

**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  
CARMEN ECHAZÚ (UBICADO EN LA AV. HUMBERTO ARCE Y  
AV. LA PAZ)”**

**Por:**

**AGUIRRE RODRIGUEZ PAULO**

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 II - 2023**

**Tarija - Bolivia**

## **DEDICATORIA**

El trabajo realizado va dedicado a mis padres quienes me brindaron la vida, educación, apoyo, consejos y me enseñaron los valores éticos y morales.

## ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
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.....	2
1.2.1    General .....	2
1.2.2    Específicos .....	3
1.3    JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3.1    Académica.....	3
1.3.2    Técnica .....	3
1.3.3    Social.....	4
1.4    ALCANCE .....	4
1.4.1    General .....	4
1.4.2    Resultados logrados .....	4
1.5    Localización .....	5
1.5.1    Servicios Básicos Existentes .....	5
1.6    Aporte académico.....	6
CAPÍTULO II .....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1    Levantamiento Topográfico .....	7
2.2    Estudio de Suelos .....	8
2.2.1    Granulometría .....	8
2.2.2    Límites de Atterberg .....	9
2.2.3    Clasificación de suelos.....	10
2.2.4    Ensayo de penetración estándar SPT .....	10
2.3    Diseño Arquitectónico.....	12
2.4    Idealización de las estructuras .....	12
2.4.1    Sustentación de cubierta.....	13
2.4.2    Sustentación de la edificación.....	13

2.4.3	Fundaciones .....	13
2.5	Diseño Estructural .....	14
2.5.1	Análisis de Cargas.....	14
2.5.2	Estructura de Sustentación de cubierta .....	16
2.5.3	Estructura de Sustentación de la edificación.....	22
2.5.4	Estructura complementaria.....	58
2.5.5	Fundaciones .....	67
2.5.5.2	Tipos de losas de fundación .....	68
2.6	Estrategia para la ejecución del Proyecto.....	71
2.6.1	Especificaciones Técnicas.....	71
2.6.2	Cómputos Métricos .....	72
2.6.3	Precios unitarios .....	72
2.6.4	Presupuesto .....	73
2.6.5	Planeamiento y cronograma.....	73
CAPÍTULO III.....		74
INGENIERÍA DEL PROYECTO.....		74
3.1	Análisis de la Topografía .....	74
3.2	Análisis del Estudio de Suelos .....	76
3.3	Análisis del diseño arquitectónico.....	80
3.4	Planteamiento estructural .....	81
3.4.1	Estructura de Cubierta.....	82
3.4.2	Estructura de la edificación.....	82
3.4.3	Estructuras complementarias .....	82
3.4.4	Fundaciones .....	82
3.5	Análisis, cálculo y diseño estructural .....	83
3.5.1	Análisis de cargas.....	84
3.5.2	Estructura de sustentación de cubierta .....	87
3.5.3	Estructura de sustentación de la edificación .....	92
3.5.4	Estructuras complementarias .....	134
3.5.5	Fundaciones .....	152
3.5.5.1	Análisis de alternativas de fundación .....	152
3.5.5.2	Justificación de la alternativa de losa de fundación .....	154

3.6	Desarrollo de la Estrategia para la ejecución del proyecto.....	155
3.6.1	Especificaciones Técnicas.....	155
3.6.2	Precios unitarios.....	155
3.6.3	Cómputos Métricos.....	155
3.6.4	Presupuesto.....	155
3.6.5	Planeamiento y cronograma.....	155
CAPÍTULO IV.....		156
DISEÑO DE LOSA DE FUNDACIÓN DE CANTO CONSTANTE.....		156
4.1	Marco conceptual del aporte académico.....	156
4.2	Alcance del aporte.....	156
4.3	Justificación del diseño de losa de fundación.....	156
4.4	Marco teórico.....	157
4.4.1	Capacidad última de carga.....	157
4.4.2	Modos de falla a corte en el suelo.....	157
4.4.3	Capacidad admisible del suelo.....	158
4.4.4	Coefficiente de balasto.....	158
4.4.5	Métodos de diseño estructural de la losa de fundación.....	161
4.4.5.1	Diseño de losa de fundación de canto constante por el método rígido.....	161
4.5	Producto- Aporte.....	167
4.5.1	Diseño de la losa de fundación del bloque B.....	167
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		205
CONCLUSIONES.....		205
RECOMENDACIONES.....		206
BIBLIOGRAFÍA.....		208
ANEXOS.....		209

