

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS
MATERIALES**



TOMO I -TEXTO Y ANEXOS 1 AL 10

**PROYECTO: “CÁLCULO ESTRUCTURAL DEL CENTRO DE SALUD CON
INTERNACIÓN PARA LA COMUNIDAD SANTA ANA LA NUEVA”**

Por:

JAVIER FÉLIX ENRIQUEZ CÁCERES

SEMESTRE II - 2024

TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS
MATERIALES**

TOMO I -TEXTO Y ANEXOS 1 AL 10

**PROYECTO: “CÁLCULO ESTRUCTURAL DEL CENTRO DE SALUD CON
INTERNACIÓN PARA LA COMUNIDAD SANTA ANA LA NUEVA”**

Por:

JAVIER FÉLIX ENRIQUEZ CÁCERES

Proyecto elaborado en la asignatura CIV-502, presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE II - 2024

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA.

A mis queridos padres, por su apoyo incondicional, su paciencia infinita y su amor inagotable. Gracias por estar siempre a mi lado. Este logro no habría sido posible sin su constante respaldo y sacrificio.

ÍNDICE.

1.	CAPÍTULO I.- ANTECEDENTES.....	1
1.1.	El Problema.....	1
1.1.1.	Antecedentes.	1
1.1.2.	Planteamiento.....	2
1.1.3.	Formulación.	2
1.1.4.	Sistematización del problema.	2
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.	Espacial.	5
1.5.	Alcance del proyecto.....	5
1.5.1.	Aporte académico.....	6
2.	CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO.	7
2.1.	Levantamiento Topográfico.....	7
2.2.	Estudio de suelos.....	7
2.2.1.	Ensayo de Penetración Estándar (SPT).....	7
2.3.	Diseño arquitectónico para establecimientos de salud.....	8
2.4.	Idealización de la estructura.....	8
2.4.1.	Sustentación de la cubierta.....	8
2.4.2.	Sustentación de la edificación.....	8
2.4.3.	Fundación.....	9
2.5.	Diseño de la Estructura metálica.....	10
2.5.1.	Sustentación de la cubierta.....	10
2.5.1.1.	Norma de diseño.	10
2.5.1.2.	Combinaciones de carga LRFD.....	10
2.5.1.3.	Parámetros del acero.....	11
2.5.1.3.1.	Definición del acero.	11

2.5.1.3.2.	Propiedades mecánicas de los aceros.	12
2.5.1.4.	Elementos estructurales (cercha).	12
2.5.1.4.1.	Diseño de miembros sometidos a tracción.	13
2.5.1.4.2.	Diseño de miembros sometidos a compresión.	14
2.5.1.4.3.	Diseño de miembros sometidos a flexión.....	17
2.5.1.4.4.	Diseño de uniones soldadas.....	21
2.5.1.4.5.	Diseño de elementos en corte.	22
2.5.1.4.6.	Diseño de placa de anclaje.	23
2.6.	Diseño de la estructura de hormigón.....	24
2.6.1.	Norma de diseño.	24
2.6.2.	Hipótesis de carga.	25
2.6.3.	Parámetros de diseño.....	26
2.6.3.1.	Hormigón.....	26
2.6.3.1.1.	Propiedades mecánicas del hormigón	26
2.6.3.2.	Acero.....	28
2.6.3.2.1.	Resistencia de cálculo.....	28
2.6.3.2.2.	Módulo de deformación longitudinal.	28
2.6.3.2.3.	Coeficiente de dilatación térmica.	28
2.6.3.2.4.	Durabilidad del acero.	29
2.6.3.3.	Factores de reducción de resistencia para hormigón.	29
2.6.3.4.	Elementos estructurales de hormigón.	30
2.6.3.4.1.	Vigas.....	30
2.6.3.4.1.1.	Altura mínima.....	30
2.6.3.4.1.2.	Cálculo de la armadura a flexión.....	30
2.6.3.4.1.3.	Armadura mínima a flexión.....	32
2.6.3.4.1.4.	Cálculo de la armadura a corte.	32
2.6.3.4.1.1.	Armadura mínima a corte.....	34
2.6.3.4.2.	Columnas.....	35
2.6.3.4.2.1.	Esbeltez en pórticos indesplazables.....	36
2.6.3.4.2.2.	Resistencia nominal a la compresión, P_n	36
2.6.3.4.2.3.	Resistencia nominal a flexión, M_n	37
2.6.3.4.2.4.	Disposición de armaduras en columnas.	38

