

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TOMO I

**“DISEÑO ESTRUCTURAL PUENTE VEHICULAR EN LA
COMUNIDAD DE PINOS SUD”**

(Pinos Sud – Provincia Cercado – Departamento de Tarija)

Por:

FERNANDO YAMIL GIRON FLORES

SEMESTRE II – 2025

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TOMO I

**“DISEÑO ESTRUCTURAL PUENTE VEHICULAR EN LA
COMUNIDAD DE PINOS SUD”**

(Pinos Sud – Provincia Cercado – Departamento de Tarija)

Por:

FERNANDO YAMIL GIRON FLORES

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 – 2025

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres por su apoyo y sacrificio durante toda la elaboración de este proyecto e hicieron posible cada paso de mi formación y a todos aquellos que han formado parte de mi desarrollo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I - ANTECEDENTES

1.1 El problema	1
1.1.1 Planteamiento.....	1
1.1.2 Formulación	3
1.1.3 Sistematización	3
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 General.....	3
1.2.2 Específicos	3
1.3 Justificación.....	4
1.3.1 Académica	4
1.3.2 Técnica.....	4
1.3.3 Social	4
1.4 Alcance del proyecto	4
1.4.1 Análisis de alternativas	5
1.4.1.1 Tipo de puente.....	5
1.4.1.2 Metodología constructiva.....	6
1.4.2 Resultados a lograr.....	7
1.4.3 Aporte académico	7
1.5 Localización	8
1.6 Información socioeconómica relativa al proyecto.....	10
1.6.1 Aspectos demográficos	10
1.6.2 Aspectos económicos.....	11
1.6.3 Aspectos sociales	11
1.6.4 Servicios básicos existentes	12

CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades	14
2.1.1 Definición de Puente.....	14

2.1.2	Clasificación de puentes	14
2.1.3	Partes de un puente	16
2.1.4	Ubicación y elección del tipo de puente	18
2.1.5	Características de los Puentes Esviajados.....	19
2.2	Estudios básicos de ingeniería.....	20
2.2.1	Generalidades.....	20
2.2.2	Estudio topográfico.....	20
2.2.3	Estudio de suelos	21
2.2.4	Estudio Hidrológico, Hidráulico y Socavación	21
2.3	Normas de diseño	22
2.4	Filosofía de diseño.....	22
2.5	Cargas para el diseño de puentes.....	23
2.5.1	Cargas permanentes	24
2.5.2	Cargas transitorias.....	25
2.6	Factores y Combinaciones de Cargas.....	28
2.6.1	Estados limites	28
2.6.2	Factor modificador de carga	30
2.7	Teorema de Barré	32
2.8	Deformaciones.....	33
2.9	Método de análisis aproximado.....	33
2.9.1	Ventajas	34
2.9.2	Limitaciones.....	34
2.10	Materiales	34
2.10.1	Hormigones.....	34
2.10.2	Acero de las armaduras	36
2.10.3	Acero de Presforzado	37

2.11 Hormigón Preesforzado	37
2.11.1 Sistema de postensado	37
2.11.2 Tipos de armadura en el hormigón pretensado	38
2.11.3 Propiedades geométricas de la sección	38
2.11.4 Etapas de carga	38
2.11.5 Esfuerzos en las fibras extremas	39
2.11.6 Fuerza de pretensado.....	39
2.11.7 Perdidas de pretensado.....	40
2.11.8 Ventajas del hormigón preesforzado frente al hormigón armado.....	41
2.12 Componentes del Sistema de Anclaje	41
2.12.1 Vainas	41
2.12.2 Cuerpos de anclaje	42
2.12.3 Cuñas	43
2.12.4 Equipo de tesado	43
2.12.5 Sistema de inyección de lechada (en postensado adherente).....	43
2.13 Estribos	44
2.13.1 Tipos de estribos	44
2.13.2 Cargas en los estribos	45
2.14 Estrategia para la ejecución del proyecto	46
2.14.1 Especificaciones técnicas.....	46
2.14.2 Precios Unitarios.....	46
2.14.3 Cálculos métricos	48
2.14.4 Presupuesto	48
2.14.5 Planeamiento y cronograma.....	48

CAPÍTULO III - INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1 Estudio Topográfico	50
3.1.1 Trabajo en campo.....	50
3.1.2 Trabajo en gabinete.....	50

