

**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 1-11)**

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL COLEGIO TÉCNICO  
HUMANÍSTICO SANTA FE, BARRIO SANTA FE, DISTRITO 7  
DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

**Por:**

**ALEX JAIME CHIRI FLORES**

**SEMESTRE I - 2022**

**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 1-11)**  
**“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL COLEGIO TÉCNICO**  
**HUMANÍSTICO SANTA FE, BARRIO SANTA FE, DISTRITO 7**  
**DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

**Por:**

**ALEX JAIME CHIRI FLORES**

**SEMESTRE I - 2022**

**TARIJA – BOLIVIA**

**DEDICATORIA:**

*A mis padres:*

*Ambrosio Chiri Balcas, Alejandria Flores  
Impa con todo mi cariño y amor por  
ayudarme a cumplir mis metas y sueños,  
ya que hicieron el esfuerzo para poder  
seguir adelante.*

*A mi hermana:*

*Lisette Cintia Chiri Flores por enseñarme  
a no rendirse, que en las buenas y en las  
malas siempre estuvo para apoyarme.*

*A mi hija:*

*Fernanda Yoselin Chiri ya que ella fue el  
motivo principal en mi vida ya que me dio  
su cariño y ganas de poder culminar esta  
etapa de mi vida.*

*A mis familiares y amigos:*

*Ya que ellos siempre estuvieron para  
apoyarme en cualquier necesidad en la  
etapa universitaria.*

## ÍNDICE GENERAL

### ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Problema .....	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Formulación .....	2
1.1.3. Sistematización .....	2
1.2. Objetivos .....	2
1.2.1. General .....	2
1.2.2. Específicos .....	2
1.3. Justificación.....	3
1.3.1. Académica.....	3
1.3.2. Técnica .....	3
1.3.3. Social.....	4
1.4. Marco de Referencia .....	4
1.4.1. Espacial .....	4
1.4.2. Información socioeconómica relativa al proyecto .....	6
1.4.3. Servicios básicos existentes .....	7
1.4.4. Temporal .....	7
1.5. Alcance.....	7
1.5.1 Aporte Académico .....	8
CAPÍTULO II .....	9
2. MARCO TEÓRICO.....	9

2.1. Levantamiento Topográfico .....	9
2.2. Estudio de Suelos .....	10
2.2.1. Ensayo de Penetración Estándar (SPT).....	16
2.3. Diseño Arquitectónico .....	19
2.4. Idealización de las estructuras.....	19
2.5. Normas de Diseño de los elementos estructurales .....	21
2.6. Método de Diseño .....	21
2.6.1. Hormigones .....	22
2.6.2. Aceros .....	23
2.6.3. Coeficientes de Seguridad.....	28
2.7. Diseño de Elementos Estructurales .....	29
2.7.1. Diseño de Losa Alivianada .....	29
2.7.2. Diseño de Vigas .....	35
2.7.3. Diseño de Columnas .....	42
2.7.4. Obras Complementarias .....	53
2.7.4.1. Escaleras.....	53
2.7.4.2. Rampa .....	59
2.7.5. Fundaciones (Zapata Aislada).....	59
2.8. Estrategia para la ejecución del proyecto.....	72
2.8.1. Especificaciones técnicas .....	72
2.8.2. Cómputos métricos.....	73
2.8.3. Análisis de Precios unitarios .....	73
2.8.4. Presupuesto general de la obra.....	74
2.8.5. Cronograma de ejecución de la obra.....	74

