

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS  
MATERIALES**



**“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL NUEVO EDIFICIO DE LA UNIDAD DE  
VIAS Y OBRAS CIVILES DEL MUNICIPIO DE BERMEJO”  
(CIUDAD DE BERMEJO)**

**Por:**

**FRANZ TORIBIO GUARACHI CATARI.**

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

**Gestión Académica I/Semestre 2021**

**TARIJA-BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS  
MATERIALES**

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL NUEVO EDIFICIO DE LA UNIDAD DE  
VIAS Y OBRAS CIVILES DEL MUNICIPIO DE BERMEJO”  
(CIUDAD DE BERMEJO)**

**Por:**

**FRANZ TORIBIO GUARACHI CATARI.**

**ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV 502  
PROYECTO DE INGENIERIA CIVIL II**

**Gestión Académica I/Semestre 2021**

**TARIJA-BOLIVIA**

V°B°

.....  
**Ing. Miranda Encinas Liliana Carola**

**DOCENTE DE LA MATERIA CIV 502**

.....  
**M.Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gózalvez**  
**DECANO DE LA FACULTAD DE**  
**CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

.....  
**M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa**  
**VICEDECANA DE LA FACULTAD**  
**DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

.....  
**Ing. Paul Dennis Carrasco Arnold**

.....  
**M.Sc. Ing. Fernando Ernesto Mur Lagraba**

.....  
**Ing. Juan Pablo Ayala Yañez**

El docente y tribunal evaluador del presente proyecto, no se solidarizan con los términos, la forma, los modos y las expresiones empleados en la elaboración del presente trabajo, siendo los mismos únicamente responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado sin lugar a dudas a mis padres, Toribio Guarachi Espinoza y Olga Catari Gutierrez, a mis hermanos Betty Guarachi Catari, Diego Toribio Guarachi Catari, Ana María Guarachi Catari y Eiber Ivar Guarachi Silva. Por haberme apoyado en los momentos más difíciles e importantes de mi vida y tener la confianza en mí persona.

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS, por permitirme cumplir el sueño de mi vida.

A mis padres, Toribio Guarachi Espinoza y Olga Catari Gutierrez, por el enorme sacrificio que hicieron para hacer de mí, una persona de bien y poder ayudarme a cumplir mi sueño.

A mis hermanos, Betty Guarachi Catari, Diego Toribio Guarachi Catari, Ana María Guarachi Catari y Eiber Ivar Guarachi Silva, por sus consejos, los momentos compartidos, las experiencias vividas y el cariño que nos une.

# INDICE

Pág.

## ETICA DE AUTORIA

## DEDICATORIA

## AGRADECIMIENTOS

## RESUMEN

### 1. ANTECEDENTES.

1.1. El problema.....	1
1.1.1 Planteamiento.....	1
1.1.2 Formulación.....	1
1.1.3 Sistematización.....	2
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. General.....	3
1.2.2. Específicos.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.3.1. Académica.....	3
1.3.2. Técnica.....	4
1.3.3. Social.....	4
1.3.4. Metodológica.....	4
1.4. Alcance del proyecto.....	4
1.4.1. Resultados a lograr.....	4
1.4.2. Restricciones.....	5
1.4.3. Aporte académico del estudiante.....	5
1.5. Localización del proyecto.....	5

### 2. MARCO TEORICO

2.1. Levantamiento topográfico.....	6
2.2. Estudio de suelos.....	6
2.2.1. Ensayo de penetración estándar S.P.T.....	6
2.2.1.1. Presión admisible.....	7

