

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE**  
**ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES**



**TOMO I**  
**CÁLCULO ESTRUCTURAL DEL MÓDULO ADMINISTRATIVO DEL**  
**CAMPO CULTURAL Y AGROPECUARIO DEL MUNICIPIO DE BERMEJO**

**Por:**

**RODOLFO AVELINO MANSILLA TORREZ**

**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**

**TOMO I**

**CÁLCULO ESTRUCTURAL DEL MÓDULO ADMINISTRATIVO DEL  
CAMPO CULTURAL Y AGROPECUARIO DEL MUNICIPIO DE BERMEJO  
(DEPARTAMENTO DE TARIJA, PROV. ARCE, CIUDAD DE BERMEJO)**

**Por:**

**RODOLFO AVELINO MANSILLA TORREZ**

**SEMESTRE II – 2023  
TARIJA – BOLIVIA**

**DEDICATORIA:**

Dedicado a Dios Padre que me dio entendimiento y fortaleza para concluir este proyecto, y a mis padres que a pesar de todo me apoyaron hasta que pudiera concluir la carrera.

## ÍNDICE

Advertencia	
Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen del proyecto	
1. CAPÍTULO I: ELEMENTOS DEL OBJETO DEL PROYECTO DE GRADO.....	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 General .....	2
1.2.2 Específicos .....	2
1.3 Justificación.....	2
1.3.1 Académica.....	2
1.3.2 Técnica .....	2
1.3.3 Social.....	3
1.4 Alcance del proyecto .....	3
1.4.1 Resultados a lograr.....	4
1.5 Ubicación.....	4
1.6 Aporte académico.....	5
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	6
2.1 Levantamiento topográfico.....	6
2.2 Estudio de suelos .....	6
2.2.1 Granulometría .....	6
2.2.2 Clasificación de suelos.....	7
2.2.3 Límites de Atterberg .....	8
2.2.4 Ensayo de penetración (SPT).....	9

2.3	Diseño arquitectónico.....	9
2.4	Juntas de dilatación.....	10
2.4.1	Coeficiente de dilatación térmica.....	10
2.4.2	Dilatación lineal .....	10
2.5	Análisis estructural .....	11
2.5.1	Principios fundamentales .....	11
2.5.2	Método de las rigideces.....	13
2.6	Hormigón armado.....	17
2.6.1	Resistencia característica a compresión del hormigón.....	17
2.6.2	Resistencia característica a tracción.....	18
2.6.3	Resistencia de cálculo del hormigón.....	18
2.6.4	Resistencia característica del acero.....	18
2.6.5	Resistencia de cálculo del acero.....	18
2.6.6	Coeficientes de minoración de la resistencia de los materiales .....	19
2.7	Hipótesis de carga más desfavorable.....	19
2.8	Diseño de losa alivianada .....	20
2.8.1	Momento flector en viguetas.....	20
2.9	Diseño de Viga de H°A° .....	21
2.9.1	Predimensionamiento de la viga .....	21
2.9.2	Cálculo de armadura longitudinal .....	22
2.9.3	Cálculo de armadura transversal .....	24
2.9.4	Cálculo a torsión .....	26
2.9.5	Cálculo de deformaciones .....	28
2.10	Diseño de columnas.....	31
2.10.1	Longitud de pandeo.....	31
2.10.2	Esbeltez mecánica .....	32
2.10.3	Columnas cortas .....	33
2.10.4	Columnas intermedias.....	33
2.10.5	Método de la excentricidad ficticia.....	33

