

**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 NUEVA UNIDAD  
EDUCATIVA POTRERILLOS”**

**(PROVINCIA O’CONNOR - DEPARTAMENTO DE TARIJA)**

Por:

**ARROYO RUEDA LAURA MARIYET**

Semestre I - 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 DE LA NUEVA UNIDAD**  
**EDUCATIVA POTRERILLOS”**  
**(PROVINCIA O’CONNOR - DEPARTAMENTO DE TARIJA)**

**Por:**

**ARROYO RUEDA LAURA MARIYET**

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

Semestre I - 2021

**TARIJA – BOLIVIA**

-----  
M.Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozávez

**DECANO FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

-----  
M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANA FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**TRIBUNAL:**

-----  
M. Sc. Ing. David Alfredo Zenteno Benítez

-----  
Ing. Carola Sánchez López

-----  
Ing. Armando Almendras Saravia

El docente y tribunal evaluador del Proyecto de Ingeniería Civil 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 de la autora.

**DEDICATORIA:**

Dedico el presente trabajo, con todo mi amor y afecto, a las personas que más han influenciado de manera positiva en mi vida.

Ellos son mis padres Ruddy Arroyo y Esperanza Rueda.

A mis hermanos Weimar, Heizon y Yalitza, por sus constantes consejos y ayuda.

### **AGRADECIMIENTOS:**

Agradecer a Dios porque él es quien ha guiado mis pasos y me ha permitido llegar a culminar esta etapa tan importante en mi vida.

A mis padres, hermanos y familia que han sido un apoyo incondicional en cada momento.

A todos los docentes que me han impartido sus conocimientos con la mejor predisposición, ya que, gracias a ellos logré este objetivo.

## ÍNDICE

Página

RESUMEN

<b>1. CAPÍTULO I ANTECEDENTES</b> .....	1
1.1 El problema .....	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.1.2 Formulación .....	2
1.1.3 Sistematización .....	2
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Objetivo General .....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Justificación.....	3
1.3.1 Académico .....	3
1.3.2 Técnica .....	3
1.3.3 Social.....	3
1.4 Alcance del proyecto.....	4
1.4.1 Aporte académico.....	4
1.4 Localización del proyecto .....	4
<b>2. CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b> .....	7
2.1 Levantamiento topográfico .....	7
2.1.1 Curvas de nivel .....	7
2.2 Estudio de suelos.....	8
2.2.1 Granulometría .....	8
2.2.2 Límites de Atterberg .....	10

2.2.2.1 Límites Líquido (LL) .....	11
2.2.2.2 Límites Plástico (LP) .....	11
2.2.2.3 Índice de Plasticidad (IP) .....	12
2.2.3 Clasificación de suelos .....	12
2.2.3.1 Sistema de Clasificación unificado S.U.C.S .....	13
2.2.4 Ensayo de penetración estandar SPT .....	16
2.2.4.1 Trabajo de campo.....	16
2.2.4.2 Trabajo de laboratorio.....	16
2.3 Diseño arquitectónico.....	18
2.4 Idealización estructural .....	18
2.4.1 Sustentación de la cubierta.....	18
2.4.2 Sustentación de la edificación.....	18
2.4.3 Fundaciones .....	19
2.5 Diseño estructural.....	20
2.5.1 Generalidades.....	20
2.5.2 Materiales.....	20
2.5.2.1 Hormigón .....	20
2.5.2.2 Aceros .....	24
2.5.3 Método de cálculo de estructuras de H° A° .....	28
2.5.3.1 Método de los estados límites últimos .....	28
2.5.3.2 Coeficientes de minoración de resistencia y mayoración de cargas .....	30
2.5.3.3 Hipótesis de cargas.....	31
2.5.3.4 Dominios de deformación.....	33
2.5.4 Armaduras .....	35



