	100
Figura 41. Diagrama de masas.....	103
Figura 42. Estación patrón San Jacinto Sud.....	104
Figura 43. Estación de estudio 1 El Tejar.....	105
Figura 44. Estación de estudio 2 San Andrés.....	105
Figura 45. Estación de estudio 3 Aeropuerto.....	106
Figura 46. Ubicación Alcantarilla Prog, 1+660.....	114
Figura 47. Ubicación Alcantarilla Prog, 2+120.....	115
Figura 48. Diagrama de tubería parcialmente llena.....	122
Figura 49. Ubicación de alcantarilla con más aporte.....	124
Figura 50. Software HY-8, introducción de datos.....	125
Figura 51. Software HY-8, simulación alcantarilla 0+160.....	126
Figura 52. Software HY-8, introducción de datos.....	128
Figura 53. Diagrama de funcionamiento de alcantarilla.....	129
Figura 54. Software HY-8, introducción datos.....	130
Figura 55. Software HY-8, simulación alcantarilla 1+660.....	131
Figura 56. Esquema comportamiento de pavimento flexible.....	136
Figura 57. Esquema diseño estructural.....	139
Figura 58. Abaco, método AASTHO.....	148
Figura 59. Abaco, método AASTHO.....	148
Figura 60. Monograma, método AASTHO.....	149
Figura 61. Esquema, espesor de Paquete Estructural.....	150

Figura 62. Método Índice de Grupo, espesores.....	151
Figura 63. Método CBR, cargas por eje.....	153
Figura 64. Método CBR, ábaco determinación de espesores.....	154
Figura 65. Esquema de tratamiento superficial imple.....	156
Figura 66. Expectativa de vida en servicio.....	157
Figura 67. Esquema de tratamiento superficial doble.....	158
Figura 68. Expectativa de vida en servicio T. doble.....	158
Figura 69. Tratamiento superficial doble (foto).....	159
Figura 70. Función de la piedra en el gravillado.....	160
Figura 71. Tamaños recomendados para tratamientos superficiales.....	161
Figura 72. Dimensiones de piedra ALD.....	162
Figura 73. Determinación parámetro ALD.....	162
Figura 74. Esquema tratamiento superficial vs forma del agregado.....	163
Figura 75. Valores máximos, índice de lajas.....	164
Figura 76. Limite desgaste Los Ángeles.....	164
Figura 77. Funciones ligantes bituminoso.....	167
Figura 78. Ventajas de emulsiones modificadas.....	170
Figura 79. Características de emulsión de imprimación.....	171
Figura 80. Desempeño de emulsiones para riegos.....	173
Figura 81. Dosificación Tratamiento Superficial método ATEB.....	179
Figura 82. Dosificación Tratamiento Superficial método Road Note.....	181
Figura 83. Método Austroads, factor de corrección por vacíos.....	183
Figura 84. Método Austroads, factor de corrección por penetración.....	186
Figura 85. Esquema del procedimiento de diseño.....	187
Figura 86. Dosificación Tratamiento Superficial método Austroads.....	188
Figura 87. Señalización vertical, señales restrictivas.....	192
Figura 88. Señalización vertical, señales preventivas.....	195
Figura 89. Señalización vertical, señales informativas.....	199
Figura 90. Cronograma de ejecución.....	227

INDICE DE ECUACIONES

Ecuacion 1. Índice de plasticidad.....	32
Ecuacion 2. Índice de grupo (clasificación AASTHO).....	35
Ecuacion 3. Peso suelo seco.....	38
Ecuacion 4. Densidad suelo seco.....	38
Ecuacion 5. Relación Soporte California.....	39
Ecuacion 6. Esfuerzo de ensayo (kg/cm ²).....	39
Ecuacion 7. CBR1 penetración para 0.1”.....	39
Ecuacion 8. CBR2 penetración para 0.2”.....	40
Ecuacion 9. Expansión.....	40
Ecuacion 10. Transito volumen futuro.....	46
Ecuacion 11. Transito generado.....	47
Ecuacion 12. Transito inducido.....	53
Ecuacion 13. Longitud en rectas.....	73
Ecuacion 14. Longitud de recta mínima.....	74
Ecuacion 15. Distancia de frenado.....	75
Ecuacion 16. Distancia de frenado.....	75
Ecuacion 17. Distancia de adelantamiento.....	77
Ecuacion 18. Distancia de adelantamiento.....	77
Ecuacion 19. Despeje máximo.....	78
Ecuacion 20. Diferencia del radio de curvatura y la media de ancho de carril.....	78
Ecuacion 21. Distancia horizontal.....	78
Ecuacion 22. Coeficiente de fricción.....	80
Ecuacion 23. Longitud de desarrollo de giro.....	81
Ecuacion 24. Tasa de giro.....	81
Ecuacion 25. Desarrollo peralte.....	82
Ecuacion 26. Desarrollo en la recta para pasar de 0% a e%.....	82
Ecuacion 27. Radio mínimo en curvas horizontales.....	82
Ecuacion 28. Parámetro de clotoide.....	84
Ecuacion 29. Longitud de espiral.....	84
Ecuacion 30. Ensanche parcial correspondiente a un punto sobre la curva.....	86

