

**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 6 DE JUNIO NIVEL SECUNDARIO” (COMUNIDAD TABLADA GRANDE - PROVINCIA CERCADO)**

**POR:**

**ROGER BLADES DAZA**

**SEMESTRE I - 2021**

**TARIJA- BOLIVIA**

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

### **DEDICATORIA:**

Dedico el presente trabajo de manera especial a mis padres, Roger y Giovanna, por ser el principal cimiento de mis sueños e inculcar en mí, el ejemplo de amor, respeto, dedicación y esfuerzo.

A mis abuelos Héctor y Sara, por apoyarme continuamente, a mis hermanos Carlos, Celeste y Valentina por ser mis cómplices y amigos eternos.

A Graciela, por siempre brindarme su apoyo incondicional y por estar conmigo en buenos y malos momentos.

### **AGRADECIMIENTO:**

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, a mis padres, amigos y a mi familia en general, por confiar en mi y darme cada día el aliento para seguir adelante.

## INDICE

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

### **CAPÍTULO I ANTECEDENTES**

1.1. El problema .....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. General.....	2
1.2.2. Específicos.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.3.1. Técnica.....	3
1.3.2. Académica .....	3
1.3.3. Social .....	4
1.4. Alcance del proyecto .....	4
1.4.1. Aporte académico .....	5
1.4.2. Restricciones.....	5
1.5. Localización .....	5

### **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

2.1. Levantamiento topográfico.....	8
2.1.1. Curvas de nivel.....	8
2.2. Estudio de suelos .....	10
2.2.1. Granulometría.....	10
2.2.1.1. Análisis granulométrico con mallas .....	11

2.2.2. Límites de Atterberg.....	12
2.2.3. Sistemas de clasificación de suelos .....	13
2.2.3.1. Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS).....	15
2.2.4. Ensayo de penetración estándar S.P.T.....	17
2.3. Diseño arquitectónico.....	18
2.4. Idealización de estructuras .....	18
2.4.1. Sustentación de la edificación .....	19
2.4.2. Sustentación de la cubierta .....	19
2.4.3. Fundaciones .....	19
2.5. Diseño estructural.....	20
2.5.1. Hormigón armado.....	21
2.5.2. Aceros.....	22
2.5.3. Características de cálculo del hormigón.....	23
2.5.3.1. Resistencias del hormigón.....	23
2.5.3.2. Resistencia de cálculo.....	23
2.5.3.3. Diagrama de cálculo tensión – deformación .....	23
2.5.3.4. Coeficiente de dilatación térmica .....	25
2.5.4. Características de cálculo del acero.....	25
2.5.4.1. Resistencia característica.....	25
2.5.4.2. Resistencia de cálculo.....	25
2.5.4.3. Diagramas de tensión – deformación .....	25
2.5.4.4. Módulo de deformación longitudinal .....	26
2.5.4.5. Coeficiente de dilatación térmica .....	26
2.5.4.6. Cuantías mínimas .....	27
2.5.5. Acciones .....	27

2.5.5.1. Acciones directas.....	27
2.5.5.1.1. Permanentes.....	27
2.5.5.1.2. Variables.....	28
2.5.5.1.3. Extraordinarias.....	28
2.5.5.2. Acciones indirectas.....	28
2.5.6. Bases de cálculo.....	29
2.5.6.1. Estados límites últimos.....	29
2.5.6.2. Coeficientes de seguridad.....	31
2.5.6.3. Hipótesis de carga.....	31
2.5.7. Estructura de sustentación de la edificación.....	32
2.5.7.1. Análisis de cargas.....	32
2.5.7.1.1. Carga gravitatoria.....	32
2.5.7.2. Vigas.....	33
2.5.7.2.1. Flexión simple.....	33
2.5.7.2.2. Cortante.....	36
2.5.7.3. Columnas.....	37
2.5.7.3.1. Excentricidad mínima de cálculo.....	37
2.5.7.3.2. Disposiciones relativa a las armaduras.....	37
2.5.7.3.2.1. Armaduras longitudinales.....	37
2.5.7.3.2.2. Cuantías límites.....	38
2.5.7.3.2.3. Armadura transversal.....	38
2.5.7.3.3. Pandeo de piezas comprimidas de hormigón armado.....	39
2.5.7.3.3.1. Longitud de pandeo.....	39
2.5.7.3.3.2. Esbeltez.....	41
2.5.7.3.3.3. Valores límites para la esbeltez.....	41