2.5.4.1 Anclajes.....	35
2.5.4.2 Emaplmes.....	37
2.5.4.3 Adherencia.....	37
2.5.4.4 Distancia entre barras.....	37
2.5.4.5 Dintancia a los paramentos.....	37
2.5.4.6 Doblado de las armaduras.....	38
2.5.5 Estructura de sustentación cubierta.....	39
2.5.5.1 Losa alivianada con vigueta.....	39
2.5.6 Pórticos.....	43
2.5.6.1 Estructura de sustentación vigas.....	43
2.5.6.2 Estructura de sustentación columnas.....	47
2.5.7 Estructura complementaria.....	60
2.5.7.1 Escaleras.....	60
2.5.8 Fundaciones.....	62
2.6 Estrategias para la ejecución del proyecto.....	71
2.6.1 Especificaciones técnicas.....	71
2.6.2 Precios unitarios.....	71
2.6.3 Cómputos métricos.....	72
2.6.4 Presupuesto.....	72
2.6.5 Cronograma de ejecución.....	72
<b>CAPÍTULO III INGENIERÍA DEL PROYECTO.....</b>	<b>74</b>
3.1 Análisis del levantamiento topográfico.....	74
3.1.1 Consideraciones topográficas del lugar de proyecto.....	74
3.2 Análisis del estudio de suelos.....	75

3.3 Análisis del diseño arquitectónico .....	76
3.4 Planteamiento estructural .....	77
3.4.1 Estructura de sustentación.....	77
3.5 Análisis, calculo y diseño estructural.....	79
3.5.1 Normativa de diseño .....	79
3.5.2 Materiales.....	79
3.5.3 Pre dimensionamiento de elementos estructurales.....	79
3.5.3.1 Columnas .....	79
3.5.3.2 Vigas .....	79
3.5.3.3 Losa alivianada .....	80
3.5.4 Análisis de acciones sobre la estructura.....	80
3.5.4.1 Análisis de cargas permanentes.....	80
3.5.4.2 Sobre carga de uso .....	90
3.5.4.3 Velocidad de viento .....	91
3.5.4.4 Tanque de agua .....	92
3.5.5 Diseño de Juntas de Dilatación .....	94
3.5.6 Análisis de los miembros más solicitados.....	95
3.5.6.1 Diseño de losa .....	95
3.5.6.2 Diseño estructural de viga .....	104
3.5.6.3 Diseño estructural de columna P10.....	119
3.5.6.4 Diseño estructural de zapata P10 .....	128
3.5.7 Diseño estructural de escalera.....	144
3.5.8 Diseño estructural de rampa.....	154
3.5.9 Estrategias para la ejecución del proyecto .....	161

3.5.9.1 Especificaciones técnicas .....	161
3.5.9.2 Cómputos métricos .....	161
3.5.9.3 Precios unitarios .....	161
3.5.8.4 Presupuesto general.....	161
3.5.8.5 Cronograma de ejecución.....	162
<b>CAPÍTULO IV APORTE ACADÉMICO .....</b>	<b>163</b>
4.1 Marco teórico .....	163
4.1.2 Elemento del sistema vigueta - bovedilla.....	163
4.1.2.1 Vigueta pretensada .....	164
4.1.2.2 Bovedilla .....	165
4.1.2.2.1 Bovedilla de plastoform .....	166
4.1.2.2.2 Bovedilla de cerámica .....	169
4.1.2.3 Carpeta de Compresión.....	171
4.1.2.4 Colocación de Bovedillas en los forjados .....	171
4.1.3 Aislamiento térmico .....	173
4.1.4 Aislamiento acústico .....	173
4.1.5 Impermeabilización .....	174
4.2 Alcance del Aporte Académico.....	175
4.2.1 Peso propio del sistema .....	178
4.2.2 Losa de vigueta con complemento Plastoform .....	179
4.2.3 Losa de Vigueta con complemento Cerámico .....	185
4.2.4 Comparación del elemento Viga más solicitada .....	192
4.2.5 Comparación del elemento Columna más solicitada .....	194
4.2.6 Cuantías de Acero y Hormigón de toda la estructura .....	195