CAPÍTULO III .....	75
3. INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	75
3.1. Análisis del Levantamiento Topográfico .....	75
3.2. Análisis del Estudio de Suelos .....	76
3.3. Análisis del Diseño Arquitectónico .....	79
3.4. Modelo Estructural.....	80
3.4.1. Estructura de la edificación.....	80
3.4.2. Fundaciones.....	81
3.5. Normas Consideradas.....	81
3.6. Análisis, Cálculo y Diseño estructural (Análisis de carga).....	81
3.6.1. Características del Proyecto .....	81
3.6.1.1. Materiales .....	81
3.6.1.2. Características del suelo de fundación .....	82
3.6.1.3. Pre dimensionamiento de los elementos estructurales .....	83
3.6.1.4. Cargas consideradas en el diseño .....	84
3.6.1.5. Juntas de dilatación .....	84
3.6.2. Elementos más solicitados .....	89
3.7. Diseño y Verificación de los Elementos Estructurales .....	94
3.7.1. Diseño de Losas .....	94
3.7.1.1. Losa Alivianada .....	94
3.7.2. Diseño de Viga.....	114
3.7.3. Diseño de la Columna .....	126
3.7.4. Diseño de Obras Complementarias .....	132
3.7.4.1. Escalera .....	132

3.7.4.2. Rampa .....	143
3.7.5. Diseño de la Zapata Aislada.....	148
3.8. Estrategia para la ejecución de la Obra .....	156
3.8.1. Especificaciones Técnicas.....	156
3.8.2. Cómputos Métricos .....	156
3.8.3. Análisis de Precios Unitarios .....	156
3.8.4. Presupuesto general de la obra.....	156
3.8.5. Cronograma de Ejecución .....	156
CAPÍTULO IV .....	157
4. APORTE ACADÉMICO (DISEÑO DE LOSA RETICULAR) .....	157
4.1. Marco teórico .....	157
4.1.1. Parámetros de un forjado reticular .....	158
4.1.2. Métodos de cálculo para el diseño de forjados reticulares.....	161
4.2 Alcance del aporte académico.....	166
4.3 Cálculo del sistema de losa reticular .....	166
4.3.1 Diseño a flexión .....	169
4.3.2 Dimensionamiento de nervios a esfuerzo cortante.....	179
4.3.3 Armadura de reparto por temperatura y retracción de fraguado .....	180
4.3.4 Comprobación de Flechas en forjados reticulares .....	182
4.3.5 Deflexión máxima según norma .....	182
4.3.6 Verificación a punzonamiento del ábaco .....	186
4.4. Comparación de presupuesto económico entre losa reticular y losa alivianada	188
4.4.1. Análisis comparativo técnico .....	188
4.4.2. Análisis comparativo económico .....	190

CONCLUSIONES .....	192
RECOMENDACIONES .....	194
BIBLIOGRAFÍA.....	196
ANEXOS	



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1 Mapa de la Provincia Cercado .....	5
Figura N° 1.2 Imagen Satelital del emplazamiento del Proyecto en el Barrio Santa Fe .....	5
Figura N° 2.1 Granulometría de un suelo de grano Grueso obtenida por un análisis granulométrico por mallas.....	12
Figura N° 2.2 Definición de los Límites de Atterberg .....	15
Figura N° 2.3 Capacidad portante para arcillas y mezclas de suelo. ....	18
Figura N° 2.4 Formas de Anclajes .....	24
Figura N° 2.5 Longitud de Anclaje en centímetros .....	25
Figura N° 2.6 Geometría de losa alivianada .....	30
Figura N° 2.7 Secciones Típicas de soporte de Hormigón Armado .....	42
Figura N° 2.8 Limitaciones en el Armado de soportes .....	44
Figura N° 2.9 Nomogramas para determinar el Coeficiente de Pandeo .....	47
Figura N° 2.10 Partes componentes de una escalera .....	54
Figura N° 2.11 Condiciones de borde en tramos de escaleras .....	55
Figura N° 2.12 Casos de Excentricidad (Zapata aislada vista en planta sometida a cargas y momentos).....	60
Figura N° 2.13 Vista en planta de zapata aislada sometida a cargas y momentos.....	60
Figura N° 2.14 Caso I ( $e = 0$ ).....	61
Figura N° 2.15 Caso II (Cuando $e \leq A/6$ ).....	62
Figura N° 2.16 Caso III (Cuando $e = A/6$ ).....	63
Figura N° 2.17 Caso IV (Cuando $e \geq A/6$ ).....	64
Figura N° 2.18 Tipos de Zapatas aisladas.....	64
Figura N° 2.19 Zapatas rígidas y flexibles.....	65

