

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 DE LA UNIDAD EDUCATIVA
CARACHIMAYO FASE II (CONSTRUCCIÓN INTERNADO Y
BLOQUE AULAS)”**

Por:

GUSTAVO JUAN MERCADO RIVERA

SEMESTRE I - 2019

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

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA UNIDAD EDUCATIVA
CARACHIMAYO FASE II (CONSTRUCCIÓN INTERNADO Y
BLOQUE AULAS)”**

Por:

GUSTAVO JUAN MERCADO RIVERA

SEMESTRE I - 2019

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

.....
Ing. Liliana Carola Miranda Encinas
DOCENTE GUÍA

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

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

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Fernando E. Mur Lagraba

.....
Ing. David A. Zenteno Benitez

.....
Ing. Weimar A. Mejía Mogrovejo

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

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, salud y perseverancia para culminar esta etapa en mi vida.

A mis padres JUANITO y LUISA, por el apoyo incondicional en todo momento y por haberme inculcado valores que llevaré por el resto de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme en momentos difíciles.

A toda mi familia, por el apoyo para poder alcanzar este logro.

A mis amigos y amigas, que conocí a lo largo de esta etapa.

PENSAMIENTO

A veces la mejor forma de resolver tus problemas, es ayudando a alguien más.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

Página.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES	1
1.1.EL PROBLEMA	1
1.1.1.Planteamiento del Problema	1
1.1.2.Formulación	1
1.1.3.Sistematización	1
1.2.OBJETIVOS	2
1.2.1.Objetivo General	2
1.2.2.Objetivos Específicos	2
1.3.JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3.1.Académica	3
1.3.2.Técnica	3
1.3.3.Social	3
1.4.ALCANCE DEL PROYECTO	3
1.4.1.Hipótesis	4
1.4.2.Aporte Académico	5
1.5.LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO	7
2.1.LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	7
2.1.1.Curvas de Nivel	7
2.1.2.Consideraciones para Tener Presente en la Representación del Relieve	8
2.2. ESTUDIO DE SUELO	9
Prueba de Penetración Estándar (S.P.T.)	9
2.3. DISEÑO ARQUITECTÓNICO	10
Metodología empleada en un Diseño Arquitectónico.	11
2.4. IDEALIZACIÓN ESTRUCTURAL	12
Modelación de Sistemas Estructuras	12
2.5. ESTRUCTURA METÁLICA	14
2.5.1.CubiertaMetálica	14
2.5.2.Combinaciones de Cargas	15
2.5.3.Diseño de Elementos Sometidos a Flexión	16
2.5.3.1.Resistencia en Tracción	16
2.5.4.Diseño de Elementos Sometidos a Compresión	17
2.5.4.1.Disposiciones Generales	18
2.5.5.Diseño de Uniones Atornilladas	18
2.5.5.1.Tipos de Tornillos	18
2.6. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN	19
2.6.1.Acciones sobre la Estructura	21
2.6.2.Hormigón	21

2.6.2.1.Propiedades Mecánicas	.....21
2.6.2.2.Clasificación de los hormigones, de acuerdo con su resistencia	.....22
2.6.3.Diagrama de Cálculo Tensión – Deformación	.....22
2.6.3.1.Diagrama Parábola-Rectángulo	.....22
2.6.3.2.Diagrama Rectangular	.....23
2.6.4.Método de Cálculo de Estructuras de H° A°	.....23
2.6.4.2.Coeficientes de minoración de resistencias y mayoración de cargas.	...25
2.6.4.3.Hipótesis de Cargas	.....26
2.6.4.4.Dominios de Deformación	.....27
2.7. LOSAS ALIVIANADAS	.....29
2.8. VIGAS	.....30
2.8.1.Cálculo a flexión simple	.....31
2.8.1.1.Proceso de cálculo de la armadura longitudinal a tracción:	.....32
2.8.1.2.Cálculo de la armadura transversal	.....34
2.8.1.3.Armadura de piel	.....35
2.9. COLUMNAS	.....35
2.9.1.Longitud de Pandeo	.....35
2.9.2.Esbeltez geométrica y mecánica	.....37
2.9.3.Flexión esviada	.....38
2.9.3.1.Sección rectangular con armadura simétrica.	.....39
2.9.3.2.Ábacos adimensionales en roseta	.....39
2.9.3.3.Compresión simple	.....40
2.9.4.Excentricidad mínima de cálculo	.....40

