

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE
LOS MATERIALES



“DISEÑO ESTRUCTURAL PASO A DESNIVEL CRUCE AV.
PERIFÉRICA, PALO SANTO Y CARRETERA ASFALTADA
YACUIBA-SANTA CRUZ”

TOMO I

Por:

NUÑEZ GARNICA ABIGAIL

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

Semestre II - 2018

Tarija-Bolivia

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS
MATERIALES

**“DISEÑO ESTRUCTURAL PASO A DESNIVEL CRUCE AV.
PERIFÉRICA, PALO SANTO Y CARRETERA ASFALTADA
YACUIBA - SANTA CRUZ”**

Por:

NUÑEZ GARNICA ABIGAIL

Semestre II - 2018

Tarija - Bolivia

.....
Ing. Javier Castellanos Vasquez
DOCENTE CIV-502

.....
M. Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

.....
M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
VICEDECANA
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

TRIBUNALES:

.....
Ing. Dimar Fernández Sulca

.....
Ing. Mabel Zambrana Velasco

.....
Ing. Moisés E. Díaz Ayarde

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad de la autora.

DEDICATORIA

Mi proyecto lo dedico con todo mi amor y cariño a mis padres, Rodolfo y Lucia por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera para nuestro futuro y por creer en mí; a mis hermanos José, Sergio y Helen, a mis tíos Eli y Fernando, a mis abuelos Plácido, Rosa y Nicolasa por su apoyo incondicional, sus enseñanzas y ser mi inspiración.

AGRADECIMIENTOS

La vida se encuentra plegada de retos, tras verme dentro de ella, me he dado cuenta que más allá de ser un reto es una base para el entendimiento que concierne a la vida y el futuro.

Dios, tu amor y bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda.

Agradezco a mis padres donde no cesarán mis ganas de decir que es gracias a ustedes que esta meta está cumplida, a mis hermanos, tíos, abuelos y familia por su apoyo y confianza.

A la Universidad por haberme abierto las puertas para poder estudiar mi carrera, como también a los diferentes docentes por impartir sus conocimientos en la práctica, a mi docente guía por la paciencia durante todo el desarrollo del proyecto.

Finalmente a mis compañeros, por su amistad y apoyo para que podamos lograr juntos esta meta.

“Detrás de cada línea de
llegada, hay una de partida.
Detrás de cada logro, hay otro
desafío”.

Madre Teresa de Calcuta

ÍNDICE

Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen	

CAPÍTULO I

1 ANTECEDENTES.....	1
1.1 El problema	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.1.2 Formulación del problema	2
1.1.3 Sistematización del problema	2
1.2 Objetivos	2
1.2.1 General	2
1.2.2 Específicos	2
1.3 Justificación.....	3
1.3.1 Social.....	3
1.3.2 Económica.....	5
1.3.3 Técnico.....	7
1.3.4 Ambiental.....	7
1.4 Ubicación y descripción de la zona de proyecto.....	8
1.4.1 Planimetría	8
1.4.2 Ubicación geográfica	9
1.4.3 Latitud y longitud.....	10
1.4.4 Límites territoriales	11
1.4.5 Extensión.....	11
1.5 Alcance del proyecto.....	11
1.5.1 Planteamiento.....	12
1.5.2 Alternativa seleccionada en la propuesta	12

1.5.3	Resultados a lograr	14
1.5.4	Aporte académico.....	15

CAPÍTULO II

2	MARCO TEÓRICO.....	16
2.1	Estudios topográficos	16
2.1.1	Definición	16
2.1.2	Objetivos y alcances.....	16
2.1.3	Procedimiento del trabajo de campo	17
2.2	Estudio geotécnico	18
2.2.1	Definición.....	18
2.2.2	Objetivos y alcances.....	18
2.2.3	Procedimiento del trabajo de campo	18
2.3	Estudio de tráfico	20
2.3.1	Definición.....	20
2.3.2	Objetivos y alcances.....	20
2.3.3	Procedimiento del trabajo de campo	21
2.4	Consideraciones y parámetros de diseño geométrico	21
2.4.1	Clasificación funcional para diseño	21
2.4.2	Capacidad y niveles de servicio	22
2.4.2.1	Capacidad de una carretera o camino.....	22
2.4.2.2	Niveles de servicio	23
2.4.3	Sección transversal.....	25
2.4.3.1	Calzada	25
2.4.3.2	Bermas.....	27
2.4.3.3	Pendiente.....	28
2.4.4	Velocidad de diseño	28