2.10.6	Flexión esviada.....	35
2.10.7	Ábacos adimensionales en roseta.....	35
2.11	Diseño de zapata.....	37
2.11.1	Dimensionamiento en planta.....	37
2.11.2	Esfuerzos en la zapata.....	38
2.11.3	Cálculo del momento de diseño ( <b>Md</b> ).....	38
2.11.4	Verificar cortante por flexión.....	40
2.11.5	Verificación de corte a punzonamiento.....	40
2.12	Diseño de zapata combinada .....	42
2.13	Diseño de losa de cimentación .....	44
2.14	Diseño de escaleras de H°A° .....	46
2.14.1	Espesor de la losa de la escalera .....	46
2.14.2	Altura media de la losa.....	47
2.14.3	Carga de diseño en escaleras de H°A° .....	47
2.14.4	Cálculo de momento de diseño en escaleras de H°A° .....	47
2.14.5	Cálculo de armadura longitudinal .....	48
2.14.6	Cálculo de armadura transversal .....	48
2.15	Estrategia para la ejecución del proyecto .....	48
2.15.1	Especificaciones técnicas.....	48
2.15.2	Precios unitarios.....	49
2.15.3	Cómputos métricos.....	49
2.15.4	Presupuesto .....	49
2.15.5	Planeamiento y cronograma.....	50
3.	CAPITULO III: INGENIERIA DEL PROYECTO .....	51
3.1	Levantamiento topográfico.....	51
3.2	Estudio de suelos .....	51
3.3	Análisis del diseño arquitectónico.....	52
3.4	Análisis Estructural .....	53

3.4.1	Análisis Matricial de Rigidez.....	53
3.4.2	Módulo de elasticidad .....	53
3.4.3	Geometría de la estructura .....	54
3.4.4	Sistema de coordenadas globales en nudos.....	55
3.4.5	Grados de libertad .....	55
3.4.6	Matrices de Rigidez de los elementos.....	56
3.4.7	Matriz de rigidez de la estructura.....	58
3.4.8	Cargas en los elementos estructurales.....	58
3.4.9	Estados de carga e hipótesis de carga .....	60
3.4.10	Matriz de cargas .....	61
3.4.11	Cálculo de desplazamientos .....	62
3.4.12	Cálculo de reacciones.....	63
3.4.13	Cálculo de fuerzas internas .....	63
3.4.14	Máximas solicitaciones .....	64
3.4.15	Diagrama de fuerzas internas (Envolvente) .....	65
3.5	Junta de dilatación .....	66
3.6	Resistencias de cálculo de los materiales .....	67
3.7	Diseño Estructural .....	67
3.7.1	Diseño de losa alivianada superior.....	67
3.7.2	Losa alivianada de entrepiso .....	70
3.7.3	Diseño de viga de H°A° .....	72
3.7.4	Diseño de columna de H°A° .....	85
3.7.5	Diseño de zapatas de H°A° .....	90
3.7.6	Diseño de zapata combinada de H°A° .....	99
3.7.7	Diseño de losa de cimentación de H°A° .....	105
3.7.8	Diseño de escalera de H°A° .....	109
3.7.9	Verificación de vigueta .....	115
4.	CAPÍTULO IV: APORTE ACADÉMICO .....	126
4.1	Generalidades .....	126
4.2	Proceso constructivo.....	128

4.3	Metodología de diseño .....	130
4.4	Diseño de la losa colaborante .....	137
4.4.1	Determinación de la deflexión de la lámina Acero-Deck Placa colaborante actuando como encofrado .....	138
4.4.2	Esfuerzos de tracción por flexión en el sistema no compuesto:.....	139
4.4.3	Cálculo de esfuerzos admisibles en el sistema compuesto .....	140
4.4.4	Condición de momento último o resistencia a la flexión.....	143
4.4.5	Condición de momento último o resistencia a la flexión.....	144
4.4.6	Diseño por cortante .....	145
4.4.7	Esfuerzo admisible a compresión en el hormigón .....	146
4.4.8	Deflexión del sistema compuesto.....	147
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	150
5.1	CONCLUSIONES.....	150
5.2	RECOMENDACIONES .....	151
6.	BIBLIOGRAFIA.....	152