2.9.4.1.Excentricidad de primer orden	40
2.9.4.2.Excentricidad ficticia	40
2.9.4.3.Excentricidad total o de cálculo	41
2.9.5.Método general de cálculo	41
2.9.5.1.Cálculo de la Armadura Longitudinal	41
2.10.FUNDACIONES	42
2.10.1.Distribución de Presiones en el Terreno	42
2.10.2.Criterios de Diseño	44
2.11.ESTRATEGIAS PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO	45
2.11.1.Especificaciones Técnicas	45
2.11.2.Cómputos Métricos	46
2.11.3.Análisis de Precios Unitarios	47
2.11.4.Presupuesto por Ítems y General de Obra	48
2.11.5. Cronograma de Obra	50

CAPÍTULO III

INGENIERÍA DE PROYECTO	52
3.1. ANÁLISIS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	52
3.2. ESTUDIO DE SUELOS	54
3.3. ANÁLISIS DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO	57
3.4. PLANTEAMIENTO ESTRUCTURAL	57
3.4.1.Estructura de Sustentación	57
3.4.2.Estructura de Cubierta	58

3.5. ANÁLISIS, CÁLCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL	59
3.5.1.Diseño de la Estructura Metálica (Cubierta)	59
Diseño Geométrico de la Estructura	60
Especificaciones de la calamina acanalada de perfil ondulado o trapezoidal de acero zincado	61
Sobrecargas de Diseño	61
Carga de Viento	61
Carga por Granizo (S):	66
3.5.2.Diseño de Junta de Dilatación	67
3.5.3.Tanque de Agua	68
3.5.4.Consideraciones para el Diseño Estructural	72
3.5.5.Predimensionamiento	73
Vigas	73
Losa Alivianada	73
3.5.6.Cargas de Diseño:	73
Cargas Muertas	73
Carga Viva	76
3.5.7.Diseño de los Elementos Estructurales de Sustentación de la Edificación ...	77
3.5.7.1.Diseño Estructural de la Viga	77
3.5.7.1.1.Diseño a Flexión	78
Determinación de la Armadura Positiva	78
Determinación de la Armadura Negativa cerca de la Columna P8:	80
Determinación de la Armadura Negativa cerca de la Columna P9:	81
Cálculo de la Armadura Transversal cerca de la Columna P8	83

Cálculo de la Armadura Transversal cerca de la Columna P9	87
Cálculo del Anclaje:	90
3.5.7.1.2.Verificación de la Flecha Máxima:	94
3.5.7.2.Diseño de la Losa Alivianada	94
Diseño de la Carpeta de Compresión	94
Diseño de la Vigueta Pretensada	94
Comprobación de la Flecha:	101
Armadura de Reparto:	103
3.5.7.3.Diseño Estructural de la Columna	103
3.5.7.4.Diseño Estructural de la Zapata Aislada	112
3.5.7.4.1.Diseño Geométrico de la Zapata	113
3.5.7.4.2.Comprobación de la respuesta del suelo	114
3.5.7.4.3.Diseño a Flexión	116
3.5.7.4.4.Comprobación de la Adherencia:	119
3.5.7.4.5.Verificación al Vuelco:	120
3.5.7.4.6.Verificación al Deslizamiento:	120
3.5.7.5.Diseño Estructural de la Escalera	122
3.5.7.5.1.Diseño Armadura Longitudinal	125
Armadura Longitudinal Positiva	125
Armadura Longitudinal Negativa	127
3.5.7.5.2.Diseño de la Armadura Transversal	129
Diseño de la Viga de Apoyo de la Escalera.	129
Determinación de la Armadura Positiva	130