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Imagen Satelital del emplazamiento del proyecto .....	5
Figura. 2.1 Diagrama tensión – deformación.....	24
Figura. 2.2 Diagrama parábola – rectángulo.....	24
Figura. 2.3 Diagrama rectangular.....	25
Figura 2.4 Formas de Anclajes.....	28
Figura 2.5 Longitud de Anclaje en Centímetros .....	29
Figura 2.6 Geometría de losa alivianada .....	34
Figura 2.7 Rango de deformaciones unitarias .....	38
Figura 2.8 Diagrama de deformaciones, esfuerzos y resultantes del dominio 3.....	38
Figura 2.9 Secciones Típicas de soporte de Hormigón Armado .....	45
Figura 2.10 a) Muro de contención, b) y c) tipos de muros sótano.....	55
Figura 2.11 Muro de sótano en voladizo.....	56
Figura 2.12 Muro de sótano simplemente apoyado .....	57
Figura 2.13 Partes componentes de una escalera .....	59
Figura 2.14 Diagrama de momentos de una escalera.....	60
Figura 2.15. Tipos comunes de losas de fundación.....	68
Figura 3.1 Fotografía del Levantamiento Topográfico .....	74
Figura 3.2 Perfiles del terreno y explanación.....	75
Figura 3.3 Ubicación de los pozos del ensayo .....	76
Figura 3.4 Fotografías de la excavación de los pozos.....	77
Figura: 3.5 Fotografías del Ensayo de SPT.....	78
Figura 3.6 Perfiles de emplazamiento de fundación. ....	79
Figura 3.7 Asignación de bloque .....	80
Figura 3.8 Disposición geométrica de la cercha metálica.....	91
Figura 3.9 Modelado de la estructura.....	92
Figura 3.10 Diseño de losa alivianada .....	93
Figura 3.11 Especificaciones técnicas de la vigueta pretensada .....	94
Figura 3.12 Característica geométrica seleccionada .....	95
Figura 3.13 Características geométricas del complemento plastoformo .....	96
Figura 3.14 Espesor mínimo de la carpeta de compresión.....	97
Figura 3.15 Características geométricas de la vigueta pretensada.....	97

Figura 3.16 Características Geométricas de la sección Homogeneizada .....	98
Figura 3.17 Punto de aplicación de la fuerza de pretensado (Fp) .....	100
Figura 3.18 Características geométricas de la vigueta pretensada.....	100
Figura 3.19 Características Geométricas de la sección Homogeneizada .....	102
Figura 3.20 Diagrama de momentos en losas .....	105
Figura 3.21 Diagrama de Momento para el diseño de la viga .....	108
Figura 3.22 Cortante de diseño de la viga.....	114
Figura 3.23 Detalle de la armadura de la viga .....	121
Figura 3.24 Esfuerzos de cada combinación de carga .....	121
Figura 3.25 Elementos de columna en estudio y vigas concurrentes.....	122
Figura 3.26 Empuje del suelo en el muro de sótano .....	130
Figura 3.27 Diagrama de momento y cortante en el muro de sótano .....	131
Figura 3.28 Vista en planta de la Escalera .....	135
Figura 3.29 Consideración de cargas para el cálculo de la armadura principal .....	138
Figura 3.30 Consideración como una losa plana y simplemente apoyada.....	139
Figura 3.31 Diagrama de momentos de la escalera como losa plana.....	139
Figura 3.32 Diagrama de momentos de la escalera, esquema real.....	139
Figura 3.33 Consideración de cargas para el cálculo de la armadura negativa.....	140
Figura 3.34 Consideración como una losa plana y apoyo empotrado.....	140
Figura 3.35 Diagrama de momentos de la escalera empotrada.....	140
Figura 3.36 Diagrama de momentos de la escalera, esquema real.....	141
Figura 3.37 Geometría de la rampa.....	146
Figura 3.38 Diagrama de momento de la rampa .....	147
Figura 4.1 Relación entre la presión y deformación del suelo.....	159
Figura 4.2 Losa de fundación de canto constante. ....	162
Figura 4.3. Definición de áreas de corte en diferentes posiciones de columnas. ....	164
Figura 4.4 Cargas modificadas.....	166
Figura 4.5 Planteamiento de Franjas para el análisis .....	168

