

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES



TOMO I

“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL MERCADO CENTRAL DE PADCAYA”

POR:

VANESA CLARA GUTIERREZ SORUCO

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

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES

“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL MERCADO CENTRAL DE PADCAYA”

Por:

VANESA CLARA GUTIERREZ SORUCO

SEMESTRE II – 2023

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

Este proyecto va dedicado a todas las personas que me brindaron su ayuda en mi formación profesional, constituyéndose en mi apoyo y consejero, alentándome en esta etapa de mi vida.

También muy especial a mis padres Oscar Gutiérrez y Jhenny Soruco y hermanos Darío Gutiérrez y Amelin Gutiérrez que estuvieron siempre en mi lado en los momentos difíciles y cruciales en la etapa de mi formación profesional.

INDICE

CAPÍTULO I	1
ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO	1
1.1 PROBLEMA	1
1.1.1 Planteamiento del problema	1
1.1.2 Formulación del problema.....	1
1.1.3 Solución.....	1
1.2 OBJETIVOS	1
1.2.1 General.....	1
1.2.2 Específicos.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	2
1.3.1 Académica	2
1.3.2 Técnica.....	2
1.3.3 Social	2
1.4. MARCO DE REFERENCIAS	3
1.4.1 Conceptual.....	3
1.4.2 Espacial.....	5
1.5 ALCANCE	6
1.5.1 General.....	6
1.5.2 Resultados a lograr	6
1.5.3. Restricciones y limitaciones	6
1.6 INFORMACIÓN SOCIECONÓMICA DEL PROYECTO	7
1.7 SERVICIOS BÁSICOS EXISTENTES	7

CAPÍTULO II	9
MARCO TEORICO	9
2.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	9
2.2 ESTUDIO DE SUELOS	9
2.2.1 Etapa preliminar	10
2.2.2 Investigación del sitio	10
2.2.2.1 Prueba de penetración estándar SPT.....	10
2.2.3 Ensayos de laboratorio.....	11
2.2.3.1 Capacidad portante de suelo	11
2.3 DISEÑO ARQUITECTÓNICO	15
2.4 IDEALIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS	15
2.4.1 Sustentación de cubierta	15
2.4.2 Sustentación de la edificación	15
2.4.3 Fundaciones	16
2.5 DISEÑO ESTRUCTURAL	17
2.5.1 Análisis de cargas	17
2.5.1.1 Cargas permanentes o muertas “G”	17
2.5.1.2 Sobrecarga de uso	17
2.5.1.3 Sobrecarga de viento.....	18
2.5.2 Estructura de sustentación de cubierta.....	18
2.5.2.1 Cerchas.....	19
2.5.2.2 Criterios de diseño	19
2.5.2.3 Cargas a considerarse en el Diseño.....	22
2.5.2.4 Diseño estructural	24
2.5.2.4.1 Diseño de las correas:	24
2.5.2.4.2 Diseño de la cercha:	25

2.5.3 Estructura de sustentación de la edificación	27
2.5.3.1 Estructuras de hormigón armado	27
2.5.3.1.1 Hormigón	27
2.5.3.1.1.1 Resistencia característica del hormigón	27
2.5.3.1.1.2 Resistencia a compresión	27
2.5.3.1.1.3 Resistencia de cálculo	28
2.5.3.1.1.4 Diagrama tensión- deformación del hormigón	28
2.5.3.2 Armaduras	29
2.5.3.2.1 Adherencia de las armaduras	29
2.5.3.2.2 Resistencia característica de acero	30
2.5.3.2.3 Características geométricas	31
2.5.3.2.4 Diagrama tensión-deformación del acero	31
2.5.3.2.5 Anclaje de armaduras	32
2.5.3.2.6 Empalme de armaduras	34
2.5.3.2.6.1 Empalme por traslapo	34
2.5.3.2.7 Distancia a los paramentos	35
2.5.3.2.8 Disposiciones de las armaduras	37
2.5.3.2.8.1 Distancia entre barras	37
2.5.3.2.9 Cuantías geométricas mínimas	37
2.5.3.3 Bases de cálculo para el hormigón armado	38
2.5.3.3.1 Estados límite	38
2.5.3.3.2 Hipótesis de carga más desfavorable	40
2.5.3.3.3 Dominios de deformación	41
2.5.3.4 Diseño de elementos estructurales de hormigón armado	42
2.5.3.4.1 Vigas de H ° A °	42
2.5.3.4.1.1 Armadura longitudinal de vigas rectangulares	43
2.5.3.4.1.2 Armadura transversal de vigas rectangulares	46
2.5.3.4.2 Columnas de H ° A °	50
2.5.3.4.2.1 Compresión simple	50