Cálculo de la Armadura Transversal de la Viga B41	131
3.5.7.6.Diseño Estructural de la Rampa	135
3.5.7.6.1.Diseño Armadura Longitudinal	138
Armadura Longitudinal para la Parte Inferior	138
Armadura Longitudinal para la Parte Superior	139
3.5.7.6.2.Diseño Armadura de la Armadura Transversal	141
3.6. ESTRATEGIAS PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO	142
3.6.1.Especificaciones Técnicas	142
3.6.2.Cómputos Métricos	142
3.6.3.Precios Unitarios	142
3.6.4.Presupuesto General	143
3.6.5.Cronograma de ejecución del proyecto	143
CAPÍTULO IV	
APORTE ACADÉMICO	144
4.1. GENERALIDADES	144
4.2. MARCO TEÓRICO	144
4.2.1.Ventajas de una Estructura Metálica	145
4.2.2.Disposiciones Estructurales	146
4.2.2.1.Placas de Anclaje	146
4.2.2.2.Vigas de Celosía	146
4.2.2.3.Correas	147
4.2.2.4.Uniones Soldadas	147

4.3. ANÁLISIS DE CARGAS	147
4.4. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ESTRUCTURA CON ACERO CONFORMADO EN FRÍO	148
4.5. DISEÑO DE LA CERCHA CON ACERO CONFORMADO EN FRÍO: ..	150
4.5.1.Diseño de Miembros sometidos a flexión:	150
Diseño de Correa	151
4.5.2.Diseño del Cordón Inferior (elemento sometido a compresión)	156
4.5.3.Diseño del Cordón Superior (elemento sometido a tracción)	160
4.5.4.Diseño de Uniones Empernadas y Placa de Apoyo	163
4.6. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ESTRUCTURA CON ACERO LAMINADA EN CALIENTE	167
4.7.DISEÑO DE LA CERCHA CON ACERO LAMINADA EN CALIENTE: ..	168
4.7.1.Diseño de Miembros sometidos a flexión:	168
Diseño de Correa	168
4.7.2.Diseño del Cordón Inferior (elemento sometido a compresión)	172
4.7.3.Diseño del Cordón Superior (elemento sometido a tracción)	175
4.8. ANÁLISIS COMPARATIVO	179
4.8.1.Económicamente	179
4.8.2.Técnicamente	181
CONCLUSIONES:	183
RECOMENDACIONES:	185
BIBLIOGRAFÍA	186
ANEXOS	

Índice de Figuras

	Página.
Figura N°1: Mapa del Departamento de Tarija	5
Figura N°2: Mapa de la Provincia Méndez	6
Figura N°3: Ubicación del Proyecto	6
Figura N°4: Representación de Curvas de Nivel	8
Figura N°5: Esquema General del Ensayo de SPT	10
Figura N°6: Tipos de Modelación de Estructuras en Programas	13
Figura N°7: Tornillo de Alta Resistencia	19
Figura N°8: Diagrama Parábola-Rectángulo del Hormigón	23
Figura N°9: Plano de Deformación y Diagrama del Bloque Rectangular	23
Figura N°10: Diagrama de los Dominios de Deformación	28
Figura N°11: Componentes de la Losa Alivianada	30
Figura N°12: Flexión de una Viga Simplemente Apoyada	31
Figura N°13: Valores del Coeficiente K para Columnas Aisladas	36
Figura N°14: Nomograma para determinar la Longitud de Pandeo	37
Figura N°15: Bulbo de Presiones bajo un Cimiento de ancho b	42
Figura N°16: Modelos de distribución de presiones bajo el elemento de cimentación..	43
Figura N°17: Vuelo máximo y canto en zapatas y encepados	43
Figura N°18: Curvas de Nivel del Sitio de Emplazamiento del Proyecto	52
Figura N°19: Perfil Longitudinal del Terreno (Bloque Aulas)	52
Figura N°20: Emplazamiento de la Estructura Contemplando el Desnivel (Bloque Aulas)	53
Figura N°21: Sitio y Emplazamiento del Proyecto	54