2.2.2 Granulometria.....	11
2.2.2.1 Clasificación de suelos basados en criterios granulométricos.....	11
2.2.3. Clasificación de suelos.....	12
2.3. Diseño arquitectónico.....	13
2.4. Normas de diseño.....	13
2.5. Materiales.....	14
2.5.1. Hormigones.....	14
2.5.1.1. Componentes del Hormigón.....	15
2.5.1.1.1. Cemento.....	15
2.5.1.1.2. Áridos.....	16
2.5.1.1.3. Agua.....	17
2.5.1.2. Resistencia característica del hormigón.....	18
2.5.1.3. Resistencia a tracción del hormigón.....	19
2.5.1.4. Resistencia de cálculo.....	20
2.5.1.5. Diagrama de cálculo tensión – deformación.....	21
2.5.1.6. Coeficiente de dilatación térmica.....	22
2.5.2. Aceros.....	22
2.5.2.1. Barras corrugadas.....	23
2.5.2.2. Resistencia de característica del acero.....	25
2.5.2.3. Resistencia de cálculo del acero.....	25
2.5.2.4. Diagrama de cálculo tensión – deformación.....	25
2.5.2.5. Módulo de deformación longitudinal.....	26
2.5.2.6. Coeficiente de dilatación térmica.....	26
2.5.3. Aceros estructurales.....	27
2.5.3.1 Ventajas del acero como material estructural.....	28
2.5.3.2. Desventajas del acero como material estructural.....	29
2.5.3.3. Perfiles de acero.....	29
2.6. Idealización de las estructuras.....	30
2.6.1. Sustentación de cubierta.....	30
2.6.2. Sustentación de la edificación.....	32



2.6.3. Estructuras complementarias (cerramientos horizontales) .....	33
2.6.4. Fundaciones.....	34
2.7. Diseño estructural.....	35
2.7.1. Cálculo de estructuras en general.....	35
2.7.2. Cálculo de estructuras de hormigón armado.....	36
2.7.3. Bases de cálculo.....	37
2.7.3.1. Coeficientes de seguridad.....	37
2.7.3.2. Estados límites últimos.....	37
2.7.3.3. Estados límites de servicio.....	38
2.7.3.4. Hipótesis de carga más desfavorable.....	38
2.7.3.5. Comprobaciones que deben realizarse.....	39
2.7.3.6. Cálculo en estados límites.....	39
2.7.3.6.1 Dominios de deformación.....	39
2.7.4. Acciones.....	40
2.7.4.1. Valores característicos de las acciones.....	41
2.7.4.2. Datos generales para el cálculo de las solicitaciones.....	42
2.7.5. Estructura de sustentación de cubierta.....	42
2.7.5.1. Diseño de miembros sometidos a tracción.....	42
2.7.5.2. Diseño de miembros sometidos a compresión.....	42
2.7.5.3. Uniones mediante soldadura.....	43
2.7.6. Estructura de sustentación de la edificación.....	45
2.7.6.1. Vigas.....	45
2.7.6.2. Columnas.....	50
2.7.7. Estructuras complementarias (losas alivianadas) .....	56
2.7.8. Fundaciones.....	58
2.7.8.1. Zapatas aisladas.....	58
2.8. Estrategia para la ejecución del proyecto.....	61
2.8.1. Especificaciones técnicas.....	61
2.8.2. Precios unitarios.....	61
2.8.3. Cómputos métricos.....	64

2.8.4. Presupuesto.....	64
2.8.5. Planteamiento y cronograma de obra.....	65
<b>3. INGENIERIA DEL PROYECTO</b>	
3.1. Análisis del levantamiento topográfico.....	66
3.2. Análisis del estudio de suelos.....	69
3.3. Análisis del diseño arquitectónico.....	70
3.4. Planteamiento estructural.....	70
3.4.1. Estructura de sustentación de cubierta.....	70
3.4.2. Estructura de sustentación de la edificación.....	70
3.4.3. Estructuras complementarias.....	70
3.4.4. Fundaciones.....	70
3.5. Análisis de cargas.....	71
3.5.1. Peso propio.....	71
3.5.1.1. Sobre pisos y acabados .....	71
3.5.1.2. Peso de la baldosa cerámica.....	71
3.5.1.3. Peso del cielo raso de yeso .....	72
3.5.1.4. Peso de la carpeta de nivelación .....	72
3.5.1.5. Carga muerta correspondiente al forjado de viguetas .....	72
3.5.1.6. Muro de ladrillo interior ( e= 12cm) .....	73
3.5.1.7. Muro de ladrillo interior ( e= 18cm) .....	74
3.5.2. Sobre cargas de uso ... ..	75
3.5.3. Cargas de la cubierta .....	76
3.5.3.1. Cargas permanentes ... ..	76
3.5.3.2. Carga viva. ....	76
3.5.3.3. Carga de granizo .....	76
3.5.3.4. Carga de viento. ....	76
3.5.3.4.1. Según NB-1225002 .....	76
3.6. Análisis, calculo y diseño estructural .....	80
3.6.1. Estructura de sustentación de cubierta .....	80
3.6.2. Determinación de los esfuerzos internos de la cercha metálica .....	83