Ecuacion 31. Longitud mínima de curva vertical.....	89
Ecuacion 32. Tangente, elemento de curva circular simple.....	93
Ecuacion 33. Externa, elemento de curva circular simple.....	93
Ecuacion 34. Flecha, elemento de curva circular simple.....	93
Ecuacion 35. Desarrollo, elemento de curva circular simple.....	93
Ecuacion 36. Longitud, elemento de curva circular simple.....	93
Ecuacion 37. X_p , coordenadas de la espiral.....	94
Ecuacion 38. Y_p , coordenadas de la espiral.....	94
Ecuacion 39. X_c , coordenadas de la espiral.....	94
Ecuacion 40. Y_c , coordenadas de la espiral.....	94
Ecuacion 41. Externa, elemento de curva de transición.....	94
Ecuacion 42. Tangente, elemento de curva de transición.....	94
Ecuacion 43. Desarrollo, elemento de curva de transición.....	95
Ecuacion 44. Ecuación paramétrica de la curva vertical.....	96
Ecuacion 45. Ecuación paramétrica de la curva vertical.....	96
Ecuacion 46. K_c , parámetro de la curva vertical cóncava.....	97
Ecuacion 47. K_v , parámetro de la curva vertical convexa.....	97
Ecuacion 48. Método analítico para cálculo de áreas entre secciones.....	100
Ecuacion 49. Método prismoidal para determinar volúmenes.....	100
Ecuacion 50. V_c , volumen corte-corte.....	101
Ecuacion 51. V_r , volumen relleno-relleno.....	101
Ecuacion 52. V_c , volumen corte-relleno.....	101
Ecuacion 53. V_r , volumen relleno-corte.....	101
Ecuacion 54. Área de relleno sobre la calzada.....	101
Ecuacion 55. E	101
Ecuacion 56. E	102
Ecuacion 57. Coeficiente de curvatura.....	102
Ecuacion 58. Volumen en curva.....	102
Ecuacion 59. Moda, variable estadística.....	108
Ecuacion 60. Característica, variable estadística.....	108
Ecuacion 61. Altura de lluvia horaria, ley de Gumbel modificada.....	109

Ecuacion 62. Valor modal para un tiempo “t”	109
Ecuacion 63. Tiempo de concentración	114
Ecuacion 64. Intensidad máxima	114
Ecuacion 65. Coeficiente de uniformidad	117
Ecuacion 66. Caudal máximo	117
Ecuacion 67. Caudal método racional	118
Ecuacion 68. Sección hidráulica	119
Ecuacion 69. Área de sección triangular	119
Ecuacion 70. Perímetro triangular	119
Ecuacion 71. Caudal método racional	120
Ecuacion 72. Ecuación de Manning	121
Ecuacion 73. Área	122
Ecuacion 74. Perímetro mojado	122
Ecuacion 75. Angulo teta	122
Ecuacion 76. Caudal de diseño	122
Ecuacion 77. Método AASTHO	138
Ecuacion 78. Numero estructural	139
Ecuacion 79. Relación SN y coeficiente de capa y espesores	139
Ecuacion 80. Espesor pavimento 1	139
Ecuacion 81. Espesor pavimento 2	139
Ecuacion 82. Espesor pavimento 3	139
Ecuacion 83. Modulo resiliente para CBR <<12%	140
Ecuacion 84. Modulo resiliente para 12%<CBR<80%	140
Ecuacion 85. Perdida de serviciavilidad	144
Ecuacion 86. Ejes equivalentes	145
Ecuacion 87. Factores de vacío de diseño	185
Ecuacion 88. Factores de vacío de diseño	185
Ecuacion 89. Tasa de aplicación de asfalto residual	185
Ecuacion 90. Tasa de aplicación de asfalto residual	185
Ecuacion 91. Dosificación de emulsión	187