## ANEXOS



## **ANEXOS**

ANEXO I Levantamiento topográfico

ANEXO II Estudio de suelos

ANEXO III Cómputos métricos

ANEXO IV Análisis de Precios Unitarios

ANEXO V Presupuesto

ANEXO VI Planeamiento y cronograma

ANEXO VII Especificaciones Técnicas

ANEXO VIII Cálculos y análisis de carga

ANEXO IX Cálculo estructural

ANEXO X Planillas de solicitudes y dimensionamiento

ANEXO XI Figuras-Tablas-Ábacos

ANEXO XII Acero-Deck Losa colaborante

ANEXO XIII Planos arquitectónicos y estructurales

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Vista satelital del lugar de emplazamiento .....	4
<b>Figura 2.1</b> Secuencia operacional de un proyecto estructural.....	11
<b>Figura 2.2</b> Secuencia operacional de un proyecto estructural.....	13
<b>Figura 2.3</b> Flujograma cálculo de armadura transversal .....	25
<b>Figura 2.4</b> Nomogramas para determinar el coeficiente de pandeo.....	32
<b>Figura 2.5</b> Zapata aislada sometida a M, V, N.....	37
<b>Figura 2.6</b> Diagrama de esfuerzos en la zapata.....	38
<b>Figura 2.7</b> Distancia " $0,15 \cdot a_0$ " para el cálculo del momento de diseño (Md).....	39
<b>Figura 2.8</b> Diagrama de esfuerzos para el ' $M_d$ ' .....	39
<b>Figura 2.9</b> Área de cortante a flexión.....	40
<b>Figura 2.10</b> Secciones críticas.....	41
<b>Figura 2.11</b> Zapatas combinadas.....	43
<b>Figura 2.12</b> Zapata combinada de sección T invertida .....	43
<b>Figura 2.13</b> Cargas en zapata combinada.....	43
<b>Figura 2.14</b> Tipos de losa de cimentación.....	44
<b>Figura 2.15</b> Centro de gravedad en losa de cimentación .....	45
<b>Figura 2.16</b> Geometría de la escalera.....	46
<b>Figura 2.17</b> Distribución de cargas en la escalera.....	47
<b>Figura 3.1</b> Vista Frontal 3D del Módulo Administrativo.....	52
<b>Figura 3.2</b> Junta de dilatación y pórticos para el análisis matricial .....	53
<b>Figura 3.3</b> Geometría y dimensiones de elementos del Pórtico 12.....	54
<b>Figura 3.4</b> Coordenadas globales del pórtico 12.....	55
<b>Figura 3.5</b> Grados de libertad en los nudos.....	56

<b>Figura 3.6</b> Cargas en Estado 1 (Pórtico 12) .....	60
<b>Figura 3.7</b> Momentos de empotramiento de un elemento con carga lineal .....	61
<b>Figura 3.8</b> Reacciones y momentos de empotramiento Elemento V-374.....	61
<b>Figura 3.9</b> Diagrama de momentos en vigas (kg·m).....	65
<b>Figura 3.10</b> Diagrama de cortantes en vigas (kg) .....	66
<b>Figura 3.11</b> Disposición de viguetas .....	67
<b>Figura 3.12</b> Elementos que componen una losa alivianada .....	68
<b>Figura 3.13</b> Ubicación de viga más solicitada en la estructura .....	72
<b>Figura 3.14</b> Recubrimientos de una sección de H°A° .....	73
<b>Figura 3.15</b> Diagrama de momentos máximos .....	73
<b>Figura 3.16</b> Diagrama de cortantes .....	78
<b>Figura 3.17</b> Diagrama de cortantes y cortantes de diseño.....	79
<b>Figura 3.18</b> Perspectiva y vista de los planos de la columna analizada.....	86
<b>Figura 3.19</b> Nomograma que ofrecen la longitud de pandeo en soportes de pórticos	87
<b>Figura 3.20</b> Zapata con ubicación de las cargas.....	90
<b>Figura 3.21</b> Esfuerzos en el terreno .....	91
<b>Figura 3.22</b> Ubicación de la distancia (kc) de análisis del cortante .....	92
<b>Figura 3.23</b> Esfuerzos en el terreno por analizar para la determinación del cortante	92
<b>Figura 3.24</b> Ubicación de la distancia (kc) de análisis del cortante .....	93
<b>Figura 3.25</b> Esfuerzos en el terreno por analizar para la determinación del cortante	93
<b>Figura 3.26</b> Ubicación de distancia k donde produce el momento máximo .....	94
<b>Figura 3.27</b> Esfuerzos en el terreno por analizar para la determinación del momento	94
<b>Figura 3.28</b> Patilla normal para barras corrugadas .....	95