2.5.3.4.2.2 Longitud de pandeo.....	51
2.5.3.4.2.3 Clasificación de la columna por su esbeltez	52
2.5.3.4.2.4 Procedimiento de cálculo	53
2.5.4 Estructura complementaria	55
2.5.4.1 Escaleras de hormigón armado	55
2.5.4.1.1 Diseño estructural	56
2.5.4.2 Losas	56
2.5.4.2.1 Introducción	56
2.5.4.2.2 Losa plana	57
2.5.4.2.3 Diseño estructural	57
2.5.5 Cimentación.....	57
2.5.5.1 Tipos de cimentaciones.....	58
2.5.5.1.1 Zapatas aisladas	58
2.5.5.1.2 Zapatas combinadas	59
2.5.5.1.3 Vigas centradoras.....	60
2.5.5.2 Diseño estructural	60
2.5.5.2.1 Zapatas medianería con viga centradora.....	60
2.6 ESTRATEGIA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	64
2.6.1 Especificaciones técnicas	64
2.6.2 Cómputos métricos	64
2.6.3 Precios unitarios	65
2.6.4 Presupuesto.....	65
2.6.5 Planeamiento y cronograma	65
CAPÍTULO III.....	66
INGENIERÍA DEL PROYECTO	66
3.1 ANÁLISIS DE LA TOPOGRAFÍA.....	66
3.2 ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SUELOS	66

3.3 ANÁLISIS DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO	68
3.4 PLANTEAMIENTO ESTRUCTURAL	68
3.4.1 Estructura de cubierta	68
3.4.2 Estructura de la edificación	69
3.4.4 Fundaciones	70
3.5 DATOS GENERALES DEL PROYECTO	71
3.5.1 Estructuras de hormigón	71
3.5.2 Estructura de madera	71
3.6 ANÁLISIS, CÁLCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL	71
3.6.1 Estructura de sustentación de cubierta.....	71
3.6.1.1 Cargas a considerar:.....	72
3.6.1.2 Diseño de correas.....	75
3.6.1.3 Diseño de cerchas	80
3.6.1.4 Diseño de uniones.....	119
3.6.2 Estructura de sustentación de la edificación.....	119
3.6.2.1 Diseño de la viga.....	119
3.6.2.2 Diseño de la columna.....	132
3.6.3 Estructuras complementarias	139
3.6.3.1 Escalera de H°A°	139
3.6.3.2 Losa reticular	147
3.6.3.2.1 Dimensionamiento	147
3.6.3.2.2 Diseño y Comprobación del Ábaco	151
3.6.4 Fundaciones	156
3.6.4.1 Zapata	156
3.6.4.2 Verificación de la viga centradora.....	159

3.6.4.3	Diseño de la zapata medianería	165
3.6.4.4	Diseño de la zapata aislada	168
3.7	DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO	173
3.7.1	Especificaciones técnicas	173
3.7.2	Precios unitarios	174
3.7.3	Cómputos métricos	174
3.7.4	Presupuesto	174
3.7.5	Planeamiento y cronograma	174
CAPÍTULO IV	175
APORTE ACADÉMICO	175
COMPARACIÓN DE CERCHA EN FUNCIÓN DEL MATERIAL	175
4.1 OBJETIVOS	175
4.1.1	Objetivo general	175
4.1.2	Objetivos específicos.....	175
4.2 ALCANCE	175
4.3 MARCO TEÓRICO	175
4.3.1	Reseña histórica.....	175
4.3.2	Materiales de la cubierta.....	176
4.4 PROPIEDADES DE LA MADERA	177
4.4.1	Propiedades físicas	177
4.4.1.1	Estructura de la madera	177
4.4.1.2	Contenido de humedad	178
4.4.1.3	Peso específico	179
4.4.1.4	Contracción e hinchamiento	179

4.4.1.5 Dureza.....	179
4.4.2 Propiedades térmicas	180
4.4.2.1 Conductividad.....	180
4.4.2.2 Calor específico	180
4.4.2.3 Dilatación térmica.....	180
4.4.3 Propiedades acústicas	180
4.4.4 Propiedades mecánicas	181
4.4.4.1 Esfuerzos máximos admisibles.....	181
4.4.4.2 Modificación por peligro de pudrición.....	181
4.4.4.2.1 Reconocimiento	181
4.4.4.3 Factor de modificación por temperatura.....	181
4.4.5 Propiedades geométricas de las secciones.....	182
4.4.5.1 Generalidades	182
4.4.5.1.1 Requisitos de resistencia	182
4.4.5.2. Requisitos de rigidez	182
4.4.5.3 Cargas	182
4.4.5.4 Módulo de elasticidad.....	183
4.4.6 Selección del tipo de cercha	183
4.4.6.1 Geometría de la cercha	184
4.4.6.2. Reglas generales para el diseño de cerchas	184
4.4.7 Uniones en la madera estructural.....	184
4.4.7.1 Uniones clavadas. -.....	185
4.4.7.2 Uniones apernadas. -.....	185
4.5 PROPIEDADES DE ESTRUCTURAS METÁLICAS.....	185