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Límites de Tamaño de Suelos Separados .....	9
Tabla 2.2 Relación de Resistencia para las Arcillas.....	11
Tabla 2.3 Relación de Resistencia para las Arenas .....	12
Tabla 2.4 Valores de K, Teóricos y de diseño, para columnas con diversas condiciones en sus extremos. ....	20
Tabla2.5 Recubrimientos Mínimos .....	28
Tabla 2.6 Longitudes de anclaje para barras corrugadas aisladas valores de los coeficientes.....	29
Tabla 2.7 Diámetro Mínimo de Doblado de Barras .....	31
Tabla 2.8 Diámetros y Áreas de Barras Corrugadas .....	31
Tabla 2.9 Hormigones Según su Resistencia en Mpa .....	32
Tabla2.10 Asentamientos Admisibles.....	32
Tabla2.11 Coeficientes de Minoración .....	33
Tabla 2.12 Cuantías geométricas mínimas, referidas a la sección total de hormigón, en tanto por mil .....	36
Tabla 2.13 Valores límite .....	40
Tabla 2.14 Tabla Universal para flexión simple o compuesta .....	42
Tabla 2.15 Longitud de pandeo de las piezas aisladas .....	46
Tabla 2.16 Nomogramas para determinar el Coeficiente de Pandeo .....	47
Tabla 3.1 Elevación de plantas.....	84
Tabla 3.2 Carga muerta no estructural calculado.....	85
Tabla 3.3 Determinación de carga de muro por metro lineal.....	85
Tabla 3.4 Carga crítica en barlovento .....	90
Tabla 3.5 Carga crítica en sotavento .....	90
Tabla 3.6 Dimensiones de la vigueta pretensada .....	94
Tabla 3.7 Sistema de aplicación de la vigueta pretensada .....	95
Tabla 3.8 Resumen general de los resultados de la viga, obtenidos manual y el programa Cypecad.....	120
Tabla 3.9 Geometría de los elementos que concurren a la columna.....	123
Tabla 3.10 Nomogramas intraslacional para determinar el Coeficiente de Pandeo .....	124
Tabla 3.11 Ábaco en roseta.....	126



Tabla 3.12 Resumen general de los resultados de la columna obtenidos manual y el programa Cypecad. ....	128
Tabla 3.13 Resumen general de los resultados de la escalera obtenidos manual y el programa cypecad. ....	145
Tabla 4.1 Capacidad admisible para deferentes tipos de suelo.....	158
Tabla 4.2 Correlación entre SPT y el coeficiente de balasto .....	160
Tabla 4.3 Módulo de reacción del suelo .....	161
Tabla 4.4 Carga axial de las columnas en estudio .....	169
Tabla 4.5 Presión admisible bajo las columnas .....	172
Tabla 4.6 Resumen de Momentos máximos (+) (-) de cada franja horizontal.....	201
Tabla 4.7 Resumen de Momentos (+) (-) de cada franja vertical. ....	202
Tabla 4.8 Resultados en la losa de fundación manual y Cypecad .....	204

## ANEXOS

A-1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO (TOMO II)

A-2 ESTUDIO DE SUELOS

A-3 PLANOS ARQUITECTÓNICOS (TOMO II)

A-4 TABLAS ABACOS

A-5 MEMORIA DE CÁLCULO Y DISEÑO

A-6 LISTADO DE DATOS DE OBRA CYPECAD

A-7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

A-8 CÓMPUTOS MÉTRICOS

A-9 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

A-10 PRESUPUESTO GENERAL

A-11 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

A-12 PLANOS ESTRUCTURALES (TOMO II)