2.5.7.3.3.4. Excentricidad de primer orden .....	42
2.5.7.3.3.5. Excentricidad ficticia.....	42
2.5.7.3.3.6. Excentricidad total.....	42
2.5.7.3.4. Cálculo de la armadura longitudinal.....	43
2.5.7.3.5. Cálculo de la armadura transversal.....	43
2.5.8. Estructura de sustentación de la cubierta.....	43
2.5.8.1. Losa alivianada con viguetas pretensadas .....	43
2.5.8.1.1. Armadura de reparto en losas alivianadas .....	44
2.5.9. Estructuras complementarias .....	45
2.5.9.1. Fundaciones .....	45
2.5.9.1.1. Zapatas aisladas .....	45
2.5.9.1.2. Diseño de zapata aislada.....	45
2.5.9.2. Escaleras .....	48
2.5.9.3. Juntas de dilatación.....	52
2.5.10. Estrategia para la ejecución del proyecto .....	52
2.5.10.1. Especificaciones técnicas .....	52
2.5.10.2. Cómputos métricos .....	53
2.5.10.3. Precios unitarios .....	53
2.5.10.4. Presupuesto general de la obra .....	53
2.5.10.5. Cronograma de ejecución de la obra .....	54

### **CAPÍTULO III INGENIERÍA DEL PROYECTO**

3.1. Análisis del levantamiento topográfico.....	53
3.2. Análisis del estudio de suelos.....	54
3.3. Análisis de diseño Arquitectónico.....	55



3.4. Análisis de acciones sobre la estructura .....	56
3.4.1. Sobrecargas de uso .....	56
3.4.2. Cargas permanentes .....	56
3.5. Planteamiento estructural .....	56
3.6. Análisis, diseño y cálculo estructural .....	57
3.6.1. Estructura de sustentación de la edificación.....	57
3.6.1.1. Vigas.....	57
3.6.1.1.1. Flexión simple .....	57
3.6.1.1.2. Cortante .....	64
3.6.1.1.3. Armadura provista por el programa: .....	66
3.6.1.2. Columnas .....	67
3.6.1.2.1. Armadura provista por el programa: .....	76
3.6.2. Estructuras complementarias .....	77
3.6.2.1. Diseño de zapatas .....	77
3.6.2.1.1. Verificación al vuelco.....	84
3.6.2.1.2. Verificación de adherencia .....	84
3.6.2.1.3. Verificación a punzonamiento.....	84
3.6.2.1.4. Armadura provista por el programa: .....	85
3.6.2.2. Escaleras .....	86
3.6.2.2.1. Determinación de las cargas de la escalera .....	87
3.6.2.2.2. Determinación de la armadura longitudinal positiva.....	93
3.6.2.2.3. Determinación de la armadura longitudinal negativa.....	95
3.6.2.2.4. Armadura de reparto .....	97
3.6.2.2.5. Armadura provista por el programa .....	98
3.6.2.3. Diseño de la rampa de acceso al nivel superior.....	99

3.6.2.4. Juntas de dilatación.....	105
3.6.3. Estrategia ejecutada para el proyecto .....	106
3.6.3.1. Especificaciones técnicas .....	106
3.6.3.2. Precios unitarios .....	107
3.6.3.3. Cómputos métricos .....	107
3.6.3.4. Presupuesto general .....	107
3.6.3.5. Cronograma de ejecución .....	107

## **CAPÍTULO IV APOORTE ACADÉMICO**

4.1. Generalidades .....	108
4.2. Marco Teórico .....	108
4.2.1. Losas reticulares .....	108
4.2.1.1. Pre dimensionamiento .....	111
4.2.1.2. Armadura mínima en nervios .....	112
4.2.1.3. Diseño a cortante .....	112
4.2.1.4. Verificación de flechas de forjados reticulares.....	113
4.2.1.5. Armaduras de reparto por temperatura y retracción.....	114
4.2.1.6. Punzonamiento .....	114
4.2.2. Losas alivianadas con viguetas pretensadas .....	115
4.2.2.1. Pre dimensionamiento .....	118
4.2.2.2. Relación modular o coeficiente de equivalencia .....	118
4.2.2.3. Cálculo de la armadura de reparto.....	119
4.2.2.4. Cálculo de la armadura negativa .....	119
4.2.2.5. Verificación del esfuerzo cortante.....	119
4.2.3. Rango de luces para losas .....	120