2.4.5	Radio mínimo	30
2.4.6	Peralte o sobrelevación	30
2.4.7	Pendientes longitudinales.....	31
2.4.8	Alineamiento horizontal y vertical.....	31
2.4.9	Gálibos	32
2.4.10	Rampas.....	33
2.5	Consideraciones y parámetros de diseño estructural	34
2.5.1	Filosofía de diseño para puentes carreteros	34
2.5.1.1	Diseño por factores de carga y resistencia (LRFD)	35
2.5.1.2	Factores de carga y resistencia.....	37
2.5.1.2.1	Ductilidad	37
2.5.1.2.2	Redundancia.....	38
2.5.1.2.3	Importancia Operativa.....	38
2.5.1.3	Combinaciones de carga de diseño en LRFD	39
2.5.2	Barreras de concreto	42
2.5.2.1	Criterios para seleccionar el nivel de ensayo	43
2.5.2.2	Fuerzas de diseño para las barreras para tráfico vehicular	44
2.5.2.3	Barandas de Hormigón	44
2.5.3	Diseño de vigas con armaduras postensas	46
2.5.3.1	Denominación de cargas	48
2.5.3.1.1	Cargas permanentes	48
2.5.3.1.2	Cargas transitorias	50
2.5.3.1.3	Carga viva vehicular	50
2.5.3.1.3.1	Camión de diseño.....	51
2.5.3.1.3.2	Tándem de diseño	52
2.5.3.1.3.3	Carga del carril de diseño.....	52
2.5.3.1.3.4	Aplicación de sobrecarga vehicular de diseño	52
2.5.3.1.4	Cargas de fatiga	54
2.5.3.1.5	Presencia múltiple	55
2.5.3.1.6	Efectos dinámicos (impacto).....	55

2.5.3.1.7	Fuerza de frenado	56
2.5.3.2	Líneas de influencia	57
2.5.3.2.1	Líneas de influencia para vigas estáticamente determinadas	57
2.5.3.2.2	Líneas de influencia para vigas hiperestáticas	60
2.5.3.3	Distribución de cargas según la norma ASHTO LRFD.....	61
2.5.4	Diseño a flexión	69
2.5.5	Control de deflexiones	73
2.5.6	Diseño de losa de hormigón armado.....	74
2.5.7	Diseño de vigas diafragmas	76
2.5.8	Diseño de dispositivo de apoyo de neopreno.....	77
2.5.8.1	Freyssinet semirecubiertos.....	78
2.5.8.2	Propiedades del Material	79
2.5.8.3	Requerimientos de Diseño	79
2.5.8.3.1	Esfuerzo de Compresión	79
2.5.8.3.2	Deformación por Cortante.....	80
2.5.8.3.3	Compresión y Rotación Combinados	80
2.5.8.3.4	Estabilidad del Apoyo de Elastómero.....	81
2.5.8.3.5	Refuerzo	82
2.5.8.3.6	Constante de Amplitud de Fatiga Crítica.....	83
2.5.9	Diseño de pila porticada.....	83
2.5.9.1	Evaluación aproximada de los efectos de esbeltez	85
2.5.9.2	Resistencia axial.....	86
2.5.9.3	Armadura transversal para elementos sometidos a compresión	87
2.5.9.4	Amplificación de momentos vigas – columna	88
2.5.9.5	Factor de longitud efectiva.....	91
2.5.10	Diseño de estribo en voladizo	91
2.5.10.1	Estados limites	93
2.5.10.2	Factores de carga y de resistencia.....	94
2.5.10.3	Consideraciones para la estabilidad.....	96
2.5.10.4	Procedimientos de diseño para estribos	98

2.5.10.5 Fuerzas en un estribo	100
2.5.10.5.1 Empuje de suelo	102
2.5.10.5.1.1 Coeficiente de empuje lateral activo.....	102
2.5.10.5.2 Sobrecargas	103
2.5.10.5.2.1 Sobrecarga uniforme.....	103
2.5.10.5.2.2 Sobrecarga viva.....	103
2.5.11 Diseño de rampas de acceso.....	105
2.6 Estrategia de ejecución.....	105
2.6.1 Especificaciones técnicas	105
2.6.2 Precios unitarios	106
2.6.3 Cómputos métricos	106
2.6.4 Presupuesto	107
2.6.5 Cronograma de ejecución.....	107