Figura N° 2.20 Distribución de presiones bajo una zapata .....	66
Figura N° 2.21 Cálculo a flexión de una zapata flexible .....	68
Figura N° 2.22 Comprobaciones a cortante y punzonamiento .....	70
Figura N° 3.1 Levantamiento topografico .....	75
Figura N° 3.2 Perfil longitudinal.....	76
Figura N° 3.4 Modelado 3D plano arquitectónico del Colegio Técnico.....	79
Figura N° 3.5 Ubicación de las Juntas de dilatación.....	86
Figura N° 3.6 Envolventes de M y V del Pórtico 83, Viga 252.....	90
Figura N° 3.7 Pórtico 83, Viga 252 .....	91
Figura N° 3.8 Esfuerzos de diseño de la Columna P187 .....	91
Figura N° 3.9 Columna P187 .....	92
Figura N° 3.10 Escalera .....	92
Figura N° 3.11 Rampa .....	93
Figura N° 3.12 Zapata P187.....	94
Figura N° 3.13 Representacion gráfica de la losa.....	94
Figura N° 3.14 Losa Alivianada con viguetas pretensadas.....	95
Figura N° 3.15 Vigueta Pretensada CONCRETEC .....	95
Figura N° 3.16 Características Geométricas de la Vigueta seleccionada .....	96
Figura N° 3.17 Sistema de Aplicación de la Vigueta .....	97
Figura N° 3.18 Características Geométricas del Complemento de Plastoformo .....	99
Figura N° 3.19 Espesor mínimo de la Carpeta de Compresión .....	100
Figura N° 3.20 Características Geométricas de la Vigueta Pretensada .....	102
Figura N° 3.21 Características Geométricas de la sección Homogeneizada .....	103
Figura N° 3.22 Punto de Aplicación de la Fuerza de Pretensado (Fp) .....	106

Figura N° 3.23 Armadura de distribución de la losa alivianada .....	112
Figura N° 3.24 Riostras Transversales en Losas Alivianadas .....	114
Figura N° 3.25 Armado de la Columna .....	132
Figura N° 3.26 Vista en planta de la Escalera.....	133
Figura N° 3.27 Consideración de la escalera para el cálculo de la armadura principal .....	135
Figura N° 3.28 Consideración como una losa plana y simplemente apoyada .....	136
Figura N°3.29 Diagrama de momentos de la escalera, como losa plana .....	135
Figura N°3.30 Diagrama de momentos de la escalera, esquema real .....	135
Figura N°3.31 Consideración de la escalera para el cálculo de la armadura negativa .....	136
Figura N°3.32 Consideración como una losa plana, apoyo empotrado .....	137
Figura N°3.33 Diagrama de momentos de la escalera, (empotrada) .....	137
Figura N°3.34 Diagrama de momentos de la escalera, esquema real .....	138
Figura N° 3.35 Disposición de la armadura en la escalera .....	142
Figura N° 3.36 Vista de la Rampa .....	143
Figura N° 3.37 Representación gráfica de la zapata aislada .....	148
Figura N° 3.38 Gráfica de los resultados obtenidos para la zapata aislada .....	155
Figura N° 4.1 Losa reticular del proyecto.....	157
Figura N° 4.2 Restricciones de dimensiones para losa reticular .....	159
Figura N° 4.3 Tamaño mínimo recomendable para los ábacos .....	159
Figura N° 4.4 Tipos de placas aligeradas.....	160
Figura N° 4.5 Forjados Reticulares.....	161
Figura N° 4.6 Método de Pórticos Virtuales.....	162
Figura N° 4.7 Transmisión de cargas de nervio a placa.....	164

