

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



**“DISEÑO ESTRUCTURAL UNIDAD EDUCATIVA MUTURAYO”**  
**(MUNICIPIO DE URIONDO)**

**Elaborado por:**

**JOSÉ MARIO BLACUTT ALÉ**

**Proyecto presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura de Ingeniería Civil.**

**SEMESTRE I – 2018**  
**TARIJA – BOLIVIA**

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

**“DISEÑO ESTRUCTURAL UNIDAD EDUCATIVA MUTURAYO”**  
**(MUNICIPIO DE URIONDO)**

**Elaborado por:**

**JOSÉ MARIO BLACUTT ALÉ**

**SEMESTRE I – 2018**

**TARIJA – BOLIVIA**

V°B°

.....  
MSc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez

**DECANO – FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

.....  
MSc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANO – FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

**TRIBUNAL:**

.....  
Ing. Grover Torres Ibeta

.....  
Ing. Moisés Díaz Ayarde

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

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.

A Dios, por haberme  
puesto en el lugar y  
momento indicado y al  
conocimiento adquirido  
por que él así lo quiso.

A mis amados padres José  
Luis y Rosita y a mis  
hermanas que siempre  
velaron por mí en todo  
momento, sin importar la  
circunstancia ni ocasión.

A todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, quienes hicieron posible mi formación profesional, en especial por su ejemplar enseñanza a todos los docentes de la mención estructuras.

A mí querida esposa Susana por su apoyo y su amor incondicional.

1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. El problema.....	1
1.2. Objetivos del proyecto.....	1
1.2.1. General.....	1
1.2.2. Específicos .....	2
1.3. Justificación del proyecto .....	2
1.3.1. Académica .....	2
1.3.2. Técnica.....	3
1.3.3. Social .....	3
1.4. Alcance del proyecto .....	3
1.4.1. Productos a lograr.....	3
1.5. Localización del proyecto.....	4
1.5.1 Información socioeconómica de la localidad Muturayo .....	5
2. Marco teórico.....	6
2.1. Generalidades.....	6
2.2. Levantamiento topográfico.....	6
2.3. Estudio de suelos.....	9
2.3.1. Granulometría .....	9
2.3.2. Límites de Atterberg.....	12
2.3.3. Clasificación de suelos .....	13
2.3.4. Ensayo de penetración estándar SPT.....	19
2.4. Diseño arquitectónico.....	21
2.5. Idealización de las estructuras .....	21
2.5.1. Sustentación de la cubierta .....	21
2.5.2. Sustentación de la edificación.....	22
2.5.3. Fundaciones .....	29
2.5.3.1. Zapatas aisladas.....	31
2.5.4. Determinación de los esfuerzos .....	32
2.6. Diseño estructural (normas, métodos, análisis de cargas, etc) .....	32

2.6.1. Diseño de losa de sustentación de la cubierta .....	32
2.6.2. Estructura de sustentación de la edificación .....	33
2.6.2.1. Juntas de dilatación .....	37
2.6.2.2. Diseño a flexión de elementos de hormigón armado .....	39
2.6.2.3. Diseño de columnas de hormigón armado.....	42
2.6.2.4. Estructuras complementarias .....	53
2.6.2.5. Diseño de fundaciones (cimientos) .....	56
2.7. Estrategia para la ejecución del proyecto .....	65
2.7.1. Cálculos métricos.....	65
2.7.2. Precios unitarios .....	66
2.7.3. Presupuesto de la estructura.....	69
2.7.4. Especificaciones técnicas.....	69
2.7.5. Planeamiento y cronograma.....	69
3. INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	71
3.1. Análisis del levantamiento topográfico .....	71
3.2. Análisis del estudio de suelos (resultado) .....	72
3.3. Análisis del diseño arquitectónico .....	74
3.4. Planteamiento estructural .....	77
3.5. Datos generales del proyecto .....	77
3.5.1. Normativa de diseño .....	77
3.5.2. Materiales empleados .....	78
3.6. Análisis, cálculo y diseño estructural (análisis de cargas – resultados).....	79
3.6.1. Cargas consideradas sobre la estructura .....	79
3.6.2. Estructura de sustentación de terraza .....	91
3.6.2.1. Diseño de losa alivianada .....	91
3.6.2.2. Verificación de la vigueta pretensada .....	96
3.6.3. Estructura de sustentación de la edificación .....	102
3.6.3.1. Juntas de dilatación .....	103
3.6.3.2. Verificación del diseño estructural de la viga más solicitada	
V101 (nivel aulas).....	104