4.5.1 Propiedades físicas y mecánicas del metal	185
4.5.1.1 Secciones de acero utilizadas	185
4.5.2 Perfiles de acero laminados	186
4.5.2.1 Perfiles de acero laminados en caliente	186
4.5.2.2 Perfiles de acero formados en frío	188
4.5.2.2.1 Miembros estructurales	188
4.5.3 Conexiones o uniones	189
4.5.3.1. Conexión tipo atornillada	189
4.5.3.2. Conexión tipo soldadura	189
4.6 NORMA DE DISEÑO PARA EL CALCULO DE LA CERCHA.....	192
4.7 MEMORIA DE CÁLCULO.....	192
4.7.1 Diseño de la cercha de madera	192
4.7.2 Diseño de la cercha metálica	192
4.8 ANÁLISIS, CERCHA METÁLICA – CERCHA MADERA	223
4.8.1 Análisis técnico comparativo:	223
4.8.2 Análisis de costo	225
4.9 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CERCHA DE MADERA	233
4.9.1 Ventajas	233
4.9.2 Desventajas	233
4.10 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CERCHA DE ACERO	233
4.10.1 Ventajas	233
4.10.2 Desventajas	235
CAPITULO V.....	236
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	236

5.1 CONCLUSIONES	236
5.2 RECOMENDACIONES	237
BIBLIOGRAFÍA	239
ANEXOS	
PLANOS ESTRUCTURALES	

ANEXOS

ANEXO I	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.
ANEXO II	ESTUDIO DE SUELOS.
ANEXO III	PLANTEAMIENTO ESTRUCTURAL.
ANEXO IV	MEMORIAS DE CÁLCULO Y DISEÑOS.
ANEXO V	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN.
ANEXO VI	CÓMPUTOS MÉTRICOS.
ANEXOS VII	PRECIOS UNITARIOS CRONOGRAMA Y PROSUPUESTO GENERAL.
ANEXO VIII	VERIFICACION DE ESFUERZOS EN LA ESTRUCTURA
ANEXO IX	CARTAS DE RESPALDO.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación del “Mercado central de Padcaya” (Municipio de Padcaya).....	5
Figura 1.2 Viviendas con gas domiciliario por municipio	7
Figura 1.3 Cobertura y números de usuarios con energía eléctrica	8
Figura 2.1 Falla por capacidad de carga de un suelo bajo una cimentación rígida continua (corrida).....	12
Figura 2.2 Armadura diente de sierra.....	15
Figura 2.3 Idealización estructura aporticada	16
Figura 2.4 Zapata aislada y zapata combinada.....	16
Figura 2.5 Sobrecarga de servicios	23
Figura 2.6 Valores de CD vs inclinación de la superficie en grados	24
Figura 2.7 Diagrama parábola-rectángulo de cálculo del H°	28
Figura 2.8 Diagrama rectangular de cálculo del hormigón.....	29
Figura 2.9 Diagrama tensión-deformación del acero de dureza natural.	31
Figura 2.10. Diversos tipos de anclajes de barras	33
Figura 2.11 Empalme de barras	35
Figura 2.12 Proceso de cálculo de una estructura	38
Figura 2.13 Dominios de deformación.....	42
Figura 2.14 Disposición de armadura longitudinal y transversal en vigas	42
Figura 2.15 Disposición de armaduras longitudinal y transversal en columnas	50
Figura 2.16 Nomograma para coeficiente de pandeo.....	52
Figura 2.17 Ábaco en roseta para flexión esviada.	54
Figura 2.18 Elementos de una escalera	56
Figura 2.19 transmisión de carga de losa	57
Figura 2.20 Tipos de cimentaciones.....	58