4.3. Alcance del proyecto .....	120
4.4. Aporte académico .....	121
4.5. Diseño de la losa reticular .....	121
4.5.1. Pre dimensionamiento .....	121
4.5.2. Parámetros de losa reticular.....	123
4.5.3. Determinación de cargas .....	124
4.5.4. Diseño a flexión.....	126
4.5.4.1. Para $M_y -$ .....	126
4.5.4.2. Para $M_y +$ : .....	127
4.5.4.3. Para $M_x -$ : .....	129
4.5.4.4. Para $M_x +$ : .....	130
4.5.5. Armadura provista por el programa .....	132
4.5.6. Diseño a cortante en la sección crítica.....	134
4.5.7. Armadura de reparto por retracción de fraguado y cambios de temperatura ...	135
4.5.8. Comprobación de flechas en forjados reticulares.....	135
4.5.9. Ábacos .....	135
4.5.10. Verificación a punzonamiento.....	136
4.6. Diseño de losa alivianada con viguetas pretensadas .....	138
4.6.1. Pre dimensionamiento .....	138
4.6.2. Propiedades de los materiales.....	139
4.6.2.1. Dimensiones de plastoform .....	139
4.6.2.2. Dimensiones de la vigueta pretensada.....	139
4.6.3. Cálculo del ancho efectivo .....	139
4.6.4. Cálculo de la relación modular.....	140
4.6.5. Cálculo de las características geométricas.....	140

4.6.6. Acciones de cargas considerada sobre la losa alivianada.....	145
4.6.7. Cálculo de la armadura de reparto.....	146
4.6.8. Cálculo de armadura negativa .....	147
4.6.9. Armadura dispuesta por el programa.....	149
4.6.10. Verificación del esfuerzo cortante .....	149
4.7. Comparación técnica y económica.....	150
4.8. Periodo de ejecución.....	153

## **CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones.....	154
5.2. Recomendaciones .....	156

<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>157</b>
---------------------------	------------

## **ANEXOS**

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Población en edad Escolar Distrito 16 de la Ciudad de Tarija .....	1
Cuadro 1.2. Población beneficiada por edades del Distrito 16 de la Ciudad de Tarija .....	2
Cuadro 2.1. Relación entre Escala, pendiente del terreno y separación de las curvas de nivel en un plano .....	10
Cuadro 2.2. Tamaños de mallas estándar en EE.UU.....	11
Cuadro 2.3. Sistema de clasificación de suelos de la AASHTO .....	14
Cuadro 2.4. Simbología sistema unificado de clasificación de suelos .....	15
Cuadro 2.5. Sistema de clasificación de suelos SUCS .....	16
Cuadro 2.6. Consistencia de arcillas y correlación aproximada para el numero de penetración estándar.....	18
Cuadro 2.7. Consistencias y valores límites de asentamiento, medidos en el cono de Abrams .....	22
Cuadro 2.8. Diámetros y áreas de aceros.....	22
Cuadro 2.9. Cuantías geométricas mínimas en tanto por mil.....	27
Cuadro 2.10. Coeficientes de minoración de la resistencia de los materiales .....	31
Cuadro 2.11. Coeficientes de minoración de la resistencia de los materiales .....	31
Cuadro 2.12. Tabla universal para flexión simple.....	35
Cuadro 2.13. longitud de pandeo de las piezas aisladas.....	40
Cuadro 3.1. Tabla resumen del resultado de estudio de suelos. ....	55
Cuadro 3.2. Valores de $k_j$ .....	106
Cuadro 4.1. Rango de luces óptimas. ....	120
Cuadro 4.2. Aspectos entre losas aliviadas con viguetas pretensadas y losas reticulares. ...	151

Cuadro 4.3. Análisis mecánico, al utilizar losas alivianadas con viguetas pretensadas y losas reticulares.....	152
Cuadro 4.4. Resultados obtenidos en elementos estructurales, al utilizar losas alivianadas con viguetas pretensadas y losas reticulares. ....	152
Cuadro 4.5. Variación en el presupuesto final de la estructura. ....	153
Cuadro 4.6. Variación en el periodo de ejecución de la estructura. ....	153

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Mapa del Departamento de Tarija.....	5
Figura 1.2. Ubicación geográfica del Lugar .....	6
Figura 2.1. Curvas de Nivel.....	8
Figura 2.2. Plano topográfico con curvas maestras y ordinarias cada 25 y 5 m.....	9
Figura 2.3. Curva de la distribución granulométrica de un suelo de grano grueso obtenida en análisis con mallas. ....	12
Figura 2.4. Definición de los límites de Atterberg .....	13
Figura 2.5. Rango del límite líquido y del índice de plasticidad .....	15
Figura 2.6. Carta de plasticidad SUCS .....	17
Figura 2.7. Proceso de cálculo de una estructura .....	21
Figura 2.8. Definición de resistencia característica.....	23
Figura 2.9. Diagrama parábola – rectángulo. ....	24
Figura 2.10. Diagrama rectangular. ....	25
Figura 2.11. Diagramas de cálculo tensión – deformación del acero.....	26
Figura 2.12. Sobre cargas de uso.....	33
Figura 2.13. Nomogramas que ofrecen la longitud de pandeo en soportes de pórticos .....	40
Figura 2.14. Vigueta Pretensada.....	44
Figura 2.15. Zapatas rígidas y zapatas flexibles.....	45
Figura 2.16. Comprobaciones a esfuerzo cortante y a punzonamiento .....	47
Figura 2.17. Partes de una escalera.....	48
Figura 3.1. Lugar de emplazamiento.....	53
Figura 3.2. Lugar de emplazamiento.....	54
Figura 3.3. Planteamiento Estructural de la Unidad Educativa.....	57