3.6.2.1. Verificación del elemento solicitado a tracción, cercha tipo 1.....	84
3.6.2.2. Verificación del elemento solicitado a compresión, cercha tipo 1....	86
3.6.2.3. Verificación de correas en flexión asimétrica o esviada.....	89
3.6.2.4. Diseño de uniones .....	90
3.6.3. Estructura de sustentación de la edificación.....	92
3.6.3.1. Calculo de la viga de hormigón armado .....	94
3.6.3.2. Calculo de la columna de hormigón armado.....	104
3.6.3.3. Fundaciones.....	111
3.6.3.4. Diseño de la losa alivianada.....	120
3.7. Desarrollo de la estrategia para la ejecución del proyecto.....	134
3.7.1. Especificaciones técnicas.....	134
3.7.2. Precios unitarios.....	134
3.7.3. Cómputos métricos.....	134
3.7.4. Presupuesto.....	135
3.7.5. Plan y cronograma de obras.....	135
<b>4. APORTE ACADEMICO</b>	
4.1. Marco teórico del aporte .....	136
4.1.1. Sistema de viguetas metálicas prefabricadas.....	136
4.1.2. Usos y ventajas .....	138
4.1.2.1.Principales ventajas .....	138
4.2. Componentes del sistema de viguetas metálicas prefabricadas.....	142
4.2.1. Vigueta de acero galvanizada .....	142
4.2.2. Casetón de poliestireno expandido-EPS.....	143
4.2.3. Acero negativo.....	145
4.2.4. Vigueta de costura o de amarre .....	145
4.3. Diseño del sistema de viguetas metálicas.....	146
4.3.1. Deflexiones admisibles en el sistema no compuesto.....	146
4.3.2. Diseño por flexión en el sistema no compuesto método de esfuerzos Admisibles.....	147
4.3.3. Diseño por flexión método de los esfuerzos admisibles como sección	

Compuesta.....	147
4.3.3.1. Sección transformada .....	147
4.3.3.2. Sección transformada agrietada .....	149
4.3.4. Diseño por flexión método de la resistencia ultima .....	149
4.4. Diseño del sistema de viguetas metálicas Vigamax.....	150
4.4.1. Deflexiones admisibles en el sistema no compuesto.....	151
4.4.1.1. Deflexión admisible.....	151
4.4.1.2. Deflexión calculada en la vigueta.....	151
4.4.2. Diseño por flexión en el sistema no compuesto método de esfuerzos admisibles.....	152
4.4.2.1. Esfuerzos admisibles en la vigueta metálica.....	153
4.4.2.2. Esfuerzos en la vigueta metálica.....	153
4.4.3. Deflexiones admisibles en el sistema compuesto.....	154
4.4.3.1. Deflexión máxima admisible.....	154
4.4.3.2. Deflexiones inmediatas.....	155
4.4.3.3. Deflexiones diferidas.....	155
4.4.4. Precios unitarios.....	156
4.4.5. Comparación técnica-económica.....	158
<b>CONCLUSIONES</b> .....	159
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	161
<b>ANEXOS.</b>	
A – 1. Estudio de suelos.	
A – 2. Cómputos métricos.	
A – 3. Precios unitarios.	
A – 4. Presupuesto general.	
A – 5. Duración de actividades.	
A – 6. Cronograma de ejecución de obra.	
A – 7. Especificaciones técnicas.	
A – 8. Ficha técnica del perfil estructural VMU-02 (Vigamax)	
A – 9. Planos Arquitectónicos.	

A – 10. Planos Estructurales.