Figura 2.21 Tipos de zapatas aisladas	59
Figura 2.22 Zapata combinada	60
Figura 2.23 Zapata de medianería con viga centradora	62
Figura 3.1 Topografía del Mercado Central de Padcaya.....	66
Figura 3.2 Cercha diente de sierra.....	68
Figura 3.3 Vista en planta de la cubierta Mercado Central de Padcaya.....	69
Figura 3.4 Vista 3d del Mercado Central de Padcaya.....	70
Figura 3.5 Zapatas empleadas en el diseño	70
Figura 3.6 Características de la cercha empleada	72
Figura 3.7 Cobertura calamina tipo teja.....	72
Figura 3.8 Max. Velocidad de viento (datos grabados) Municipio de Padcaya	74
Figura 3.9 Carga sobre la cuerda superior cercha C-1	82
Figura 3.10 Carga distribuida en la cuerda inferior de la cercha C-1	82
Figura 3.11 Cargas actuantes en la cercha C-1	83
Figura 3.12 Diagrama de esfuerzos internos en la cercha C-1.....	83
Figura 3.13 Esfuerzos internos en la cercha C-1.....	83
Figura 3.14 Carga puntual sobre la cuerda superior en la cercha C-2	91
Figura 3.15 Carga distribuida en la cuerda inferior de la cercha C-2	92
Figura 3.16 Cargas actuantes en la cercha C-2	92
Figura 3.17 Diagrama de esfuerzos internos en la cercha C-2.....	92
Figura 3.18 Esfuerzos internos en la cercha C-2.....	93
Figura 3.19 Carga actuante en los nodos de la cuerda superior de la cercha C-3.....	100
Figura 3.20 Carga distribuida en la cuerda inferior de la cercha C-3	101
Figura 3.21 Cargas actuantes en la cercha C-3	101

Figura 3.22	Diagrama de esfuerzos internos en la cercha C-3.....	101
Figura 3.23	Esfuerzos internos en la cercha C-3.....	102
Figura 3.24	Carga actuante en los nudos de la cuerda superior de la cercha C-4.....	109
Figura 3.25	Carga distribuida en la cuerda inferior de la cercha C-4	110
Figura 3.26	Cargas actuantes en los nodos de la cercha C-4	110
Figura 3.27	Diagrama de esfuerzos internos en la cercha C-4.....	110
Figura 3.28	Esfuerzos internos en la cercha C-4.....	111
Figura 3.29	Esfuerzos desfavorables en la columna 21	132
Figura 3.30	Ubicación de la columna	132
Figura 3.31	Vista frontal de los elementos concurrentes en el pilar	133
Figura 3.32	Ilustración de Nomograma para Determinar la Longitud de Pandeo	135
Figura 3.33	Ábaco en roseta para flexión enviada.....	137
Figura 3.34	Disposición de la armadura C-12	139
Figura 3.35	Características de la escalera	140
Figura 3.36	Idealización de cargas en una escalera de dos tiros.....	141
Figura 3.37	Ilustración de las cargas que actúan sobre la escalera y diagrama de momentos	143
Figura 3.38	Disposición de armadura en la grada de hormigón armado	147
Figura 3.39	Pre- dimensionamiento losa reticular	147
Figura 3.40	Armaduras inferiores (x – y).....	150
Figura 3.41	Armaduras superiores (x – y)	151
Figura 3.42	Longitud del ábaco	151
Figura 3.43	Zapata de medianería con viga centradora	157
Figura 3.44	Diámetros de armadura en viga centradora	163
Figura 3.45	Armadura de la zapata medianería	168

Figura 3.46 Armadura de zapata aislada	172
Figura 4.1 Estructura de cubierta de madera.....	176
Figura 4.2 Estructura de techo conformada por perfiles laminados tipo “C”	177
Figura 4.3 Partes del tronco	178
Figura 4.4 Diseño elástico.....	182
Figura. 4.5 Perfiles estructurales formados en frio	188
Figura 4.6 Tipos y distribución de esfuerzos en las soldaduras	190
Figura 4.7 Diferentes tipos de conexiones de esquina.	191
Figura 4.8 Descomposición de cargas en eje X, eje Y	197
Figura 4.9 Diagrama de esfuerzos de la cercha metálica	199
Figura 4.10 Valores de esfuerzos en la cercha metálica	199
Figura:4.11 Secciones de la cercha metálica	209
Figura 4.12 Diagrama de esfuerzos de la cercha metálica	213
Figura:4.13 Secciones de la cercha metálica	223