3.2 Estudio de Suelos	51
3.3 Estudio hidrológico e hidráulico	53
3.4 Análisis y diseño estructural.....	55
3.4.1 Generalidades.....	55
3.4.1.1 Normativa de diseño	55
3.4.1.2 Filosofía de diseño	55
3.4.2 Diseño de la superestructura	56
3.4.2.1 Predimensionamiento	56
3.4.2.2 Especificaciones para el diseño.....	61
3.4.2.3 Diseño del barandado	63
3.4.2.4 Diseño de la vereda	71
3.4.2.5 Diseño del bordillo.....	77
3.4.2.6 Diseño de la losa	83
3.4.2.7 Diseño de viga de H°P°	100
3.4.2.8 Diseño de la viga diafragma.....	150
3.4.3 Diseño de la infraestructura	156
3.4.3.1 Diseño de los aparatos de apoyo	156
3.4.3.2 Diseño del estribo.....	166
3.5 Planos	198
3.6 Especificaciones técnicas	198
3.7 Cálculos métricos	198
3.8 Análisis de precios unitarios.....	198
3.9 Presupuesto general	198
3.10 Cronograma de ejecución	199

CAPÍTULO IV - APOORTE ACADÉMICO

4.1 Marco Conceptual del aporte académico.....	200
4.2 Estribo cerrado.....	200
4.2.1 Características	201

4.3 Estribo abierto	202
4.3.1 Características	203
4.4 Comparación técnica	204
4.5 Comparación económica	208
4.6 Consideraciones para la elección del tipo de estribo	210
4.7 Conclusiones y recomendaciones del aporte académico	211
4.7.1 Conclusiones	211
4.7.2 Recomendaciones	211

CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	212
5.2 Recomendaciones	213

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Obstrucción del paso sobre el rio Pinos	2
Figura 1.2 Ubicación Geográfica del Proyecto	8
Figura 1.3 Imagen satelital de la zona del proyecto/	9
Figura 1.4 Cauce del rio aguas arriba.....	9
Figura 1.5 Cauce del rio aguas abajo.....	10
Figura 2.1 Partes de un puente	16
Figura 2.2 Sección transversal de superestructura, puente de vigas.....	17
Figura 2.3 Variación de reacciones en losas de puentes esviados.....	19
Figura 2.4 Base probabilística del diseño LRFD.....	22
Figura 2.5 Características de camión de diseño	25
Figura 2.6 Tren de cargas sobre una viga simplemente apoyada	32
Figura 2.7 Posición de un tren de cargas para momento máximo.....	33
Figura 2.8. Vigas de hormigón postensado	37
Figura 2.9 Anclaje activo MTC de PROTENDE	42
Figura 2.10 Gato hidráulico de tesado multitoron MTC	43
Figura 2.11 Tipos de estribos	44
Figura 2.12 Cargas comunes en un estribo (sin sismo).....	45
Figura 2.13 Ejemplo de planificación metodología Gantt.....	49
Figura 3.1 Vista en planta del levantamiento topográfico.....	50
Figura 3.2 Grafico del hidrograma de crecida.....	53
Figura 3.3 Curva de descarga en el emplazamiento del puente	54
Figura 3.4 Perfil de socavación del lecho del rio	54
Figura 3.5 Alturas características en la sección transversal del rio	55
Figura 3.6 Seccion transversal de la superestructura.....	56
Figura 3.7 Secciones AASHTO tipo I.....	57
Figura 3.8 Seccion de la viga AASHTO tipo V	58

Figura 3.9 Posición reglamentaria de los ejes del Camión HL-93	58
Figura 3.10 Ancho ocupado por peatones	61
Figura 3.11 Geometría del barandado	63
Figura 3.12 Sección de diseño de la vereda	71
Figura 3.13 Esquema de cargas comb. I (izq.) y comb. II (der.)	71
Figura 3.14 Sección de diseño del bordillo	77
Figura 3.15 Esquema de cargas comb. I (izq.) y comb. II (der.)	77
Figura 3.16 Sección de diseño de la losa exterior	83
Figura 3.17 Esquema de cargas combinación I	83
Figura 3.18 Esquema de cargas combinación II	84
Figura 3.19 Esquema de cargas combinación II	84
Figura 3.20 Distancia entre la carga y el punto de apoyo	86
Figura 3.21 Esquema de cargas permanentes y sobrecarga peatonal	88
Figura 3.22 Línea de influencia del momento flector positivo	90
Figura 3.23 Línea de influencia del momento flector negativo	92
Figura 3.24 Modelo tridimensional del puente	95
Figura 3.25 Momentos positivos y negativos en la losa	95
Figura 3.26 Diagrama de momentos flectores	114
Figura 3.27 Diagrama de cortantes	115
Figura 3.28 Grafica de trayectorias de excentricidades y del cable	121
Figura 3.29 Trayectoria de los cables	121
Figura 3.30 Diagrama de momentos torsores	141
Figura 3.31 Relación entre la armadura y diferentes valores de “d”	144
Figura 3.32 Bloque de anclaje	145
Figura 3.33 Ubicación de los diafragmas	150
Figura 3.34 Ubicación de la carga del camión de diseño en el diafragma	150
Figura 3.35 Modelo de bielas y tirantes propuesto	151