4.2.7 Comparación Económica .....	199
4.2.8 Tiempo de ejecución de la obra.....	199
4.2.9 Comparación técnica en losa de vigueta con complemento plastaform y cerámico.....	200
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>202</b>
5. Conclusiones y recomendaciones.....	202
5.1 Conclusiones .....	202
5.2 Recomendaciones.....	203

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa del departamento de tarija.....	5
Figura 1.2 Mapa de la provincia O´ Connor .....	5
Figura 1.3 Ubicación general del proyecto .....	6
Figura 2.1 Representación de curvas de nivel.....	8
Figura 2.2 Curva granulométrica .....	10
Figura 2.3 Limite de atterberg.....	10
Figura 2.4 Ensayo de casa grande .....	11
Figura 2.5 Prueba de límite plástico.....	11
Figura 2.6 Carta de plasticidad .....	14
Figura 2.7 Idealización de la fundación .....	19
Figura 2.8 Diagrama parábola – rectángulo.....	22
Figura 2.9 Diagrama rectángulo – equivalente .....	23
Figura 2.10 Diagrama tensión – deformación del acero .....	26
Figura 2.11 Diagrama del cálculo tensión - deformación .....	27

Figura 2.12 Diagrama de los dominios de deformación .....	33
Figura 2.13 Formas de anclajes.....	35
Figura 2.14 Longitud de anclajes en centímetros.....	36
Figura 2.15 Bovedilla de poliestireno .....	40
Figura 2.16 Forjado unidireccional de viguetas pretensadas .....	41
Figura 2.17 Detalles de forjados .....	41
Figura 2.18 Valores de coeficiente k para columnas aisladas.....	52
Figura 2.19 Monograma para determinar la longitud de pandeo .....	53
Figura 2.20 Abaco en roseta para flexión esviada .....	58
Figura 2.21 Partes constituidas de una escalera .....	62
Figura 2.22 Distribución de zapatas en suelos cohesivos y poco cohesivos.....	64
Figura 2.23 Solicitaciones presentes en una zapata aislada .....	64
Figura 2.24 Momento de diseño.....	69
Figura 3.1 Levantamiento topográfico.....	74
Figura 3.2 Ubicación de pozos de estudio .....	75
Figura 3.3 Vista en perspectiva del edificio.....	77
Figura 3.4 Ilustración del esquema estructural vista lateral.....	78
Figura 3.5 Ilustración del esquema estructural vista trasera .....	78
Figura 3.6 Vista en planta azotea .....	83
Figura 3.7 Especificaciones técnicas ladrillo de 6 huecos .....	84
Figura 3.8 Características técnicas del muro exterior de ladrillo.....	85
Figura 3.9 Peso del revoque de muro.....	86
Figura 3.10 Características técnicas del muro interior de ladrillo .....	87
Figura 3.11 Barandado metálico .....	89

Figura 3.12 Capacidades de tanque de almacenamiento de agua .....	93
Figura 3.13 Losa de apoyo para el tanque de almacenamiento de agua .....	93
Figura 3.14 Detalle de Armadas .....	94
Figura 3.15 Losa de Viguetas en análisis.....	95
Figura 3.16 Vigüeta pretensada CONCRETEC.....	96
Figura 3.17 Características geométricas del plastoform .....	97
Figura 3.18 Sección de la vigüeta en $t = 0$ .....	98
Figura 3.19 Sección de la vigüeta en $t = \infty$ .....	100
Figura 3.20 Sección Homogeneizada de la vigüeta en $t = \infty$ .....	101
Figura 3.21 Envolvente del momento flector en E.L.U para la viga .....	104
Figura 3.22 Recubrimiento mecánico .....	105
Figura 3.23 Armadura longitudinal de la viga .....	111
Figura 3.24 Fuerzas cortantes presentes en el elemento, sobre la cara de apoyo y a una distancia igual al canto útil.....	112
Figura 3.25 Disposición de la armadura transversal de la viga.....	117
Figura 3.26 Columna en estudio P10 .....	120
Figura 3.27 Vista en el eje X e Y de la columna P10 .....	121
Figura 3.28 Disposición de la armadura para la columna P10.....	126
Figura 3.29 Geometría zapata aislada céntrica .....	130
Figura 3.30 Diagrama de tensiones.....	132
Figura 3.31 Diagrama de tensiones eje X .....	133
Figura 3.32 Recubrimiento mecánico en zapata .....	134
Figura 3.33 Diagrama de tensiones eje Y .....	136
Figura 3.34 Comprobación a punzonamiento .....	138