**INDICE DE FIGURAS.**

Figura N°1.1 Esquemas de planteo estructural.....	2
Figura N°2.1 Relación de resistencia para diferentes tipos de suelo.....	9
Figura N°2.2 Relación de resistencia para las arenas.....	10
Figura N°2.3 Clasificación unificada de suelos.....	12
Figura N°2.4 Carta de plasticidad clasificación S.U.C.S.....	13
Figura N°2.5 Diagrama esfuerzo deformación del hormigón.....	14
Figura N°2.6 Diagrama de cálculo, tensión – deformación.....	21
Figura N°2.7 Diagrama tensión deformación del acero.....	23
Figura N°2.8 Diagrama tensión – deformación de cálculo del acero.....	26
Figura N°2.9 Diagrama tensión – deformación típica de un acero grado 50.....	28
Figura N°2.10 Perfiles más comunes.....	29
Figura N°2.11 Modelación de la estructura de sustentación.....	30
Figura N°2.12 Idealización de una cercha.....	32
Figura N°2.13 Idealización de la estructura porticada.....	33
Figura N°2.14 Esquema de la losa alivianada.....	34
Figura N°2.15 Esquema de idealización de las zapatas.....	35
Figura N°2.16 Proceso de cálculo de una estructura.....	36
Figura N°2.17 Métodos de cálculo del hormigón armado.....	36
Figura N°2.18 Dominios de deformación de las secciones en el estado límite último de agotamiento.....	40
Figura N°2.19 Diagrama de Euler.....	43
Figura N°2.20 Monograma para coeficientes de pandeo.....	51
Figura N°2.21 Abaco en roseta para flexión esviada.....	55
Figura N°2.22 Planilla de precios unitarios.....	63
Figura N°2.23 Planilla de cómputos metricos.....	64
Figura N°3.1 Levantamiento topográfico del lugar.....	66
Figura N°3.2 Inicio del perfil del terreno en el eje x, cota 399 m.....	67
Figura N°3.3 Fin del perfil del terreno en el eje x, cota 400 m.....	67

Figura N°3.4 Inicio del perfil del terreno en el eje y, cota 400 m.....	68
Figura N°3.5 Fin del perfil del terreno en el eje y, cota 400 m.....	68
Figura N°3.6 Puntos de ensayo del S.P.T.....	69
Figura N°3.7 Vista de la cubierta.....	80
Figura N°3.8 Disposición de las cerchas sobre la estructura.....	81
Figura N°3.9 Vista transversal de la cercha.....	82
Figura N°3.10 Tipos de cercha y área máxima.....	82
Figura N°3.11 Perfil costanera 80x40x15x2.....	84
Figura N°3.12 Perfil costanera 80x40x15x2.....	86
Figura N°3.13 Tipos de columnas.....	87
Figura N°3.14 Perfil costanera 100x50x15x2.....	89
Figura N° 3.15 Recubrimiento nominal para columnas y vigas.....	93
Figura N°3.16 Recubrimiento nominal para losas.....	93
Figura N°3.17 Viga seleccionada para el análisis.....	94
Figura N°3.18 Envolventes de momentos flectores.....	95
Figura N°3.19 Envolventes de momentos cortantes.....	95
Figura N°3.20 Armado de la viga.....	103
Figura N°3.21 Columna seleccionada para el análisis.....	104
Figura N°3.22 Vigas y columnas concurrentes.....	105
Figura N°3.23 Monograma para el cálculo del coeficiente de pandeo para pórticos traslacionales.....	107
Figura N°3.24 Armado de la columna.....	110
Figura N°3.25 Zapata seleccionada para el análisis.....	111
Figura N°3.26 Esquema de cálculo de la zapata aislada.....	112
Figura N°3.27 Momento en el lado A.....	115
Figura N°3.28 Momento en el lado B.....	117
Figura N°3.29 Armado de la zapata.....	119
Figura N°3.30 Losa alivianada seleccionada para el análisis.....	120
Figura N°3.31 Características geométrico del plastoform.....	121
Figura N° 3.32 Características geométricas de la carpeta de hormigón in situ.....	123

