

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



**“DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO MULTIFAMILIAR”**

**Por:**

**JUAN ROQUE MONTELLANOS CONDORI**

Proyecto de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico en Licenciatura en Ingeniería Civil.

**SEMESTRE I -2021**

**TARIJA-BOLIVIA**

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

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO MULTIFAMILIAR”**

**Por:**

**JUAN ROQUE MONTELLANOS CONDORI**

**SEMESTRE I - 2021**

**TARIJA-BOLIVIA**

**V°B°**

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

-----  
M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa  
VICEDECANA – FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

-----  
Ing. Paul Dennis Carrasco Arnold  
DOCENTE DE LA MATERIA CIV - 502

**TRIBUNAL:**

-----  
PhD.Ing. Arturo Juan Jesús Dubravcic Alaiza

-----  
PhD.Ing. Alberto Benítez Reynoso

-----  
M.Sc.Ing. Fernando Mur Lagraba

*EL docente y tribunal evaluador del proyecto de Ingeniería Civil no se solidarizan con los términos, la forma, los modos y las expresiones empleadas en la elaboración del presente trabajo, siendo los mismos únicamente responsabilidad del autor.*

## **DEDICATORIA**

A mi padre Freddy Montellanos Ramos que me cuida desde el cielo, por darme una vida llena de enseñanzas y siempre motivarme a luchar por mis objetivos.

A mi madre Barbarita Condori Rueda por ser un referente en mi vida de superación y apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres por educarme,  
guiarme, apoyarme y darme la confianza  
durante toda mi carrera.

A mis hermanos por estar siempre a mi lado.

# ÍNDICE

Dedicatoria

Agradecimiento

Resumen del Proyecto

1. CAPIÍTULO I ANTECEDENTES .....	1
1.1. El problema .....	1
1.1.1. Planteamiento .....	1
1.1.2. Formulación.....	2
1.1.3. Sistematización.....	2
1.2. Objetivos .....	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.3.1. Académica.....	4
1.3.2. Técnica .....	4
1.3.3. Social.....	4
1.4. Alcance de la propuesta .....	5
1.4.1. Planteamiento .....	5
1.4.2. Resultados a lograr .....	5
1.4.3. Aporte Académico del estudiante.....	5
1.4.4. Restricciones .....	6
1.5. Localización .....	6
1.5.1. Ubicación del Proyecto .....	6
1.5.2. Información socioeconómica relativa al proyecto.....	7
1.5.2.1. Servicios básicos existentes .....	7

1.5.2.2.	Tasa de crecimiento .....	7
2.	CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	8
2.1.	Levantamiento Topográfico .....	8
2.2.	Estudio de suelos .....	8
2.2.1.	Distribución Granulométrica .....	9
2.2.2.	Límites de Atterberg .....	11
2.2.3.	Clasificación de suelos.....	12
2.2.4.	Ensayo de penetración estándar (SPT) .....	12
2.3.	Diseño Arquitectónico .....	13
2.4.	Idealización de las estructuras .....	13
2.4.1.	Sustentación de cubierta.....	14
2.4.2.	Sustentación de la edificación .....	14
2.4.3.	Fundaciones.....	14
2.5.	Materiales .....	14
2.5.1.	Acero.....	14
2.5.1.1.	Características mecánicas .....	15
2.5.1.2.	Tipos de acero de las barras corrugadas .....	16
2.5.2.	Hormigón Armado.....	17
2.5.2.1.	Adherencia entre el hormigón y el acero .....	17
2.5.2.2.	Disposición de las armaduras .....	18
2.5.2.3.	Distancia entre barras.....	18
2.5.2.4.	Doblado de las armaduras .....	19
2.5.2.5.	Anclaje de las armaduras .....	19
2.6.	Diseño Estructural.....	20
2.6.1.	Norma de diseño .....	20