3.6.3.3. Verificación del diseño estructural de la columna más solicitada C68 .....	120
3.6.3.4. Estructuras complementarias .....	127
3.6.3.5. Fundaciones (cimientos).....	143
3.7. Desarrollo de la estrategia para la ejecución del proyecto .....	156
3.7.1. Cómputos métricos.....	159
3.7.2. Precios unitarios .....	159
3.7.3. Presupuesto estructural .....	159
3.7.4. Especificaciones técnicas.....	159
3.7.5. Planeamiento y cronograma de ejecución .....	159
4. APORTE ACADÉMICO DEL ESTUDIANTE .....	160
4.1. Calculo de secciones sometidas a acciones y esfuerzos normales.....	160
4.1.1. Hipótesis básicas .....	160
4.2. Marco teórico o alcance del aporte .....	162
4.2.1. Dominios de deformación de las secciones en el estado limite ultimo de agotamiento .....	163
4.2.2. Diagramas tensión-deformación de los aceros.....	165
4.2.3. Ecuaciones constitutivas .....	167
4.2.3.1. Diagrama tensión-deformación del hormigón .....	167
4.2.4. Diagramas de cálculo tensión-deformación.....	167
4.2.4.1. Diagrama parábola-rectángulo P-R de cálculo .....	167
4.2.4.2. Diagrama rectangular de cálculo.....	170
4.3. Producto – Aporte .....	172
4.3.1. Resumen de las cuantías de la viga más solicitada resuelta por el método de las Ecuaciones Adimensionales para sección rectangular .....	172
4.3.2. Verificación del diseño estructural de la viga más solicitada (Método del diagrama parábola-rectángulo, Norma CBH-87) .....	174
4.3.3. Verificación del diseño estructural de la viga más solicitada (Método del diagrama rectangular, Norma CBH-87).....	179

4.3.4. Diferencias entre los métodos expuestos.....	184
CONCLUSIONES .....	186
RECOMENDACIONES .....	191
BIBLIOGRAFÍA .....	192
ANEXOS	

Tabla 2.1 Tamaño de las partículas .....	10
Tabla 2.2 Serie de tamices A.S.T.M. ....	10
Tabla 2.3 Clasificación de suelos por el método AASHTO .....	15
Tabla 2.4 Carta de plasticidad .....	17
Tabla 2.5 Clasificación de suelos por el método USCS .....	18
Tabla 2.6 Capacidad portante de las arcillas y mezclas de suelos.....	20
Tabla 2.7 Coeficiente de ponderación de acciones.....	34
Tabla 2.8 Coeficiente de la minoración de las resistencias de los materiales .....	36
Tabla 2.9 Longitud de pandeo ( $l_0$ ), de piezas aisladas .....	47
Tabla 2.10 Monogramas para determinar el factor $\alpha$ de longitud de pandeo .....	48
Tabla 3.1 Características del suelo .....	73
Tabla 3.2 Velocidades básicas del viento en Bolivia.....	89
Tabla 3.3 Aceleraciones sísmicas en Tarija .....	90