Figura N°3.33 Esfuerzos elásticos en una viga preesforzada sin agrietar.....	125
Figura N°3.34 Punto de aplicación de la fuerza de pretensado(Fp) con respecto al centro de gravedad.....	128
Figura N°3.35 Características geométricas de la vigueta pretensada.....	129
Figura N°3.36 Características geométricas de la sección homogeneizada.....	130
Figura N°4.1 Isométrico de la losa aligerada con perfiles metálicos Vigamax.....	136
Figura N°4.2 Instalado de la losa aligerada.....	137
Figura N°4.3 Conexión vigueta con viga de concreto.....	137
Figura N°4.4 Conexión vigueta con viga de concreto.....	138
Figura N°4.5 Vigueta de acero galvanizado Vigamax.....	142
Figura N°4.6 Propiedades mecánicas de la vigueta.....	143
Figura N°4.7 Propiedades del casetón de poliestireno.....	143
Figura N°4.8 Tipos de casetones.....	144
Figura N°4.9 Sección transversal de una viga de 20cm.....	145
Figura N°4.10 Vista inferior de la vigueta de costura.....	146
Figura N°4.11 Vigueta de costura sección transversal.....	146
Figura N°4.12 Sección fisurada transformada agrietada.....	147
Figura N°4.13 Sección fisurada transformada no agrietada.....	149
Figura N°4.14 Propiedades de la vigueta.....	150
Figura N°4.15 Peso de los componentes de la losa.....	151
Figura N°4.16 Vigueta en el sistema Vigamax.....	154

### **INDICE DE CUADROS.**

Cuadro N° 2.1 Relación de resistencia para las arcillas.....	8
Cuadro N° 2.2 Relación de resistencia para las arenas.....	8
Cuadro N° 2.3 Descripción aproximada de partículas.....	11
Cuadro N° 2.4 Clasificación de áridos según granulometría.....	16
Cuadro N° 2.5 Coeficientes de conversión de la resistencia a la compresión a diferentes edades.....	18
Cuadro N° 2.6 Coeficientes de conversión de la resistencia a la tracción a diferentes edades.....	20

Cuadro N° 2.7 Diámetros y áreas de los aceros.....	22
Cuadro N° 2.8 Características mecánicas mínimas de barras corrugadas.....	24
Cuadro N° 2.9 Propiedades de los aceros más usados en construcciones civiles.....	27
Cuadro N° 2.10 longitudes efectivas en columnas.....	43
Cuadro N° 2.11 Resistencia de diseño de soldaduras.....	44
Cuadro N° 2.12 Compatibilidad de electrodos.....	44
Cuadro N° 2.13 Tabla universal para flexión simple o compuesta.....	48
Cuadro N° 2.14 Cuantías geométricas mínimas.....	49
Cuadro N° 2.15 Valores límites.....	49
Cuadro N° 2.16 Valores de la excentricidad ficticia por pandeo.....	53
Cuadro N° 2.17 Capacidad mecánica para armaduras traccionadas acero B500S....	53
Cuadro N° 2.18 Capacidad mecánica para armaduras comprimidas acero B500S....	54
Cuadro N° 3.1 Carga de muros.....	74
Cuadro N° 3.2 Carga de muros.....	75
Cuadro N°3.3 Sobrecargas de uso para edificios administrativos y oficinas.....	75
Cuadro N° 3.4 Fuerzas axiales de la cercha.....	83
Cuadro N°3.5 Características del perfil costanera 80x40x15x2.....	84
Cuadro N°3.6 longitud de pandeo.....	85
Cuadro N°3.7 Características del perfil costanera 80x40x15x2.....	86
Cuadro N°3.8 Características del perfil costanera 100x50x15x2.....	89
Cuadro N°3.9 Diámetro y área del acero estructural.....	94
Cuadro N°3.10 Diámetro y área del acero estructural.....	97
Cuadro N°3.11 Diámetro y área del acero estructural.....	99
Cuadro N°3.12 Diámetro y área del acero estructural.....	101
Cuadro N°3.13 Propiedades geométricas de vigas y columnas.....	106
Cuadro N°3.14 Diámetro y área del acero estructural.....	116
Cuadro N°3.15 Diámetro y área del acero estructural.....	118
Cuadro N°4.1 Comparación de resistencia de otro sistema viguetas prefabricadas..	139
Cuadro N°4.2 Ventajas y técnicas funcionales sobre otros sistemas.....	140
Cuadro N°4.3 Ventajas económicas sobre otros sistemas.....	141