2.6.1.1.	Norma Boliviana del Hormigón Armado (CBH-87).....	20
2.6.1.2.	Especificaciones para el diseño de miembros estructurales de acero conformado en frío del American Iron and Steel Institute (AISI-2007) .....	21
2.6.1.3.	Cargas .....	21
2.6.1.3.1.	Cargas permanentes .....	21
2.6.1.3.2.	Cargas variables.....	22
2.6.1.3.3.	Cargas indirectas.....	23
2.6.2.	Estructura de sustentación de cubierta.....	23
2.6.2.1.	Cercha .....	23
2.6.2.2.	Diseño por factores de carga y resistencia (LRFD).....	24
2.6.2.3.	Factores de Carga .....	25
2.6.2.4.	Factores de resistencia .....	25
2.6.2.5.	Diseño de elementos a tensión .....	26
2.6.2.6.	Diseño de elementos en compresión.....	27
2.6.3.	Estructura de sustentación de la Edificación.....	28
2.6.3.1.	Bases de cálculo .....	28
2.6.3.1.1.	Coeficiente de Poisson .....	28
2.6.3.1.2.	Coeficiente de dilatación térmica .....	28
2.6.3.1.3.	Resistencias de Cálculo.....	28
2.6.3.1.4.	Módulo de deformación longitudinal.....	29
2.6.3.1.5.	Método de los estados límites.....	29
2.6.3.1.6.	Coeficientes de minoración de las resistencias de los materiales y mayoración de las cargas .....	30
2.6.3.1.7.	Hipótesis de carga.....	31
2.6.3.1.8.	Dominios de deformación .....	32
2.6.3.2.	Diseño de Vigas.....	34

2.6.3.3.	Diseño de columnas .....	40
2.6.3.3.1.	Excentricidad mínima de cálculo.....	40
2.6.3.3.2.	Disposición relativa de las armaduras.....	40
2.6.3.3.3.	Armaduras longitudinales .....	40
2.6.3.3.4.	Armadura transversal .....	41
2.6.3.3.5.	Pandeo .....	41
2.6.3.3.6.	Longitud de pandeo .....	42
2.6.3.3.7.	Momento de inercia .....	43
2.6.3.3.8.	Esbeltez geométrica y mecánica.....	43
2.6.3.3.9.	Flexión esviada .....	44
2.6.3.3.10.	Sección rectangular con armadura simétrica.....	44
2.6.3.4.	Diseño de Losas.....	46
2.6.3.4.1.	Losa alivianada con viguetas pretensadas.....	46
2.6.3.5.	Fundaciones.....	49
2.6.4.	Estructuras complementarias.....	53
2.6.4.1.	Escaleras.....	53
2.7.	Estrategia para la ejecución del proyecto.....	54
2.7.1.	Especificaciones técnicas .....	54
2.7.2.	Cómputos métricos .....	54
2.7.3.	Precios unitarios .....	54
2.7.4.	Presupuesto.....	55
2.7.5.	Planeamiento y cronograma de obra.....	55
3.	CAPÍTULO III INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	57
3.1.	Generalidades .....	57
3.2.	Análisis del levantamiento topográfico.....	57

3.3.	Análisis del estudio de suelos.....	57
3.4.	Análisis del diseño arquitectónico .....	58
3.5.	Planteamiento estructural .....	58
3.5.1.	Análisis de alternativa.....	58
3.5.2.	Alternativa seleccionada .....	58
3.5.2.1.	Esquema estructural.....	58
3.5.3.	Materiales Empleados .....	60
3.5.4.	Diseño de la estructura de cubierta.....	60
3.5.4.1.	Diseño de los elementos metálicos .....	65
3.5.4.2.	Diseño a tracción .....	65
3.5.4.3.	Diseño a compresión.....	68
3.5.4.4.	Diseño a flexo-compresión .....	71
3.5.4.5.	Diseño de la placa base .....	73
3.5.4.6.	Diseño de los pernos de anclaje .....	75
3.5.5.	Determinación de las cargas actuantes en la estructura .....	76
3.5.5.1.	Peso propio.....	76
3.5.5.2.	Carga muerta .....	76
3.5.5.3.	Sobrecargas de uso .....	85
3.5.5.4.	Carga de viento.....	85
3.5.6.	Verificación de los elementos estructurales .....	87
3.5.6.1.	Diseño estructural de losas alivianadas con viguetas pretensadas .....	87
3.5.6.2.	Diseño de la Viga de H°A° .....	91
3.5.6.2.1.	Viga: V-304 Entre columna C18 - C19 – C20.....	91
3.5.6.2.2.	Análisis a cortante de Viga entre columnas C18- C19 .....	101
3.5.6.3.	Diseño de Columna de Hormigón Armado.....	103