2.6.3.4.3.	Losas alivianadas.....	39
2.6.3.4.4.	Fundaciones.....	39
2.6.3.4.4.1.	Predimensionamiento.	40
2.6.3.4.4.1.	Método de flexión.....	41
2.6.3.4.4.1.	Comprobación a cortante.....	44
2.6.3.4.4.1.	Comprobación a punzonamiento:.....	44
2.6.3.4.5.	Escalera.....	45
2.6.3.4.5.1.	Trazado.....	46
2.6.3.4.5.2.	Predimensionamiento de la losa de la escalera.....	46
2.6.3.4.5.3.	Cargas presentes en la escalera:	47
2.6.3.4.5.4.	Diseño a flexión.....	48
2.6.3.4.6.	Rampa de acceso.	49
2.6.3.4.7.	Junta de dilatación.	50
2.7.	Estrategia para la ejecución del proyecto.....	51
2.7.1.	Especificaciones técnicas.....	51
2.7.2.	Cálculos métricos.....	51
2.7.3.	Precios unitarios.....	51
2.7.4.	Presupuesto.	52
2.7.5.	Planeación y cronograma.	52
3.	CAPÍTULO III – INGENIERÍA DEL PROYECTO.	53
3.1.	Análisis del levantamiento topográfico.....	53
3.2.	Análisis del estudio de suelos.	55
3.3.	Arquitectura del proyecto.....	56
3.4.	Planteamiento de la estructura.	56
3.4.1.	Sustentación de la cubierta.....	56
3.4.2.	Estructura de sustentación la edificación.	57
3.4.3.	Fundaciones.....	57
3.5.	Diseño de la estructura metálica.	57
3.5.1.	Correas de perfil de acero.	57
3.5.1.1.	Verificación a flexión.	60
3.5.1.2.	Resistencia nominal a la flexión, M_n , en el eje mayor.....	60
3.5.1.3.	Resistencia nominal a la flexión, M_n , en el eje menor.....	62

3.5.1.4.	Verificación a flexión combinada.....	63
3.5.1.5.	Comprobación a corte.....	64
3.5.2.	Cálculo cercha de sustentación.	66
3.5.2.1.	Verificación a compresión en la cercha.....	68
3.5.2.2.	Verificación a flexo-compresión.	70
3.5.2.3.	Verificación a tracción en la cercha.....	72
3.5.2.4.	Verificación a flexo-tracción.	74
3.5.2.5.	Diseño de unión soldada.	75
3.5.3.	Diseño de placa de anclaje.	77
3.5.4.	Verificación a succión en cubierta.	79
3.6.	Diseño de la estructura de hormigón.....	84
3.6.1.	Diseño de losa alivianada.....	84
3.6.1.1.	Consideraciones de la losa alivianada	84
3.6.1.2.	Características mecánicas de la vigueta y losa.	85
3.6.1.3.	Esfuerzos en tiempo cero.....	86
3.6.1.4.	Esfuerzos en tiempo infinito.....	90
3.6.1.5.	Verificación flecha máxima.....	93
3.6.1.6.	Armadura de retracción o temperatura.	93
3.6.2.	Diseño estructural de la viga.	94
3.6.2.1.	Pre dimensionamiento.....	95
3.6.2.2.	Geometría, materiales y esfuerzos máximos.	96
3.6.2.3.	Determinación de armadura negativa en la columna C15.	96
3.6.2.4.	Determinación de armadura negativa en la columna C45.	99
3.6.2.5.	Determinación de armadura positiva en el centro del vano.....	100
3.6.2.6.	Verificación y diseño a cortante.	102
3.6.2.7.	Verificación de flecha máxima.....	106
3.6.2.8.	Verificación a torsión.....	106
3.6.3.	Diseño estructural de la columna.	107
3.6.3.1.	Armadura longitudinal.....	108
3.6.3.1.1.	Esbeltez y pandeo.	108
3.6.3.1.2.	Armadura mínima.....	114
3.6.3.2.	Resistencia axial a compresión	114