Figura 3.36	Dimensionamiento de nudos y bielas del modelo.....	154
Figura 3.37	Geometría del aparato de apoyo de neopreno compuesto.....	156
Figura 3.38	Curvas esfuerzo-deformación	161
Figura 3.39	Geometría del dado de apoyo.....	164
Figura 3.40	Dimensiones del estribo en voladizo	166
Figura 3.41	Cargas actuantes en el estribo	167
Figura 3.42	Discretización del área del estribo	168
Figura 3.43	Discretización del área del suelo de relleno.....	169
Figura 3.44	Excentricidad en la base del cimiento.....	175
Figura 3.45	Cargas consideradas para el diseño de la pantalla	181
Figura 3.46	Cargas consideradas para el diseño del espaldar	186
Figura 3.47	Esfuerzos del suelo en la base del estribo	189
Figura 3.48	Cargas actuantes en el talón del estribo	190
Figura 3.49	Cargas actuantes en la punta del estribo	194
Figura 4.1	Seccion transversal y vista frontal del estribo cerrado.....	200
Figura 4.2	Puente con estribo cerrado en el Municipio de Laja.....	201
Figura 4.3	Vista lateral y frontal del estribo abierto.....	202
Figura 4.4	Puente “Amanecer B” Entre Ríos - Cochabamba.....	203

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Población de comunidades beneficiadas con el proyecto	10
Tabla 1.2 Principales actividades económicas por familia.....	11
Tabla 2.1 Densidades de materiales usados en la construcción	24
Tabla 2.2. Factor de presencia múltiple (m).....	26
Tabla 2.3 Incremento por carga dinámica	26
Tabla 2.4 Factores y Combinaciones de Carga	29
Tabla 2.5 Factores de Carga Permanente	30
Tabla 2.6. Deflexiones máximas permitidas para puentes de acero, aluminio y/u hormigón	33
Tabla 2.7 Esfuerzos admisibles en tiempo inicial	39
Tabla 2.8. Esfuerzos admisibles en tiempo inicial	39
Tabla 3.1 Valores nominales de capacidad portante admisible.....	52
Tabla 3.2 Factores de resistencia de diseño.....	62
Tabla 3.3 Tubos de F°G° para usos estructurales Norma ASTM A-500	64
Tabla 3.4 Factor de presencia múltiple.....	90
Tabla 3.5 Resumen de momentos en la losa por ambos métodos	96
Tabla 3.6 Momentos en la viga por ambos métodos	116
Tabla 3.7 Excentricidades permisibles a diferentes longitudes de la viga	119
Tabla 3.8 Alturas con respecto a la fibra inferior de la viga	119
Tabla 3.9 Esfuerzos resultantes luego de la pérdida por fricción.....	123
Tabla 3.10 Perdidas de pretensado en centro luz	131
Tabla 3.11 Cortante en h/2 de la viga por ambos métodos	137
Tabla 3.12 Armadura de corte en diferentes secciones de la viga	140
Tabla 3.13 Armadura a torsión en diferentes secciones de la viga	143
Tabla 3.14 Verificación del esfuerzo de compresión en nudos.....	155
Tabla 3.15 Reacciones en la viga por ambos métodos.....	156

Tabla 3.16 Dimensiones finales del estribo.....	167
Tabla 3.17 Resumen de cargas verticales en el estribo	171
Tabla 3.18 Resumen de cargas horizontales en el estribo	172
Tabla 4.1 Verificación de la excentricidad.....	204
Tabla 4.2 Verificación de la seguridad al vuelco	205
Tabla 4.3 Verificación de la Resistencia factorada al deslizamiento	205
Tabla 4.4 Verificación de la seguridad al deslizamiento.....	206
Tabla 4.5 Verificación de la capacidad portante	206
Tabla 4.6 Aspectos técnicos del estribo cerrado y abierto	207
Tabla 4.7 Cantidades y precios del estribo cerrado y abierto.....	208

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A	Respaldo institucional
ANEXO B	Levantamiento topográfico
ANEXO C	Estudio de suelos
ANEXO D	Seccion geológica
ANEXO E	Estudio hidrológico e hidráulico
ANEXO F	Planos estructurales
ANEXO G	Especificaciones técnicas
ANEXO H	Cómputos métricos
ANEXO I	Análisis de precios unitarios
ANEXO J	Presupuesto general
ANEXO K	Cronograma de ejecución
ANEXO L	Aporte académico