Figura 3.35 Fuerzas que generan vuelco sobre la fundación .....	140
Figura 3.36 Fuerzas que generan deslizamiento sobre la fundación.....	141
Figura 3.37 Disposición de la armadura en la zapata.....	142
Figura 3.38 Geometría de la escalera .....	144
Figura 3.39 Consideración de las cargas para el cálculo de la armadura principal .....	146
Figura 3.40 Escalera como una losa simplemente apoyada.....	147
Figura 3.41 Diagrama de momento de la escalera, como losa principalmente apoyada.....	147
Figura 3.42 Diagrama de momentos de la escalera, esquema real apoyo simple .....	147
Figura 3.43 Consideraciones de las cargas para el cálculo de la armadura negativa.....	150
Figura 3.44 Diagrama de momento de la escalera, esquema real apoyado empotrado .....	150
Figura 3.45 Disposición de la armadura en la escalera.....	153
Figura 3.46 Geometría de la rampa.....	154
Figura 3.47 Geometría de la rampa vista en planta.....	154
Figura 3.48 Disposición de armadura de la Rampa .....	160
Figura 4.1 Elemento Vigüeta y Bovedilla.....	164
Figura 4.2 Vigüeta Pretensada .....	165
Figura 4.3 Materiales de Bovedillas.....	165
Figura 4.4 Bovedilla de Plastroform .....	166
Figura 4.5 Bovedilla de cerámica .....	170
Figura 4.6 Carpeta de Compresión .....	171
Figura 4.7 Losa aliviada con vigüeta pretensada y complemento Plastroform .....	172
Figura 4.8 Losa aliviada con vigüeta pretensada y complemento cerámico .....	172
Figura 4.9 Detalles de Apoyo .....	173

Figura 4.10 Vigüeta Pretensada CONCRETEC.....	175
Figura 4.11 Características Geométricas de la Vigüeta Seleccionada .....	176
Figura 4.12 Características Geométricas del Plastoform .....	176
Figura 4.13 Características Geométricas del Cerámica .....	177
Figura 4.14 Espesor de la Carpeta de Compresión .....	178
Figura 4.15 Sección Transversal de la losa de vigüeta con complement Plastoform .....	179
Figura 4.16 Peso superficial de la losa con complemento de plastoform .....	180
Figura 4.17 Diagrama de las fuerzas en la losa.....	182
Figura 4.18 Disposicion de armadura de la losa de vigüeta con complemento plastoform .....	183
Figura 4.19 Sección Transversal de la losa de vigüeta con complemento Cerámica .....	185
Figura 4.20 Peso superficial de la losa con complemento cerámica.....	186
Figura 4.21 Disposicion de armadura de la losa de vigüeta con complemento ceramica... ..	189
Figura 4.23 Cuantía de viga de la estructura con losa de vigüeta y complemento plastaform .....	192
Figura 4.23 Cuantía de viga de la estructura con losa de vigüeta y complemento cerámica .....	192
Figura 4.24 Cuantía de Columna más solicitada de la estructura con losa de vigüeta y complemento plastoform.....	194
Figura 4.25 Cuantía de Columna más solicitada de la estructura con losa de vigüeta y complemento ceramico .....	194