3.5.6.4.	Fundaciones.....	109
3.5.6.4.1.	Diseño estructural de Zapatas.....	109
3.5.6.5.	Estructuras complementarias.....	113
3.5.6.5.1.	Diseño estructural de escalera .....	113
3.6.	Desarrollo de la Estrategia para la ejecución del proyecto .....	121
3.6.1.	Especificaciones Técnicas.....	121
3.6.2.	Cómputos Métricos.....	121
3.6.3.	Precios Unitarios.....	121
3.6.4.	Presupuesto General .....	121
3.6.5.	Cronograma de Ejecución .....	121
4.	CAPÍTULO IV APORTE ACADÉMICO .....	122
4.1.	Marco conceptual del aporte .....	122
4.1.1.	Muros .....	122
4.1.2.	Designaciones de Muro de contención .....	122
4.1.3.	Tipología de muros de contención.....	123
4.1.3.1.	Muros de gravedad .....	123
4.1.3.2.	Muros ménsula .....	123
4.1.3.3.	Muros de contrafuertes .....	124
4.1.4.	Empujes.....	124
4.1.4.1.	Empuje activo.....	124
4.1.4.2.	Empuje pasivo .....	125
4.1.4.3.	Empuje de reposo de la tierra.....	126
4.1.5.	Formas de agotamiento en los muros .....	126
4.1.5.1.	Deslizamiento.....	126
4.1.5.2.	Vuelco .....	127

4.1.5.3.	Rotura del alzado .....	127
4.1.5.4.	Roturas de la puntura y del talón .....	128
4.1.5.5.	Hundimiento .....	128
4.1.6.	Seguridad del muro de contención .....	129
4.1.6.1.	Seguridad a vuelco .....	129
4.1.6.2.	Seguridad a deslizamiento .....	129
4.1.6.3.	Disposiciones relativas de las armaduras .....	129
4.1.6.3.1.	Armadura vertical .....	129
4.1.6.3.2.	Armadura horizontal .....	130
4.2.	Alcance del Aporte Académico .....	130
4.3.	Aporte Académico .....	130
4.3.1.	Diseño de Muro en Ménsula de hormigón armado .....	130
4.3.2.	Desarrollo del cálculo .....	131
4.3.3.	Zapatas Corridas .....	140
CONCLUSIONES: .....		144
RECOMENDACIONES .....		146
BIBLIOGRAFÍA .....		148
ANEXOS		
PLANOS		

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Crecimiento poblacional del Departamento de Tarija .....	2
Tabla 2. 1 Tamaños de Tamices U.S.Standar .....	10
Tabla 2. 2 Diámetros y áreas de aceros .....	15
Tabla 2. 3 Barras corrugadas- Características mecánicas mínimas garantizadas .....	16
Tabla 2. 4 Barras corrugadas- Diámetro de los mandriles .....	19
Tabla 2. 5 Peso de Fábricas y Macizos .....	22
Tabla 2. 6 Sobrecargas de uso .....	22
Tabla 2. 7 Combinaciones de Carga según método LRFD .....	25
Tabla 2. 8 Factores de Resistencia Característica .....	26
Tabla 2. 9 Estados Límites Últimos- Coeficientes de minoración de la resistencia de los materiales.....	30
Tabla 2. 10 Estados Límites Últimos- Coeficientes de ponderación de las acciones .....	31
Tabla 2. 11 Tabla Universal para flexión simple o compuesta .....	35
Tabla 2. 12 Tabla Valores Límites del acero .....	36
Tabla 2. 13 Cuantías geométricas mínimas .....	37
Tabla 2. 14 Espaciamiento y altura de Viguetas Pretensadas .....	48
Tabla 3. 1 Resultados del estudio de Suelos .....	57
Tabla 3. 2 Altura de pisos de la edificación .....	59
Tabla 3. 3 Coeficientes de Barlovento y Sotavento .....	62
Tabla 3. 4 Envolventes de esfuerzos de cubierta metálica .....	64
Tabla 3. 5 Elementos sometidos a tracción .....	67
Tabla 3. 6 Elementos sometidos a compresión.....	71
Tabla 3. 7 Elementos sometidos a flexo compresión.....	73
Tabla 3. 8 Longitud mínima de anclaje.....	76
Tabla 3. 9 Dotación de agua en Edificios Multifamiliares .....	84
Tabla 3. 10 Sobrecargas de Uso .....	85
Tabla 3. 11 Velocidades del viento en los departamentos .....	85

Tabla 4. 1 Esfuerzos en Muros .....	131
Tabla 4. 2 Envolvente del tramo en análisis de muro para Armadura Vertical.....	135
Tabla 4. 3 Envolvente del tramo en análisis para Armadura horizontal .....	138