<b>Figura 3.29</b>	Ubicación de distancia k donde produce el momento máximo .....	96
<b>Figura 3.30</b>	Esfuerzos en el terreno para la determinación del momento de diseño..	96
<b>Figura 3.31</b>	Zapata combinada de $H^\circ A^\circ$ .....	100
<b>Figura 3.32</b>	Carga en zapata combinada, eje “Y” .....	101
<b>Figura 3.33</b>	Diagrama de momentos en zapata combinada, eje “Y” .....	101
<b>Figura 3.34</b>	Diagrama de cortante (kg) en zapata combinada, eje “Y” .....	103
<b>Figura 3.35</b>	Carga en zapata combinada, eje “X” .....	104
<b>Figura 3.36</b>	Losa de cimentación, Z26.....	106
<b>Figura 3.37</b>	Diagrama de momentos [kg · m], eje “Y” .....	107
<b>Figura 3.38</b>	Visualización del tipo de escalera .....	109
<b>Figura 3.39</b>	Tramos de la escalera .....	110
<b>Figura 3.40</b>	Cargas en Tramo 1 y Tramo 3 .....	111
<b>Figura 3.41</b>	Cargas en Tramo 2.....	112
<b>Figura 3.42</b>	Diagrama de momentos del Tramo 1 y Tramo 3 .....	112
<b>Figura 3.43</b>	Diagrama de momentos del Tramo 2 .....	112
<b>Figura 3.44</b>	Características geométricas de la vigueta pretensada.....	116
<b>Figura 3.45</b>	Sección compuesta de vigueta pretensada.....	116
<b>Figura 3.46</b>	Características geométricas de la vigueta - Sección compuesta viga en T	
	117	
<b>Figura 3.47</b>	Punto de aplicación de la fuerza de pretensado.....	119
<b>Figura 4.1</b>	Placa colaborante.....	126
<b>Figura 4.2</b>	Losa colaborante.....	127
<b>Figura 4.3</b>	Colocación de placa colaborante .....	128
<b>Figura 4.4</b>	Diagrama de momento en viga un solo tramo.....	131

<b>Figura 4.5</b> Área contribuyente del hormigón .....	134
<b>Figura 4.6</b> Detalle de alturas en losa colaborante .....	140
<b>Figura 4.7</b> Detalle de alturas y dimensiones de la lámina en losa colaborante .....	141
<b>Figura 4.8</b> Área contribuyente en losa colaborant .....	146

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Sistemas de Clasificación de suelos.....	7
<b>Tabla 2.2</b> Resistencia característica de hormigones ( $f_{ck}$ ) a 28 días (MPa).....	17
<b>Tabla 2.3</b> Coeficientes de minoración de resistencia de los materiales .....	19
<b>Tabla 2.4</b> Valores límites que es recomendable no superar .....	22
<b>Tabla 2.5</b> Cuantías geométricas mínimas, referidas a sección total del hormigón, en tanto por mil .....	24
<b>Tabla 3.1</b> Resumen de los esfuerzos admisibles del suelo ( $\sigma_{adm}$ ).....	51
<b>Tabla 3.2</b> Resistencia de materiales .....	67
<b>Tabla 3.3</b> Momentos admisibles para 0,50 m según Pretensa.....	70
<b>Tabla 3.4</b> Inercias en vigas.....	85
<b>Tabla 3.5</b> Propiedades de la Vigüeta.....	116
<b>Tabla 3.6</b> Propiedades de la Vigüeta compuesta.....	117
<b>Tabla 4.1</b> Ratio entre el módulo de elasticidad del acero y del hormigón .....	141
<b>Tabla 4.2</b> Factores de reducción de carga según apuntalamiento .....	143
<b>Tabla 4.3</b> Comparación losa aliviada y losa colaborante .....	149