

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



**“DISEÑO DE INGENIERÍA MEJORAMIENTO DEL CAMINO
SAN NICOLAS - RÍO BERMEJO HASTA LA PROGRESIVA 5+000
DEL MUNICIPIO DE CARAPARÍ”**

POR:

SHIRLEY ESCALANTE TEJERINA

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

Semestre II - 2023

TARIJA – BOLIVIA

Dedicatoria

El presente proyecto está dedicado en primer lugar a Dios por darme la familia que tengo y poner a las personas adecuadas en los momentos correctos de mi vida.

A mis padres; Octavio Escalante Salgado y Zulma Tejerina Díaz por todo el apoyo incondicional y por todos los sacrificios hechos por mí.

A mis hermanas: Karina, Paola, Maribel y Mariluz por estar presentes en los momentos más importantes como en los momentos más difíciles apoyándome.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

	Página
1.1 Introducción	1
1.2 Justificación	2
1.3 Planteamiento del problema.....	4
1.3.1 Situación problemática	4
1.3.2 Problema.....	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Identificación del tipo de investigación	5
1.6 Alcance del proyecto.....	5

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

	Página
2.1 Diseño geométrico	8
2.1.1 Definición de caminos	8
2.1.2 Función de la carretera o camino.....	8
2.1.3 Sistema de clasificación	9
2.1.3.1 Categoría de las vías	9
2.1.4 Velocidad de diseño.....	10
2.1.5 El trazado.....	10

2.1.5.1	Alineamiento horizontal.....	11
2.1.5.1.1	Distancia de frenado	12
2.1.5.1.2	Distancia de visibilidad de sobrepaso.....	14
2.1.5.1.3	Distancia de visibilidad horizontal en curva.....	15
2.1.5.1.4	Radios mínimos	16
2.1.5.1.5	Peralte y coeficiente de fricción transversal máximo	17
2.1.5.1.6	Sobreechanco en curvas circulares.....	18
2.1.5.1.7	Longitud máxima y mínima en rectas	20
2.1.5.1.8	Curvas circulares	21
2.1.5.2	Alineamiento vertical.....	25
2.1.5.2.1	Longitud mínima de curvas verticales	25
2.1.5.2.2	Inclinación de las rasantes	25
2.1.5.2.3	Curvas verticales.....	26
2.1.5.3	Sección transversal.....	28
2.1.5.3.1	Ancho de plataforma	31
2.1.5.3.2	La calzada	31
2.1.5.3.3	Bermas	31
2.1.5.3.4	Pendiente transversal o bombeo	31
2.1.6	Derecho de vía o faja de afectación	32
2.1.7	Zona de afectación.....	32
2.2	Diseño estructural	33
2.2.1	Periodo de diseño.....	33
2.2.2	Módulo resiliente M_r	33
2.2.3	CBR de diseño	34

2.2.4 Materiales de construcción	34
2.2.4.1 El pavimento flexible	34
2.4.4.1 Módulo de resiliencia de las capas	40
2.2.4 Índice de serviciabilidad	41
2.2.5 Confiabilidad	42
2.2.6 Coeficientes estructurales de las capas	44
2.2.7 Coeficiente de drenaje	45
2.2.8 Determinación del número estructural “SN”	46
2.2.9 Determinación de espesores de las capas del pavimento flexible	47
2.3 Drenaje	48
2.3.1 Definición de drenaje	48
2.3.2 Clasificación y tipos de drenaje	49
2.4 Señalización	53
2.4.1 Señalización horizontal	53
2.4.2 Señalización vertical	54
2.5 Impacto ambiental	56
2.5.1 Identificación de los impactos ambientales en la etapa de construcción	56
2.5.1.1 Impactos sobre el medio físico	56
2.5.1.2 Impactos sobre medio biótico	57
2.5.1.3 Impactos al medio socioeconómico	58