Figura N°22: Ubicación de los Pozos para el Estudio de Suelos	54
Figura N°23: Estratificación del Suelo de Fundación del Pozo N°2	55
Figura N°24: Estratificación del Suelo de Fundación del Pozo N°3	56
Figura N°26: Esquema Estructural del Bloque Aulas Vista Frontal.....	58
Figura N°27: Esquema Estructural del Bloque Aulas Vista Trasera	59
Figura N°28: Esquema Estructural del Internado	59
Figura N°29: Modelo de Cercha Adoptada para el Bloque Aulas	60
Figura N°30: Modelo de Cercha Adoptada para el Bloque Internado	61
Figura N°31: Presiones de Diseño Netas para el SPRFV para viento normal a la cubriera con coeficiente negativo de presión externa a barlovento en cubierta.	65
Figura N°32: Presiones de Diseño Netas para el SPRFV para viento normal a la cubriera con coeficiente positivo de presión externa a barlovento en cubierta.	66
Figura N°33: Capacidades de Tanques de Almacenamiento de Agua.	70
Figura N°34: Losa de Apoyo para el Tanque de Almacenamiento de Agua del Bloque Aulas.	71
Figura N°35: Losa de Apoyo para el Tanque de Almacenamiento de Agua del Bloque Internado.	72
Figura N°36: Envolvente del Momento Flector en E.L.U. para la Viga 5 entre los Pilares P8 – P9 (Primera Planta)	77
Figura N°37: Envolvente del Cortante en E.L.U. para la Viga 5 entre los Pilares P8 – P9 (Primera Planta)	83
Figura N°38: Anclaje en Barras Corrugadas en Posición I.	90
Figura N°39: Anclaje en Barras Corrugadas en Posición II.....	91
Figura N°40: Disposición de la Armadura en la Viga 5.	92
Figura N°41: Dimensiones de la Armadura Transversal en la Viga.....	93

Figura N°42: Sección de la Vigüeta en $t=0$	95
Figura N°43: Sección de la Vigüeta en $t=\infty$	97
Figura N°44: Sección Homogeneizada de la Vigüeta en $t=\infty$	98
Figura N°45: Columna en Estudio P16	104
Figura N°46: Vista en el Eje X e Y de la Columna 16.	105
Figura N°47: Nomograma para Determinar la Longitud de Pandeo	107
Figura N°48: Abaco en Roseta para Flexión Esviada de seis barras.	109
Figura N°49: Disposición de la Armadura para la Columna P16	111
Figura N°50: Geometría de la Zapata en estudio P27	114
Figura N°51: Distribución de Tensiones en el Terreno.	115
Figura N°52: Disposición de la Armadura en la Zapata P24	121
Figura N°53: Disposición del Armado en la Zapata P24 en 3D	122
Figura N°54: Geometría de la Escalera	123
Figura N°55: Cargas que Actúan sobre la Escalera y Diagrama de Momentos ..	125
Figura N°56: Diagrama de Momento Torsor de la Viga.	130
Figura N°57: Disposición de la Armadura en la Escalera	134
Figura N°58: Geometría de la Rampa Vista Lateral	135
Figura N°59: Geometría de la Rampa Vista Frontal	136
Figura N°60: Geometría de la Rampa Vista en Planta	136
Figura N°61: Cargas que actúan sobre la Viga y Diagrama de Momentos	137
Figura N°62: Modelo de Cercha Adoptada para el Bloque Aulas	148
Figura N°63: Disposición de Cerchas Adoptadas para el Bloque Aulas	149
Figura N°64: Modelo de Cercha Adoptada para el Internado	149