CAPÍTULO III

3 INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	102
3.1 Estudio topográfico	109
3.2 Estudio geotécnico	109
3.3 Estudio de tránsito.....	110
3.4 Consideraciones y parámetros de diseño geométrico	112
3.5 Consideraciones y parámetros de diseño estructural	112
3.5.1 Diseño de Barreras de Concreto	113
3.5.1.1 Resistencia en flexión alrededor de un eje vertical a la barrera.....	113
3.5.1.2 Resistencia en flexión alrededor de un eje paralelo al eje longitudinal del puente	115
3.5.1.3 Longitud crítica de la línea de rotura según el patrón de falla	117
3.5.1.4 Resistencia no minal a la carga transversal	117
3.5.1.5 Transferencia de cortante entre la barrera y la losa.....	118

3.5.1.6 Chequeo de Dowel	119
3.5.1.7 Longitud de anclaje	119
3.5.2 Diseño de vigas con armaduras postesas	122
3.5.2.1 Geometría de la sección transversal	122
3.5.2.2 Ancho transversal equivalente de carga de rueda	124
3.5.2.3 Cargas y efectos por peso propio	124
3.5.2.4 Cargas y efectos capa de rodadura	126
3.5.2.5 Sobrecarga vehicular	127
3.5.2.6 Sobrecarga por incremento de impacto	132
3.5.2.7 Propiedades de la sección	133
3.5.2.8 Parámetro de rigidez longitudinal	138
3.5.2.9 Distribución sobrecargas por el carril para momento en vigas interiores ...	138
3.5.2.10 Distribución de sobrecargas por el carril para momento en vigas exteriores	139
3.5.2.11 Distribución de sobrecargas por el carril para corte en vigas interiores	140
3.5.2.12 Distribución de sobrecargas por el carril para corte en vigas exteriores ...	141
3.5.2.13 Cálculo de sobrecarga vehicular	142
3.5.2.14 Efectos máximos por sobrecarga vehicular	142
3.5.2.15 Efectos máximos por incremento por carga dinámica	145
3.5.2.16 Efectos máximos por peso propio	146
3.5.2.17 Efectos máximo capa de rodadura	146
3.5.2.18 Efectos máximo peso propio de la viga	146
3.5.2.19 Cálculo de fuerza de pretensado-Viga exterior	147
3.5.2.20 Trayectoria del cable	150
3.5.2.21 Perdidas de preesfuerzo	154
3.5.2.22 Cálculo de fuerza de pretensado - Viga interior	162
3.5.2.23 Trayectoria del cable	166
3.5.2.24 Perdidas de preesfuerzo	170
3.5.2.25 Diseño a cortante (viga Exterior)	180
3.5.2.26 Diseño a cortante (viga Interior)	182

3.5.2.27 Verificación de la armadura a flexión en estados límites de resistencia	182
3.5.2.27.1 Calculo de armadura positiva pasiva viga exterior	184
3.5.2.27.2 Cálculo de armadura positiva pasiva viga interior	187
3.5.3 Diseño de losa de tablero	191
3.5.3.1 Determinación del momento ultimo para diseño	191
3.5.3.2 Selección del refuerzo	192
3.5.3.2.1 Refuerzo para momento positivo	194
3.5.3.2.2 Refuerzo para momento negativo	195
3.5.3.3 Acero de distribución	196
3.5.3.3.1 Armadura por contracción y temperatura	196
3.5.3.3.2 Limitación de la fisuración mediante distribución de la armadura	197
3.5.3.4 Diseño del volado	200
3.5.4 Diseño de vagas diafragma	201
3.5.4.1 Determinación de la máxima solicitud en la viga	201
3.5.4.2 Calculo del acero negativo	204
3.5.4.3 Calculo del acero positivo	205
3.5.4.4 Armadura de contracción y temperatura en caras laterales	207
3.5.4.5 Diseño a corte.....	207
3.5.5 Diseño de dispositivos de apoyo de elastómero reforzado con acero.....	212
3.5.5.1 Área de elastómero	212
3.5.5.2 Factor de forma S mínimo.....	212
3.5.5.3 Grosor de una capa interior del elastómero.....	213
3.5.5.4 Número de capas interiores de elastómero.....	213
3.5.5.5 Estabilidad del elastómero	213
3.5.5.6 Calculo de placas de refuerzo en el elastómero	214
3.5.6 diseño de pila porticada	215
3.5.6.1 Cálculo de los efectos de carga muerta	215
3.5.6.2 Cálculo de los efectos por carga viva	217
3.5.6.3 Cálculo de los efectos de otras cargas.....	217
3.5.6.4 Carga de viento	218