CAPÍTULO III
DISEÑO DE INGENIERÍA

	Página
3.1 Descripción del área del proyecto.....	60
3.2 Estudios previos	64
3.2.1 Topografía	64
3.2.1.1 Criterios de levantamiento	64
3.2.1.2 Topografía para proyectos	65
3.2.2 Estudio geotécnico.....	69
3.2.2.1 Criterios de estudio de muestreo.....	69
3.2.2.2 Trabajo de laboratorio.....	69
3.2.2.3 Ensayo de análisis granulométrico.....	70
3.2.2.4 Ensayo de límites de Atterberg.....	72
3.2.2.5 Clasificación de suelos.....	76
3.2.2.6 Compactación	78
3.2.2.7 Cálculo de la capacidad de soporte CBR	80
3.2.2.8 Ensayos realizados para la verificación del estudio de suelos	84
3.2.3 Estudio de Tráfico.....	93
3.2.3.1 Cálculo del TPD.....	94
3.2.3.2 Proyección de Tráfico	98
3.2.3.3 Índice de Crecimiento	99
3.2.3.4 Tráfico normal, generado y derivado.....	99
3.2.3.5 Cálculo del número de ejes equivalentes	106
3.2.4 Estudio hidrológico.....	108

3.2.4.1	Análisis de datos	108
3.2.4.2	Análisis de consistencia y homogeneidad.....	109
3.2.4.3	Determinación de lluvias máximas mediante Gumbell modificado.	110
3.2.4.4	Intensidad de la lluvia	113
3.2.5	Resumen de los datos obtenidos de los estudios previos al diseño	114
3.3	Diseño geométrico	115
3.3.1	Parámetros de diseño geométrico	115
3.3.2	Clasificación del tramo vial	115
3.3.3	Velocidad del proyecto	115
3.3.4	Diseño planimétrico.....	116
3.3.4.1	Parámetros de diseño horizontal	116
3.3.4.2	Cálculo para curvas horizontales	116
3.3.4.3	Resumen del cálculo de las curvas horizontales	118
3.3.5	Diseño altimétrico.....	119
3.3.5.1	Parámetros de diseño verticales	119
3.3.5.2	Cálculo de curvas verticales.....	120
3.3.5.3	Resumen del cálculo de las curvas verticales	123
3.3.6	Volúmenes de movimiento de tierra.....	123
3.4	Diseño estructural	124
3.4.1	Datos utilizados para el paquete estructural	124
3.4.2	Cálculo del paquete estructural.....	124
3.4.3	Resumen del cálculo del diseño estructural.....	127
3.5	Drenaje	127
3.5.1	Diseño hidráulico de las estructuras de drenaje.....	127

3.5.1.1 Taludes de corte	127
3.5.1.2 Diseño de cunetas	128
3.5.1.3 Diseño de alcantarillas	131
3.6 Presupuesto del proyecto.....	133
3.6.1 Cómputos métricos	133
3.6.2 Análisis de precios unitarios.....	133
3.6.3 Presupuesto general	134
3.7 Cronograma de ejecución.....	140
3.8 Especificaciones técnicas	140
3.9 Impacto ambiental.....	140

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
4.1 Conclusiones	141
4.2 Recomendaciones.....	142

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I	ESTUDIOS PREVIOS
ANEXO II	DISEÑO GEOMÉTRICO
ANEXO III	DISEÑO ESTRUCTURAL
ANEXO IV	DRENAJE
ANEXO V	PRESUPUESTO DEL PROYECTO
ANEXO VI	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN
ANEXO VII	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ANEXO VIII	IMPACTO AMBIENTAL
ANEXO IX	PLANO GENERAL
ANEXO X	PLANOS VISTA EN PLANTA Y PERFIL
ANEXO XI	PLANOS DE SECCIONES TRANSVERSALES
ANEXO XII	PLANOS DE SEÑALIZACIÓN
ANEXO XIII	PLANO DE CURVA MASA