Figura N°65: Disposición de Cerchas Adoptadas para el Bloque Internado	..150
Figura N°66: Correa más Solicitada y Diseñada	.....156
Figura N°67: Elementos del Cordón Inferior más Solicitado y Diseñado.	.....160
Figura N°68: Elemento del Cordón Superior Diseñado	.....163
Figura N°69: Forma de la Placa y Distribución de los Pernos.	.....164
Figura N°70: Detalle de la Unión Empernada.	.....166
Figura N°71: Modelo de Cercha Adoptada para el Bloque Aulas laminada en caliente	167
Figura N°72: Disposición de Cerchas Adoptadas para el Bloque Aulas	.....168
Figura N°73: Correa más Solicitada y Diseñada	.....172
Figura N°74: Elemento del Cordón Inferior Diseñado	.....175
Figura N°75: Elemento del Cordón Superior Diseñado	.....179

Índice de Tablas

	Página.
Tabla N°1: Hormigones según su Resistencia [MPa]	22
Tabla N°2: Coeficientes de Minoración	25
Tabla N°3: Coeficientes de Mayoración	25
Tabla N°4: Resultado del Ensayo de Suelos del Pozo N°1	55
Tabla N°5: Resultado del Ensayo de Suelos del Pozo N°2	55
Tabla N°6: Resultado del Ensayo de Suelos del Pozo N°3	56
Tabla N°7: Presiones Netas para el SPRFV	64
Tabla N°8: Carga Muerta Lineal Considerada	76
Tabla N°9: Carga Muerta Superficial Considerada	76
Tabla N°10: Tabla de Comparación del Cálculo Manual vs el Programa CYPECAD del Elemento Viga.	93
Tabla N°11: Tabla de Comparación del Cálculo Manual vs el Programa CYPECAD del Elemento Columna.	112
Tabla N°12: Tabla de Comparación del Cálculo Manual vs el Programa CYPECAD del Elemento Zapata.	122
Tabla N°13: Tabla de Comparación del Cálculo Manual vs el Programa CYPECAD del Elemento Escalera.	134
Tabla N°14: Tabla de Comparación del Cálculo Manual vs el Programa CYPECAD del Elemento Escalera.	141
Tabla N°15: Características Geométricas del Perfil seleccionado para la correa.	151
Tabla N°16: Características Geométricas del Perfil seleccionado para el Cordón Inferior.	157

Tabla N°17: Características Geométricas del Perfil seleccionado para el Cordón Superior.	161
Tabla N°18: Distancia Mínima de Anclaje	165
Tabla N°19: Características Geométricas del Perfil seleccionado para la Correa. ..	169
Tabla N°20: Características Geométricas del Perfil seleccionado para el Cordón Inferior.	172
Tabla N°21: Características Geométricas del Perfil seleccionado para el Cordón Superior.	176
Tabla N°22: Cantidades en [m] de Perfiles necesarios para la Estructura Metálica Laminada en Caliente:	179
Tabla N°23: Cantidades en [m] de Perfiles necesarios para la Estructura Metálica Conformada en Frío:	180
Tabla N°24: Comparativa de costos entre Estructura Metálica Conformado en Frío y Estructura Metálica Laminado en Caliente:	180
Tabla N°25: Comparativa de Pesos entre Estructura Metálica Conformada en Frío y Estructura Metálica Laminada en Caliente:	181

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 (Estudio de Suelos)

ANEXO 2 (Tablas Utilizadas)

ANEXO 3 (Tablas Generales de Calculo)

ANEXO 4 (Comprobaciones de la Cercha)

ANEXO 5 (Desarrollo para la Ejecución del Proyecto)

ANEXO 6 (Planos)