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi N_c , N_q y N_γ	13
Tabla 2.2 Ángulo de fricción mediante las correlaciones del SPT	14
Tabla 2.3 Valores empíricos de D_r , ϕ , y peso específico para suelos granulares basados en el SPT, aproximadamente a 6 m de profundidad y normalmente consolidados	14
Tabla 2.4 Sobrecargas de uso	17
Tabla 2.5 Coeficiente eólico de sobrecarga en una construcción cerrada.....	18
Tabla 2.6 Propiedades de escuadría	20
Tabla 2.7 Esfuerzos admisibles	21
Tabla 2.8 Módulo de elasticidad	21
Tabla 2.9 Deflexiones máximas admisibles de la madera.....	22
Tabla 2.10 Barras corrugadas - Características mecánicas mínimas garantizadas.....	30
Tabla 2.11 Resistencia del hormigón en función del tipo de acero.....	30
Tabla 2.12 Diámetros comerciales del acero.....	31
Tabla 2.13 Valores del coeficiente ψ	35
Tabla 2.14 Recubrimientos mínimos, en mm.....	36
Tabla 2.15 Recubrimientos mínimos.....	36
Tabla 2.16 Cuantías geométricas mínimas referidas a la sección total del hormigón, en tanto por mil	38
Tabla 2.17 Estados límites últimos - Coeficientes de minoración de la resistencia.....	39
Tabla 2.18 Estados límites últimos - Coeficientes de ponderación de las acciones.....	40
Tabla 2.19 Valores límite (Calculados con $\gamma_s=1,15$)	44
Tabla 2.20 Tabla Universal para flexión simple o compuesta	45
Tabla 2.21 Cuantías geométricas mínimas (Referidas a la sección total del hormigón).....	45
Tabla 3.1 Tipos de suelo encontrado en el pozo de estudio	67

Tabla 3.2 Resultado de los ensayos de laboratorio “SPT”	67
Tabla 3.3 Comparación de la capacidad portante del suelo a través del “SPT” y teoría de Terzaghi.....	67
Tabla 3.4 Características de los materiales	71
Tabla 3.5 Cargas a considerar en el diseño	71
Tabla 3.6 Características del material	71
Tabla 3.7 Coeficientes de sotavento y barlovento.....	74
Tabla 3.8 Valores de esfuerzos internos de la cercha C-1.....	84
Tabla 3.9 Longitud efectiva.....	85
Tabla 3.10 Secciones calculadas de la madera para cercha C-1	90
Tabla 3.11 Valores de esfuerzos internos de la cercha C-2.....	93
Tabla 3.12 Secciones calculadas de la madera para cercha C-2	99
Tabla 3.13 Valores de esfuerzos internos de la cercha C-3.....	102
Tabla 3.14 Secciones calculadas de la madera para cercha C-3	108
Tabla 3.15 Valores de esfuerzos internos de la cercha C-4.....	111
Tabla 3.16 Secciones calculadas de la madera para cercha C-4	118
Tabla 3.17 Determinación de la armadura	150
Tabla 3.18 Resumen de especificaciones técnicas	173
Tabla 3.19 Presupuesto general de obra.....	174
Tabla 4.1 Secciones de acero comunes en techos.	186
Tabla 4.2 Clasificación de aceros estructurales.....	187
Tabla 4.3 Características de los aceros.....	187
Tabla 4.4 Resultados de los esfuerzos internos de la cercha metálica	200
Tabla 4.5 Características en acero y Madera.....	223
Tabla 4.6 Características de diseño	224

Tabla 4.7 Combinación de cargas	224
Tabla 4.8 Carga a considerar en las cerchas.....	224
Tabla 4.9 Esfuerzos de diseño	224
Tabla 4.10 Esfuerzos y secciones en el acero	225
Tabla 4.11 Cuantificación de la madera para la cubierta en metros.....	225
Tabla 4.12 Rendimiento de la madera para las cerchas	226
Tabla 4.13 Rendimiento de la madera para correas	226
Tabla 4.14 Rendimiento de accesorios.....	226
Tabla 4.15 Rendimiento mano de obra	226
Tabla 4.16 Presupuesto unitario de cubierta de madera.....	227
Tabla 4.17 Computo de acero a usar L.C.....	228
Tabla 4.18 Rendimiento de cerchas metalicas	228
Tablas 4.19 Rendimiento de correas metalicas	228
Tabla 4.20 Presupuesto unitario de cubierta metalia para perfiles laminados	229
Tabla 4.21 Computo de acero a usar C.F.	230
Tabla 4.22 Rendimiento de cerchas metalicas	230
Tablas 4.23 Rendimiento de correas metalicas	230
Tabla 4.24 Presupuesto unitario de cubierta metalia para pefiles conformados	231
Tabla 4.25 Precio unitario de la cubierta metálica y de madera.....	232
Tabla 4.26 Precio general de la cubierta	232
Tabla 4.27 Comparación del precio de la cubierta metálica y de madera.....	232