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1 Clasificación funcional para diseño de carreteras	9
Tabla 2.2 Distancia de frenado.....	13
Tabla 2.3 Distancia mínima de adelantamiento	15
Tabla 2.4 Radios mínimos.....	17
Tabla 2.5 Ensanche de la calzada E (m).....	19
Tabla 2.6 Lr min entre curvas de distinto sentido	21
Tabla 2.7 Lr mín. entre curvas del mismo sentido	21
Tabla 2.8 Pendientes máximas de la rasante	25
Tabla 2.9 Parámetros mínimos en curvas verticales de visibilidad.....	27
Tabla 2.10 Resumen de anchos de plataforma en terraplén y sus elementos.....	30
Tabla 2.11 Bombeo de la calzada.....	32
Tabla 2.12 CBR de diseño.....	34
Tabla 2.13 Módulo de resiliencia de las capas.....	41
Tabla 2.14 Desviación estándar normal	43
Tabla 2.15 Calidad de drenaje en función al tiempo en que alcanza 85% de saturación	45
Tabla 2.16 Coeficiente de drenaje.....	46
Tabla 2.17 Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular	47
Tabla 2.18 Dimensiones de las señales verticales.....	55
Tabla 2.19 Ubicación longitudinal de las señales verticales	56
Tabla 3.1 Población área de influencia	61
Tabla 3.2 Actividades de la comunidad	61

Tabla 3.3 Establecimiento educativo	62
Tabla 3.4 Existencia de medios de comunicación.....	62
Tabla 3.5 Cobertura de agua potable.....	63
Tabla 3.6 Cobertura de energía eléctrica.....	63
Tabla 3.7 Cobertura del servicio sanitario	64
Tabla 3.8 Coordenadas de puntos BM	66
Tabla 3.9 Nomenclatura de la topografía	66
Tabla 3.10 Levantamiento topográfico	67
Tabla 3.11 Ensayo del contenido de humedad	70
Tabla 3.12 Planilla de ensayo de granulometría	71
Tabla 3.13 Resumen de los ensayos granulométricos.....	72
Tabla 3.14 Planilla de ensayo de límite líquido	73
Tabla 3.15 Planilla de ensayo del límite plástico	75
Tabla 3.16 Resumen de ensayos de los límites de Atterberg.....	76
Tabla 3.17 Tabla de resultados de la clasificación de suelos	77
Tabla 3.18 Planilla de compactación T - 180.....	78
Tabla 3.19 Resumen de los ensayos de compactación T - 180	80
Tabla 3.20 Contenido de humedad y peso unitario	81
Tabla 3.21 Planilla de cálculo de expansión	82
Tabla 3.22 Planilla de cálculo del CBR	82
Tabla 3.23 Resumen de los CBR de las muestras obtenidas.....	84
Tabla 3.24 Análisis granulométrico	85
Tabla 3.25 Planilla de compactación T - 180.....	87
Tabla 3.26 Planilla de cálculo del C.B.R.	90

Tabla 3.27	Conteo vehicular en ambas direcciones	95
Tabla 3.28	Resumen conteo vehicular en ambas direcciones	97
Tabla 3.29	Porcentaje vehicular	98
Tabla 3.30	Tasa de crecimiento promedio	99
Tabla 3.31	Tráfico normal.....	101
Tabla 3.32	Tráfico generado	102
Tabla 3.33	Tráfico derivado	103
Tabla 3.34	Tráfico promedio anual	104
Tabla 3.35	Proyección del TPDA – Tránsito total	105
Tabla 3.36	Factor de carga equivalente.....	106
Tabla 3.37	Cálculo del número de ESALs	107
Tabla 3.38	Coordenadas de las estaciones en estudio	109
Tabla 3.39	Estaciones a usar para el estudio hidrológico	109
Tabla 3.40	Parámetros para el cálculo de lluvias máximas.....	110
Tabla 3.41	Lluvias máximas horarias	111
Tabla 3.42	Cálculo de intensidades.....	111
Tabla 3.43	Intensidad - duración - frecuencia.....	112
Tabla 3.44	Datos a utilizar en el diseño del proyecto	114
Tabla 3.45	Parámetros de diseño horizontal	116
Tabla 3.46	Detalle de curvas horizontales	118
Tabla 3.47	Parámetros de diseño verticales	119
Tabla 3.48	Detalle de curvas verticales.....	123
Tabla 3.49	Volumen de movimiento de tierra.....	124
Tabla 3.50	Datos para el diseño del paquete estructural	124