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Tamaño de las partículas .....	9
Tabla 2.2 Serie de tamices A.S.T.M .....	9
Tabla 2.3 Límite de atterberg medios para diferentes tipos de suelos .....	12
Tabla 2.4 Clasificación de suelos por el método S.U.C.S.....	15
Tabla 2.5 Capacidad portante para arcillas y mezclas de suelos.....	17
Tabla 2.6 Hormigones según su resistencia (Mpa).....	21
Tabla 2.7 Asentamientos admisibles.....	24
Tabla 2.8 Diámetros y áreas de barras corrugadas.....	25
Tabla 2.9 Coeficiente de minoración .....	30
Tabla 2.10 Coeficiente de mayoración.....	31
Tabla 2.11 Longitudes de anclajes para barras corrugadas aisladas .....	36
Tabla 2.12 Recubrimientos mínimos .....	38
Tabla 2.13 Diámetros mínimos de doblados de barras .....	39
Tabla 2.14 Esfuerzos admisibles según código ACI318-14 .....	42
Tabla 2.15 Cuantías geométricas mínimas.....	45
Tabla 3.1 Resultados ensayo SPT .....	76
Tabla 3.2 Sobre carga de uso utilizadas en el diseño.....	90
Tabla 3.3 Velocidades básicas del viento en ciudades.....	91
Tabla 3.4 Velocidad máximas del viento, estación Entre Ríos .....	91
Tabla 3.5 Sistema de aplicación de la vigueta pretensada .....	96
Tabla 3.6 Comparación de cálculo manual Vs el programa CYPECAD (versión 2017) del elemento viga .....	118

Tabla 3.7 Comparación de cálculo manual Vs el programa CYPECAD (versión 2017) del elemento columna .....	127
Tabla 3.8 Comparación de cálculo manual Vs el programa CYPECAD (versión 2017) del elemento zapata .....	143
Tabla 3.9 Comparación de cálculo manual Vs el programa CYPECAD (versión 2017) del elemento escalera .....	153
Tabla 3.10 Comparación de cálculo manual Vs el programa CYPECAD (versión 2017) del elemento rampa.....	160
Tabla 4.1 Especificaciones Técnicas Viguetas Pretensadas CONCRETEC.....	175
Tabla 4.2 Características de los complementos .....	178
Tabla 4.3 Variación de armadura negativa .....	191
Tabla 4.4 Variación de Flecha .....	191
Tabla 4.5 Variación de Armaduras de Viga.....	193
Tabla 4.6 Variación de Armaduras de Columna.....	195
Tabla 4.7 Cuantías de acero y hormigón planta baja .....	195
Tabla 4.8 Cuantías de acero y hormigón rampa 1.....	195
Tabla 4.9 Cuantías de acero y hormigón primer piso .....	196
Tabla 4.10 Cuantías de acero y hormigón rampa 2.....	196
Tabla 4.11 Cuantías de acero y hormigón segundo piso.....	196
Tabla 4.12 Cuantías de acero y cubierta .....	197
Tabla 4.13 Cuantías de acero y hormigón tanque de agua.....	197
Tabla 4.14 Cuantías de acero y hormigón total de la obra.....	197
Tabla 4.15 Comparación económica de losa alivianada con complemento Plastoform y cerámico por $m^2$ .....	199

Tabla 4.16 Comparación económica de losa alivianada con complemento Plastoform  
y cerámico total de obra ..... 199

Tabla 4.17 Tiempo de ejecución de obra ..... 199

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A1. Análisis y estudios de suelos

ANEXO A2. Ábacos y Tablas utilizadas

ANEXO A3. Resultados y Memoria del programa

ANEXO A4. Especificaciones técnicas

ANEXO A5. Cómputos métricos

ANEXO A6. Precios unitarios y Presupuesto general

ANEXO A7. Cronograma y ejecución

PLANOS