Figura N° 4.8 Losa reticular a verificar .....	166
Figura N° 4.9 Recubrimiento mecánico en nervios .....	168
Figura N° 4.10 Dimensiones de la Losa reticular empleada en el diseño .....	169
Figura N° 4.11 Dimensiones del nervio .....	169
Figura N° 4.12 Grafica de las armaduras calculados en la losa reticular .....	177
Figura N° 4.13 Grafica de las armaduras calculados en la losa reticular .....	181
Figura N° 4.14 Ábaco a ser comprobado por punzonamiento .....	186
Figura N° 4.15 Perímetro crítico en columna de borde .....	187
Figura N° 4.16 Armado de Losa Reticular H=40 cm .....	188

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1 Habitantes en la ciudad de Tarija, Censo 2012.....	6
Tabla N° 1.2 Habitantes Distrito 7 de la Ciudad de Tarija, Censo 2012.....	6
Tabla N° 2. 1 Tamaños de Tamices U.S. Estándar .....	11
Tabla N° 2.2 Límites de Tamaño de Suelos Separados .....	14
Tabla N° 2.3 Asentamientos Admisibles .....	23
Tabla N° 2.4 Longitudes de anclaje para barras corrugadas aisladas, valores de los coeficientes m.....	25
Tabla N° 2.5 Recubrimientos Mínimos .....	27
Tabla N° 2.6 Diámetro mínimo de doblado de barras .....	27
Tabla N° 2.7 Estados límites últimos – Coeficientes de minoración de la resistencia de los materiales .....	28
Tabla N° 2.8 Relaciones L/d en vigas y losas de hormigón armado sometidos a flexión simple.....	32
Tabla N° 2.9 Cuantías geométricas mínimas, referidas a la sección total de hormigón, en tanto por mil .....	33
Tabla N° 2.10 Valores Límites .....	38
Tabla N° 2.11 Tabla Universal para flexión simple o compuesta .....	38
Tabla N° 2.12 Longitud de pandeo de las piezas aisladas .....	46
Tabla N° 3.1 Características del Suelo.....	77
Tabla N° 3.2 Contenido de Humedad natural del terreno .....	78
Tabla N° 3.3 Capacidad Portante de los pozos estudiados .....	78
Tabla N° 3.4 Cargas Consideradas en la Estructura de Hormigón Armado .....	84
Tabla N° 3.5 Esfuerzos de diseño de la Zapata P187 .....	93
Tabla N° 3.6 Especificaciones Técnicas de las Viguetas Pretensadas.....	96

Tabla N° 3.7 Sistema de Aplicación de la Vigüeta Pretensada .....	97
Tabla N° 3. 8 Comparación: Vigüeta Pretensada - Vigüeta Prefabricada .....	98
Tabla N° 4.1 Tipología general de los forjados reticulares.....	158
Tabla N° 4.2 Valores de cabeza de compresión para Vigas T múltiples continuas ..	170
Tabla N° 4.3 Resultados de la Armadura de la Losa Reticular.....	176
Tabla N° 4.4 Comparación de presupuesto económico para las alternativas del entrepiso .....	190

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1 TABLAS, CUADROS Y ÁBACOS PARA DISEÑO Y CÁLCULO DEL HORMIGÓN ARMADO

ANEXO 2 PLANO TOPOGRÁFICO

ANEXO 3 ESTUDIO DE SUELOS

ANEXO 4 ANÁLISIS DE CARGAS

ANEXO 5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ANEXO 6 CÓMPUTOS MÉTRICOS

ANEXO 7 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANEXO 8 PRESUPUESTO GENERAL

ANEXO 9 VERIFICACION DE ESFUERZOS CYPE CAD VS SAP 2000

ANEXO 10 DESAGUE PLUVIAL CUBIERTA DE LOSA

ANEXO 11 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ANEXO 12 PLANO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

ANEXO 13 PLANOS ARQUITECTONICOS

ANEXO 14 PLANOS ESTRUCTURALES