Tabla 3.51 Cálculo del diseño estructural	127
Tabla 3.52 Taludes usados en el proyecto.....	128
Tabla 3.53 Detalle de cunetas lado derecho	130
Tabla 3.54 Resumen de alcantarillas de paso.....	132
Tabla 3.55 Resumen de alcantarillas de alivio	133
Tabla 3.56 Presupuesto general – Alternativa 1	134
Tabla 3.57 Presupuesto general – Alternativa 2.....	137
Tabla 4.1 Presupuesto total del proyecto	142

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 Imágenes de la brecha aperturada.....	3
Figura 2.1 Gráfica de la distancia de adelantamiento.....	14
Figura 2.2 Gráfica de la visibilidad horizontal en curva	15
Figura 2.3 Elementos de curvas circulares simples.....	23
Figura 2.4 Elementos de curvas circulares de transición	24
Figura 2.5 Perfil transversal descriptivo.....	29
Figura 2.6 Ubicación de una contra cuneta en un camino.....	49
Figura 2.7 Bombeo en tangente.....	50
Figura 2.8 Bombeo en curva	50
Figura 2.9 Proyecto de vado en un camino	51
Figura 2.10 Proyecto de tubo en terraplén	51
Figura 2.11 Puente librando un arroyo.....	52
Figura 2.12 Alcantarilla tipo	52
Figura 2.13 Acotamiento, bordillo y terraplén bien vegetados	53
Figura 2.14 Marcas incrustadas en el pavimento (ojos de gato)	54
Figura 3.1 Ubicación a nivel Caraparí.....	60
Figura 3.2 Imágenes del levantamiento topográfico	65
Figura 3.3 Curva granulométrica.....	71
Figura 3.4 Curva de flujo para límite líquido.....	74
Figura 3.5 Curva de compactación.....	79
Figura 3.6 Curva: Carga - Penetración.....	83
Figura 3.7 Curva: CBR – Peso unitario.....	83

Figura 3.8 Imagen de las muestras	86
Figura 3.9 Imagen del cernido del material fino	86
Figura 3.10 Imagen de los tamices utilizados en la granulometría	86
Figura 3.11 Curva granulométrica	87
Figura 3.12 Imágenes del contenido de humedad	88
Figura 3.13 Imágenes de la compactación de las muestras	88
Figura 3.14 Imágenes del enrazado después proceso de compactación	89
Figura 3.15 Curva de compactación	89
Figura 3.16 Imagen del humedecimiento del material	91
Figura 3.17 Imagen de la compactación	91
Figura 3.18 Imágenes del enrazado y pesado de los moldes	91
Figura 3.19 Imágenes de la lecturación de la expansión	91
Figura 3.20 Imagen haciendo correr la prensa del CBR	91
Figura 3.21 Curva: Carga - Penetración	92
Figura 3.22 Curva: CBR - Densidad	92
Figura 3.23 Imagen del punto de aforamiento del tráfico	94
Figura 3.24 Imagen punto de aforamiento	96
Figura 3.25 Curvas: Intensidad - duración – frecuencia	112
Figura 3.26 Sección transversal de cuneta	128
Figura 3.27 Tubería parcialmente llena	131
Figura 3.28 Cálculo del tirante normal y velocidad	132
Figura 3.29 Ubicación gráfica de la categoría de E.E.I.A.	140