Figura 1.1 Localización del proyecto en la localidad de Muturayo .....	4
Figura 2.1 Representación del concepto de curva de nivel.....	9
Figura 2.2 Curva granulométrica.....	11
Figura 2.3 Límites de atterberg .....	12
Figura 2.4 Ensayo casa grande .....	12
Figura 2.5 Esquema de montaje de losa alivianada .....	22
Figura 2.6 Planteamiento del pórtico de la estructura .....	23
Figura 2.7 Cimentaciones aisladas .....	30
Figura 2.8 Esfuerzos en cimentación rígida .....	30
Figura 2.9 Formas típicas de zapata aislada .....	31
Figura 2.10 Estructura de sustentación de la cubierta.....	32
Figura 2.11 Estructura definitiva de sustentación de la edificación .....	33
Figura 2.12 Partes constitutivas de una escalera .....	55
Figura 2.13 Distribución de zapatas en suelos cohesivos y poco cohesivos .....	58
Figura 2.14 Solicitaciones presentes en la zapata.....	59
Figura 2.15 Momento de diseño .....	63
Figura 2.16 Planilla para el cálculo de cómputos métricos.....	66
Figura 2.17 Planilla para el análisis de precios unitarios .....	68
Figura 3.1 Curvas de nivel .....	71
Figura 3.2 Ubicación de pozo para el estudio de suelo.....	72
Figura 3.3 Perfil estratigráfico del pozo.....	73
Figura 3.4 Planos arquitectónicos.....	76
Figura 3.5 Planteamiento estructural .....	77

Figura 3.6 Escalera de dos tiros y media vuelta .....	84
Figura 3.7 Rampa de acceso (con predimensionamiento) .....	85
Figura 3.8 Distribución de carga de viento .....	88
Figura 3.9 Consideraciones de la sobre carga de viento en el programa CYPECAD – v2016.o .....	90
Figura 3.10 Disposición de viguetas pretensadas .....	92
Figura 3.11 Características geométricas del plastroformo .....	94
Figura 3.12 Dimensiones vigueta .....	94
Figura 3.13 Geometría de la losa alivianada .....	96
Figura 3.14 Sección transversal de la vigueta .....	97
Figura 3.15 Sección real y homogeneizada.....	99
Figura 3.16 Envolvente de momentos flectores y cortantes.....	105
Figura 3.17 Detalle de armado en viga .....	106
Figura 3.18 Decalaje de momentos flectores en la viga .....	113
Figura 3.19 Sección de la columna C68 .....	120
Figura 3.20 Nudos de la columna C68.....	122
Figura 3.21 Detalle de armado de la columna C68 .....	127
Figura 3.22 Vista en planta de escalera.....	129
Figura 3.23 Esquema estructural de escalera .....	131
Figura 3.24 Detalle de la rampa de acceso, armado longitudinal inferior de la losa maciza más solicitada .....	136
Figura 3.25 Geometría de la zapata aislada.....	144
Figura 3.26 Acciones en el plano de cimentación .....	147
Figura 3.27 Esfuerzo máximo y mínimo .....	148

Figura 3.28 Tensiones actuantes en la zapata.....	152
Figura 3.29 Esquema y respuesta estructural en la zapata .....	153
Figura 3.30 Armado de zapata de la columna C68.....	155
Figura 4.1 Diagrama ideal esfuerzos deformación del H° .....	161
Figura 4.2 Diagrama característico esfuerzo deformación del H° .....	162
Figura 4.3 Esquema de dominios de deformación o diagrama de pivotes.....	163
Figura 4.4 Diagrama de cálculo del acero esfuerzo deformación del acero a) No simplificado; b) Simplificado .....	166
Figura 4.5 Diagrama parábola-rectángulo.....	168
Figura 4.6 Ubicación de $N_c$ resultante del bloque de compresiones de la sección compuesta P-R.....	169
Figura 4.7 Diagrama rectangular .....	170
Figura 4.8 Respuesta tensional de una sección armada con dos armaduras $A_{s_2} > A_{s_1}$ , sometidas a su máximo momento, $M_2 > M_1$ .....	171
Figura 4.9 Detalle de armado V101 .....	172
Figura 4.10 Esquema del diagrama P-R, profundidad del eje neutro y ubicación de $N_c$ resultante del bloque de compresiones .....	174
Figura 4.11 Esquema del diagrama R de cálculo, profundidad del eje neutro y ubicación de $N_c$ resultante del bloque de compresiones .....	180