3.5.6.5 Combinaciones de carga	221
3.5.6.6 Diseño de la viga del pórtico	222
3.5.6.7 Cálculo del acero negativo	224
3.5.6.8 Cálculo del acero positivo	227
3.5.6.9 Diseño por corte	233
3.5.6.10 Diseño de columna	237
3.5.6.11 Refuerzo máximo de miembros a compresión	237
3.5.6.12 Refuerzo mínimo de miembros a compresión	240
3.5.6.13 Esbeltez	240
3.5.6.14 Capacidad	240
3.5.6.15 Diagrama de interacción de la columna circular	241
3.5.6.16 Cálculo de estribos	246
3.5.6.17 Diseño de la zapata de fundación	247
3.5.6.17.1 Dimensionamiento en planta	249
3.5.6.17.2 Para la altura de la zapata	250
3.5.6.17.3 Análisis de esfuerzos en la viga	251
3.5.6.17.4 Cálculo del refuerzo de acero por flexión en la viga	252
3.5.6.17.5 Cálculo del refuerzo de acero por corte en la viga	253
3.5.6.17.6 Transferencia de esfuerzos	253
3.5.7 Diseño de estribo en voladizo	254
3.5.7.1 Pre dimensionamiento	255
3.5.7.2 Caso I – Estribo con puente	256
A) Estados limites aplicables y combinaciones de cargas	262
B) Chequeo de estabilidad y esfuerzos	265
C) Presiones actuantes en la base del estribo	266
3.5.7.3 Caso II – Estribo sin puente	267
A) Estados limites aplicables y combinaciones de cargas	267
B) Chequeo de estabilidad y esfuerzos	268
C) Presiones actuantes en la base del estribo	271
3.5.7.4 Cálculo del acero	272

3.5.7.4.1	Diseño de pantalla	272
3.5.7.4.2	Diseño de cimentación	278
3.5.8	Diseño de muro de acceso	285
3.5.8.1	Propiedades de los materiales	286
3.5.8.2	Cargas actuantes	288
	A) Estados limites aplicables y combinaciones de cargas	290
	B) Chequeo de estabilidad y esfuerzos	292
	C) Presiones actuantes en la base del estribo	293
3.5.8.3	Cálculo del acero	294
3.5.8.3.1	Muro vertical	294
3.5.8.3.2	Losa cimentación	300
3.6	Estrategia de ejecución.....	306
3.6.1	Especificaciones técnicas	306
3.6.2	Precios unitarios	306
3.6.3	Cómputos métricos	306
3.6.4	Presupuesto general	307
3.6.5	Plazo de ejecución	307

CAPÍTULO IV

4	APORTE ACADÉMICO.....	308
4.1	Estribo en voladizo con contrafuertes.....	308
4.1.1	Definición.....	308
4.1.2	Marco teórico-diseño estribo en voladizo con contrafuerte.....	308
4.1.3	Ingeniería de diseño para el estribo con contrafuerte	312
4.1.3.1	Pre dimensionamiento	314
4.1.3.2	Caso I – Estribo con puente	315
	A) Estados limites aplicables y combinaciones de cargas	322
	B) Chequeo de estabilidad y esfuerzos	324

C) Presiones actuantes en la base del estribo	325
4.1.3.3 Caso II – Estribo sin puente	326
A) Estados limites aplicables y combinaciones de cargas	326
B) Chequeo de estabilidad y esfuerzos	328
C) Presiones actuantes en la base del estribo	331
4.1.3.4 Cálculo del acero	332
4.1.3.4.1 Diseño de pantalla	332
4.1.3.4.2 Diseño de cimentación	340
4.1.3.4.3 Diseño de contrafuertes	349
4.2 Comparación Estribo en voladizo vs. Estribo en voladizo con contrafuerte	355
4.2.1 Comparación del comportamiento estructural	355
4.2.1.1 Estabilidad y vuelco	355
4.2.1.2 Asentamientos	355
4.2.1.3 Desplazamientos	356
4.2.2 Comparación económica	356
4.3 Conclusiones de la comparación	356

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	357
5.1 Conclusiones	357
5.2 Recomendaciones	360