3.6.3.3.	Resistencia a flexión nominal, M_n .	115
3.6.3.4.	Verificación en el diagrama de interacción.	116
3.6.3.5.	Armadura transversal.	117
3.6.3.6.	Diagrama de Momento-Curvatura.	118
3.6.4.	Diseño de fundaciones.	123
3.6.4.1.	Pre dimensionamiento zapata:	123
3.6.4.2.	Cálculo de la zapata, método de flexión.	125
3.6.4.2.1.	Verificación a punzonamiento.	127
3.6.4.2.2.	Verificación a cortante unidireccional.	128
3.6.4.2.3.	Cálculo del acero de refuerzo.	131
3.6.4.3.	Comprobaciones de la zapata.	137
3.6.5.	Diseño de escalera.	139
3.6.5.1.	Cálculo de acero de refuerzo.	144
3.6.5.1.1.	Cálculo de refuerzo positivo.	145
3.6.5.1.2.	Cálculo de refuerzo negativo.	146
3.6.5.1.3.	Cálculo de armadura transversal.	147
3.6.5.2.	Verificación a cortante.	148
3.6.6.	Diseño de rampa de acceso.	149
3.6.6.1.	Altura de la losa.	149
3.6.6.2.	Armadura de la losa.	151
3.6.6.2.1.	Armadura en el sentido longitudinal.	152
3.6.6.2.2.	Armadura en el sentido transversal.	154
3.6.6.3.	Diseño viga de apoyo longitudinal.	156
3.6.6.3.1.	Diseño a flexión de la viga.	156
3.6.6.3.2.	Verificación a corte.	158
3.6.7.	Diseño junta de dilatación.	159
3.7.	Estrategia para la ejecución del proyecto.	160
3.7.1.	Especificaciones Técnicas.	160
3.7.2.	Cómputos métricos.	160
3.7.3.	Precios unitarios.	161
3.7.4.	Planeación y cronograma.	161
3.7.5.	Presupuesto.	162

4.	CAPÍTULO IV – APOORTE ACADÉMICO. (ALTERNATIVA DE DISEÑO PARA ZAPATAS AISLADAS, MODELO DE BIELAS Y TIRANTES.)...	163
4.1.	Objetivo.....	163
4.2.	Marco Teórico Modelo Bielas y Tirantes	163
4.2.1.	Comprobación a vuelco.....	170
4.2.2.	Comprobación de hundimiento.....	170
4.2.3.	Comprobación de deslizamiento.....	170
4.3.	Diseño de la zapata C49.....	171
4.3.1.	Predimensionamiento.....	171
4.3.2.	Cálculo de las esfuerzos y fuerzas externas.....	171
4.3.3.	Modelo y fuerzas internas del elemento.....	173
4.3.4.	Resistencias y verificaciones de diseño.....	176
4.3.4.1.	Bielas comprimidas.....	176
4.3.4.2.	Tirantes traccionados.....	177
4.3.4.3.	Zonas nodales.....	179
4.3.5.	Comprobaciones de la zapata.....	180
4.3.6.	Comparación de resultados.....	180
4.4.	Recomendaciones del método Bielas y Tirantes.....	181
4.5.	Conclusiones del capítulo.....	183
5.	CAPÍTULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	185
5.1.	Conclusiones.....	185
5.2.	Recomendaciones.....	187
	BIBLIOGRAFÍA.....	188
	ANEXOS	
	PLANOS	