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Mapa de Ubicación del departamento de Tarija .....	6
Figura 1. 2 Ubicación del Edificio Multifamiliar .....	7
Figura 2. 1 Granulometría de un suelo de grano grueso obtenida por un análisis granulométrico por mallas.....	10
Figura 2. 2 Propiedades geotécnicas del suelo y del suelo reforzado.....	11
Figura 2. 3 Diagrama Esfuerzo – Deformación del acero.....	16
Figura 2. 4 Cercha tipo Howe.....	24
Figura 2. 5 Dominios de Deformación.....	33
Figura 2. 6 Pórticos Traslacionales	
Figura 2. 7 Pórticos Intraslacionales.....	42
Figura 2. 8 Componentes de una losa alivianada con viguetas pretensadas.....	47
Figura 2. 9 Muros paralelos a la vigueta.....	49
Figura 2. 10 Muros transversales a las viguetas.....	49
Figura 2. 11 Partes de una escalera.....	53
Figura 3. 1 Estructura Vista en 3D .....	59
Figura 3. 2 Cercha tipo Howe.....	60
Figura 3. 3 Estructura metálica en 3D.....	61
Figura 3. 4 Disposición de Nudos en Cercha .....	63
Figura 3. 5 Partes constructivas de una escalera .....	83
Figura 3. 6 Acción del viento en el programa Cypecad .....	86
Figura 3. 7 Losa alivianada con viguetas pretensadas .....	87
Figura 3. 8 Vigueta pretensada .....	88
Figura 3. 9 Especificaciones técnicas de Viguetas pretensadas .....	88

Figura 3. 10 Características geométricas del complemento de plastroformo .....	89
Figura 3. 11 Espesor de la carpeta de compresión.....	90
Figura 3. 12 Envolvente de Diseño de la viga en Análisis.....	91
Figura 3. 13 Esfuerzos de corte en la viga de Análisis .....	101
Figura 3. 14 Vigas que concurren a la columna de análisis .....	104
Figura 3. 15 Geometría de los elementos que concurren a la columna en análisis .....	105
Figura 3. 16 Ábaco en roseta para flexión esviada. ....	107
Figura 3. 17 Vista en planta de la escalera .....	113
Figura 3. 18 Idealización de la escalera para determinar el momento máximo positivo ...	115
Figura 3. 19 Losa plana con apoyo simple .....	115
Figura 3. 20 Consideraciones de las cargas para el cálculo de la armadura negativa .....	118
Figura 3. 21 Losa plana con apoyo empotrado.....	118
Figura 4. 1 Designaciones empleadas en muros.....	122
Figura 4. 2 Muros de Gravedad.....	123
Figura 4. 3 Muro ménsula.....	124
Figura 4. 4 Muros de Contrafuerte.....	124
Figura 4. 5 Empuje activo.....	125
Figura 4. 6 Empuje pasivo.....	125
Figura 4. 7 Deslizamiento debido al empuje activo.....	126
Figura 4. 8 Vuelco del muro de contención.....	127
Figura 4. 9 Deformación excesiva del alzado.....	128
Figura 4. 10 Rotura de puntera y talón.....	128
Figura 4. 11 Hundimiento del Muro.....	129
Figura 4. 12 Empuje sobre el Muro sin Sobrecarga.....	134
Figura 4. 13 Empuje sobre el Muro con Sobrecarga.....	135
Figura 4. 14 Envolvente del Empuje del Terreno.....	136



## **ANEXOS**

ANEXO A – 1 Levantamiento Topográfico

ANEXO A – 2 Estudio de Suelos

ANEXO A – 3 Vistas de la estructura

ANEXO A – 4 Memoria de cálculo

A – 4 – 1 Fundaciones

A – 4 – 2 Zapatas corridas

A – 4 – 3 Muros

A – 4 – 4 Columnas

A – 4 – 5 Vigas

A – 4 – 6 Losa Aliviada de Viguetas pretensadas

A – 4 – 7 Escaleras

A – 4 – 8 Cercha Metálica

ANEXO A – 5 Especificaciones Técnicas

ANEXO A – 6 Presupuesto de Obra

A – 6 – 1 Cómputos Métricos

A – 6 – 2 Precios Unitarios

A – 6 – 3 Presupuesto General de la Estructura

ANEXO A – 7 Cronograma de Obra