BIBLIOGRAFÍA	361
---------------------------	-----

ANEXOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1 Plano de área urbana.....	4
Ilustración 1-2 Ubicación de las comunidades indígenas y campesinas.....	4
Ilustración 1-3 Vías de acceso en el área urbana Villa Montes	7
Ilustración 1-4 Imagen satelital, ubicación de estribos y pilar.....	9
Ilustración 1-5 Ubicación geográfica del Municipio de Villa Montes.....	10
Ilustración 2-1 Sección tipo de puentes y pasos superiores sin escala.....	26
Ilustración 2-2 Características del camión de diseño.....	51
Ilustración 2-3 Tándem de diseño.....	52
Ilustración 2-4 Carga de carril de diseño	52
Ilustración 2-5 Camión de diseño combinada con la carga del carril de diseño.....	53
Ilustración 2-6 Tándem de diseño combinada con la carga del carril de diseño.....	53
Ilustración 2-7 Dos camiones de diseño combinado con la carga del carril del diseño	54
Ilustración 2-8 Líneas de influencia para vigas estáticamente determinadas	58
Ilustración 2-9 Apoyo semirecubierto.....	78
Ilustración 2-10 Tipos de muros de contención y drenajes posteriores	93
Ilustración 2-11 Típicas aplicaciones de factores de carga.....	94
Ilustración 2-12 Modos de falla	96
Ilustración 2-13 Pre dimensionamiento para estribos.....	98
Ilustración 2-14 Efecto del nivel freático.....	101
Ilustración 2-15 Simbología para el empuje activo de Coulomb.....	103
Ilustración 2-16 Cargas típicas en estribos.....	105
Ilustración 4-1 Sección A-A. Estribo en voladizo con contrafuertes.....	310
Ilustración 4-2 Sección B-B. Estribo en voladizo con contrafuertes	311
Ilustración 4-3 Pre dimensionamiento de un estribo en voladizo con contrafuertes.	312

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Características de las áreas protegidas.....	8
Tabla 1-2 Perímetro Urbano Ciudad de Villa Montes	10
Tabla 1-3 Municipio de Villa Montes en el contexto Provincial, Departamental y Nacional	11
Tabla 2-1 Localización de sondeos para fundación de la infraestructura	19
Tabla 2-2 Clasificación funcional para diseño carreteras y caminos rurales	22
Tabla 2-3 Intensidad máxima de servicio (I) de una calzada según nivel de servicio para FHP=1	25
Tabla 2-4 Cuadro resumen de anchos de plataformas a nivel de rasante.....	28
Tabla 2-5 Valores de velocidad de diseño en función de la categoría y el tipo de terreno	29
Tabla 2-6 Parámetros de diseño geométrico	30
Tabla 2-7 Sobreelevación en curvas de intersecciones.....	31
Tabla 2-8 Gálibos.....	32
Tabla 2-9 Velocidades de diseño de las rampas en función de las velocidades de diseño de la Carretera.....	33
Tabla 2-10 Factor de reducción de resistencia.....	36
Tabla 2-11 Combinaciones de Cargas y Factores de Carga.....	41
Tabla 2-12 Factores de carga para cargas permanentes	41
Tabla 2-13 Fuerzas de diseño para las barreras para tráfico vehicular	44
Tabla 2-14 Densidades	49
Tabla 2-15 Factor de presencia múltiple.....	55
Tabla 2-16 Incremento por Carga dinámica.....	56
Tabla 2-17 superestructuras habituales	62
Tabla 2-18 Distribución de las sobrecargas por carril para momento en vigas interiores.....	64

Tabla 2-19 Distribución de sobrecargas por carril para momento en vigas longitudinales exteriores	66
Tabla 2-20 Distribución de sobrecargas por carril para corte en vigas longitudinales interiores	67
Tabla 2-21 Distribución de la sobrecargas por carril para corte en vigas exteriores ..	68
Tabla 2-22 Fajas equivalentes	75
Tabla 2-23 Espesores de placas de elastómeros y de zunchos.....	77
Tabla 2-24 Propiedades del material.....	79
Tabla 2-25 Constante de amplitud de fatiga crítica	83
Tabla 2-26 Factores de longitud efectiva	91
Tabla 2-27 Factores de resistencia para el estado límite de resistencia de las fundaciones superficiales.....	95
Tabla 2-28 Valores aproximados de los movimientos relativos requeridos para llegar a condiciones de empuje activo o pasivo del suelo (Clough y Duncan 1991)	101
Tabla 2-29 Altura de suelo equivalente para carga vehicular sobre estribos perpendiculares al trafico.....	104
Tabla 3-1 Clasificación de suelo.....	110
Tabla 3-2 Cota de perforación y fatiga admisible.....	110
Tabla 3-3 Resumen del conteo y movimientos de vehículos en los puntos de aforo	111

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fotografías	
Anexo 2. Estudio de suelos	
Anexo 3. Estudio de tráfico.....	
Anexo 4. Líneas de influencia.....	
Anexo 5. Especificaciones técnicas	
Anexo 6. Precios unitarios	
Anexo 7. Cómputos métricos – Alternativa 1	
Anexo 8. Presupuesto – Alternativa 1.....	
Anexo 9. Cómputos métricos – Alternativa 2.....	
Anexo 10. Presupuesto – Alternativa 2.....	
Anexo 11. Cronograma	
Anexo 12. Planilla de fierros.....	
Anexo 13. Planos	