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla N° 1.	Propiedades de Aceros Estructurales.....	12
Tabla N° 2.	Razones Ancho-Espesor para elementos en compresión	14
Tabla N° 3.	Longitud mínima de anclaje.	24
Tabla N° 4.	Combinaciones de carga.....	25
Tabla N° 5.	Factores de reducción de resistencia.	29
Tabla N° 6.	Altura mínima de vigas no pretensadas.	30
Tabla N° 7.	Método detallado para calcular V_c	33
Tabla N° 8.	Cálculo de v_c para cortante en dos direcciones.	45
Tabla N° 9.	Resultados del Programa CYPECAD.	64
Tabla N° 10.	Esfuerzos axiales de la cercha en kN, caso más desfavorable.	67
Tabla N° 11.	Esfuerzos axiales en la cercha cuando hay succión.....	80
Tabla N° 12.	Desplazamientos de la columna en análisis.....	109
Tabla N° 13.	Datos geométricos de la columna a analizar.	110
Tabla N° 14.	Resultado del programa CYPECAD en la zapata C49.....	181
Tabla N° 15.	Tabla comparativa de barras según el método usado.	181

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura N° 1.	Ubicación del proyecto.....	5
Figura N° 2.	Curva del esfuerzo crítico vs esbeltez de un elemento.....	15
Figura N° 3.	Superficies y gargantas de la soldadura de filete.....	22
Figura N° 4.	Flexión en vigas rectangulares	31
Figura N° 5.	Esquema para la consideración de los efectos de la esbeltez.	35
Figura N° 6.	Diagrama de interacción en columnas.....	38
Figura N° 7.	Secciones críticas para el diseño a flexión en una zapata aislada.	42
Figura N° 8.	Presiones de contacto supuestas bajo zapatas excéntricas.	42
Figura N° 9.	Esfuerzos del terreno en una zapata con momentos en ambos ejes.	43
Figura N° 10.	Secciones críticas para la verificación a cortante en una dirección.....	44
Figura N° 11.	Secciones críticas para la verificación a punzonamiento	45
Figura N° 12.	Secciones en una escalera.....	47
Figura N° 13.	Ilustración de las cargas.....	47
Figura N° 14.	Idealización simplemente apoyado.....	48
Figura N° 15.	Idealización con apoyo empotrado.....	48
Figura N° 16.	Vistas de la rampa.	49
Figura N° 17.	Topografía del terreno	53
Figura N° 18.	Áreas de corte y de relleno del emplazamiento	54
Figura N° 19.	Corte B-B, Perfil transversal.	55
Figura N° 20.	Corte A-A, Perfil longitudinal.....	55
Figura N° 21.	Carga Q_u descompuesta en los ejes X y Y.	58
Figura N° 22.	Carga total mayorada en correa.....	59
Figura N° 23.	Diagrama de momentos flectores en la correa.	59
Figura N° 24.	Diagrama de cortantes de la correa.	65

Figura N° 25.	Dimensiones cercha tipo 1.....	66
Figura N° 26.	Soldadura en la unión.	76
Figura N° 27.	Diagrama de cortantes de la viga que soporta las cerchas.....	77
Figura N° 28.	Dimensiones placa de anclaje, apoyo fijo.	78
Figura N° 29.	Dimensiones placa de anclaje, apoyo móvil.....	78
Figura N° 30.	Acción del viento, succión en la cubierta.....	79
Figura N° 31.	Diagrama de cortantes de la viga que sostiene a la cubierta, succión. ...	81
Figura N° 32.	Ilustración del perno de anclaje.....	82
Figura N° 33.	Detalle de orificio del apoyo fijo.....	83
Figura N° 34.	Detalle del orificio del apoyo móvil.....	83
Figura N° 35.	Losa alivianada en análisis.	84
Figura N° 36.	Paño de la losa alivianada en análisis.....	85
Figura N° 37.	Sección de la vigueta en tiempo cero.	86
Figura N° 38.	Sección antes y después de homogeneizar.	90
Figura N° 39.	Diagrama momentos de la viga en análisis	94
Figura N° 40.	Diagrama esfuerzo cortante de la viga en análisis.....	95
Figura N° 41.	Disposición de armaduras superior en C80	98
Figura N° 42.	Disposición de armaduras superior en C16	100
Figura N° 43.	Disposición de armaduras inferior en el centro del vano.	102
Figura N° 44.	Viga para la verificación a torsión.....	106
Figura N° 45.	Diagrama de momentos torsores en la viga curva.....	106
Figura N° 46.	Columna en análisis.....	108
Figura N° 47.	Vigas y columnas que concurren en el extremo A y B.	109
Figura N° 48.	Ilustración del monograma en el eje X.....	110
Figura N° 49.	Ilustración del monograma en el eje Y.....	111