Figura 3.4. Momentos flectores actuantes en viga. ....	58
Figura 3.5. Armadura positiva al centro de la viga .....	60
Figura 3.6. Armadura negativa lado izquierdo de la viga .....	61
Figura 3.7. Armadura negativa lado derecho de la viga.....	63
Figura 3.8. Área requerida a flexión por el programa Cypecad. ....	63
Figura 3.9. Armadura a flexión dispuesta por el programa Cypecad. ....	64
Figura 3.10. Cortantes actuantes en viga.....	65
Figura 3.11. Área para cortante requerida por el programa Cypecad.....	66
Figura 3.12 Armadura a cortante dispuesta por el programa Cypecad .....	67
Figura 3.13. Nomograma para coeficiente de pandeo .....	71
Figura 3.14. Abaco en roseta para 4 armaduras longitudinales.....	74
Figura 3.15. Armadura obtenida manual para columna. ....	76
Figura 3.16. Armadura para columna propuesta por el programa Cypecad.....	76
Figura 3.17. Puntos críticos de la zapata para esfuerzos críticos .....	79
Figura 3.18. Armadura obtenida manual para Zapata .....	83
Figura 3.19 Armadura para zapata, provista por el programa Cypecad. ....	85
Figura 3.20. Vista en planta de la escalera .....	86
Figura 3.21. Consideración de la escalera para el cálculo de la armadura principal.....	89
Figura 3.22. Consideración como una losa plana, apoyo simple. ....	90
Figura 3.23. Diagrama de momentos de la escalera, como losa plana. ....	90
Figura 3.24. Diagrama de momentos de la escalera, esquema real. ....	91
Figura 3.25. Consideración de la escalera para el cálculo de la armadura negativa. ....	91
Figura 3.26. Como una losa plana, apoyo empotrado. ....	92
Figura 3.27. Diagrama de momentos de la escalera, como losa plana empotrada. ....	92
Figura 3.28. Diagrama de momentos de la escalera, esquema real empotrada. ....	93



Figura 3.29. Grafica de la disposición de armaduras para las escaleras.....	98
Figura 3.30. Representación gráfica de la losa de la rampa. ....	99
Figura 3.31. Coeficientes para diseño de losas macizas rectangulares. ....	100
Figura 3.32. Representación y ubicación de las juntas de dilatación. ....	105
Figura 4.1. Tipos de forjados.....	109
Figura 4.2. Forjados reticulares. ....	110
Figura 4.3. Aspectos de los forjados de casetones recuperables .....	110
Figura 4.4. Aspectos de los forjados de casetones especiales. ....	111
Figura 4.5. Esquema de una losa reticular.....	111
Figura 4.6. Dimensiones críticas de losa .....	113
Figura 4.7. Perímetro crítico en losas .....	115
Figura 4.8. Parámetros de una losa aliviada con viguetas pretensadas.....	116
Figura 4.9. Representación gráfica de una vigueta pretensada. ....	117
Figura 4.10. Ubicación de la losa a ser comparada. ....	121
Figura 4.11. Geometría de la losa reticular. ....	123
Figura 4.12. Área asumida para la determinación de peso propio. ....	124
Figura 4.13. Losa a ser calculada con sus respectivos apoyos. ....	125
Figura 4.14. Coeficientes para el diseño de losas reticulares. ....	125
Figura 4.15. Armadura transversal superior. ....	132
Figura 4.16. Armadura transversal inferior. ....	132
Figura 4.17. Armadura longitudinal inferior .....	133
Figura 4.18. Armadura longitudinal superior.....	133
Figura 4.19. Vista en planta de la disposición de viguetas.....	138
Figura 4.20. Características geométricas del plastroform.....	139
Figura 4.21. Características geométricas de la vigueta pretensada. ....	140

Figura 4.22. Características geométricas de la carpeta de hormigón in situ. ....	141
Figura 4.23. Características geométricas de la sección compuesta de la losa. ....	142
Figura 4.24. Características geométricas de la sección homogenizada. ....	144
Figura 4.25. Características geométricas de la sección homogenizada. ....	145
Figura 4.26. Consideraciones de los apoyos para la vigueta pretensada. ....	147
Figura 4.27. Momentos negativos considerados para la verificación. ....	147
Figura 4.28. Armadura negativa dispuesta por el programa para losa aliviada. ....	149
Figura 4.29. Opción 1 losa aliviada con viguetas pretensadas. ....	150
Figura 4.30. Opción 2 losa reticular. ....	150