Figura N° 50.	Diagrama de interacción de la columna para H-25 y 4 ϕ 20mm.....	117
Figura N° 51.	Diagrama de interacción de la columna para H-25 y 4 ϕ 20mm.....	117
Figura N° 52.	Diagrama de deformaciones previo al agrietamiento.....	119
Figura N° 53.	Diagrama de deformaciones previo a la fluencia.	120
Figura N° 54.	Diagrama de deformaciones antes de la ruptura.....	121
Figura N° 55.	Diagrama Momento - Curvatura	122
Figura N° 56.	Esfuerzos del terreno en la zapata aislada.	126
Figura N° 57.	Ilustración del perímetro crítico a punzonamiento.....	127
Figura N° 58.	Sección crítica y esfuerzos para cortante.....	128
Figura N° 59.	Sección crítica y esfuerzos para cortante.....	130
Figura N° 60.	Sección crítica para el diseño a flexión.	132
Figura N° 61.	Sección crítica para el diseño a flexión	135
Figura N° 62.	Geometría de la escalera.....	140
Figura N° 63.	Secciones en la escalera.....	141
Figura N° 64.	Cargas mayoradas en la escalera.	142
Figura N° 65.	Diagrama de cortantes en la escalera.....	143
Figura N° 66.	Diagrama de momentos en la escalera.	143
Figura N° 67.	Diagrama momentos empotrados.	144
Figura N° 68.	Vista en planta de la losa más solicitada	150
Figura N° 69.	Diagrama de momentos en la losa maciza.	152
Figura N° 70.	Diagrama de momentos viga longitudinal.....	156
Figura N° 71.	Diagrama de cortantes de la viga longitudinal.	158
Figura N° 72.	Red Tensional en una viga apoyada	163
Figura N° 73.	Ejemplo de pórtico con zonas B y D	164
Figura N° 74.	Red de tensiones y simplificación.	166

Figura N° 75.	Descripción del modelo biela-tirante.....	166
Figura N° 76.	Clasificación de nodos.....	167
Figura N° 77.	Ilustración de la longitud de anclaje para una barra.	168
Figura N° 78.	Modelo para zapata bajo carga excéntrica.....	168
Figura N° 79.	Modelo Bielas y Tirante para una carga excéntrica.	169
Figura N° 80.	Esfuerzos en una zapata a vuelco.....	170
Figura N° 81.	Diagrama de esfuerzos del terreno en la zapata en la dirección Y.....	173
Figura N° 82.	Fuerzas internas dentro de la zapata.....	173
Figura N° 83.	Esfuerzos en el nudo superior para una carga excéntrica.....	174
Figura N° 84.	Fuerzas internas en los nudos inferiores.....	175
Figura N° 85.	Anchos efectivos de las bielas y los tirantes.	175
Figura N° 86.	Esquema de doblado y anclaje del tirante traccionado.....	179

ANEXOS

ANEXO 1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

ANEXO 2 ESTUDIO DE SUELO

ANEXO 3 ANÁLISIS DE CARGAS Y TABLAS

ANEXO 4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ANEXO 5 CÓMPUTOS MÉTRICOS

ANEXO 6 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANEXO 7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ANEXO 8 PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

ANEXO 9 CARTAS ENVIADAS

ANEXO 10 RESPALDO FOTOGRÁFICO