

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TOMO I

DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA UNIDAD EDUCATIVA
"ANDRES ZAMORA ADETT"
CARRIZAL - EL PUENTE

POR:

AARON JHONATAN CARACOLES CAYHUARA

ASIGNATURA:

PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II CIV-502 (MENCIÓN ESTRUCTURAS)

SEMESTRE I – 2026

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TOMO I

DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA UNIDAD EDUCATIVA
"ANDRES ZAMORA ADETT"
CARRIZAL - EL PUENTE

POR:

AARON JHONATAN CARACOLES CAYHUARA

ASIGNATURA:

PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II CIV-502 (MENCIÓN ESTRUCTURAS)

SEMESTRE I – 2026

TARIJA – BOLIVIA

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Problema.	1
1.1.1. Planteamiento.	1
1.1.2. Formulación.	1
1.1.3. Sistematización.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. General.	2
1.2.2. Específicos.	2
1.3. Justificación.	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. General.....	3
1.4.2. Resultados a lograr.	3
1.4.3. Aporte académico.....	4
1.5. Localización del proyecto.....	4
1.5.1. Localización	4
CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Levantamiento topográfico	6
2.2. Estudio de suelos	6
2.2.1. Ensayo de penetración normal estándar S.P.T.	6
2.2.2. Análisis granulométrico	6
2.3. Diseño arquitectónico	7
2.4. Idealización de las estructuras.....	7
2.4.1. Sustentación de la cubierta.....	7
2.4.2. Sustentación de edificación.....	7
2.4.3. Fundaciones.....	7
2.4.3.1. Zapatas aisladas.....	8
2.4.3.2. Zapatas combinadas	8

2.5.	Diseño estructural.....	9
2.5.1.	Análisis de cargas	9
2.5.1.1.	Combinación de cargas para el hormigón armado	9
2.5.2.	Estructura de sustentación.....	10
2.5.2.1.	Cubierta de estructura metálica	10
2.5.2.1.1.	Norma de diseño.....	10
2.5.2.1.2.	Limitaciones y consideraciones de secciones abiertas conformadas en frío. 11	
2.5.2.1.3.	Formas seccionales, consideraciones de diseño	11
2.5.2.1.4.	Elementos estructurales	11
2.5.2.1.5.	Diseño de elementos.....	12
2.5.3.	Estructura de sustentación de la edificación	14
2.5.3.1.	Resistencia del hormigón	14
2.5.3.2.	Resistencia de cálculo	14
2.5.3.3.	Resistencia de diseño	15
2.5.3.4.	Factores de reducción de resistencia para elementos de hormigón estructural y conexiones.	15
2.5.3.5.	Características y geometría de los aceros	15
2.5.3.5.1.	Módulo de deformación longitudinal	15
2.5.3.5.2.	Diámetros de aceros comerciales en Bolivia	15
2.5.3.5.3.	Requisitos para recubrimientos específico de hormigón	16
2.5.3.5.4.	Armaduras en vigas y columnas.....	16
2.5.3.5.5.	Disposición general del refuerzo, en función a la NB 1225001.....	18
2.5.3.6.	Diseño de vigas.....	19
2.5.3.7.	Diseño de columnas.....	23
2.5.3.7.1.	Límites de cuantías en columnas.....	23
2.5.3.7.2.	Armadura mínima para cortante.....	23
2.5.3.7.3.	Armadura longitudinal.	24
2.5.3.7.4.	Espaciamiento máximo para el cortante	24
2.5.3.8.	Losas reticulares.	24
2.5.3.8.1.	Predimensionamiento.....	24
2.5.3.8.2.	Procedimiento de cálculo.	25
2.5.3.8.3.	Ábacos.....	25

2.5.4.	Estructura completaría.	26
2.5.4.1.	Escaleras.....	26
2.5.4.1.1.	Predimensionamiento de la escalera.....	26
2.5.5.	Fundaciones.....	27
2.5.5.1.	Zapata cuadrada o rectangular aislada.	27
2.5.5.1.1.	Predimensionamiento.....	27
2.5.5.1.2.	Altura mínima de las zapatas.	27
2.5.5.1.3.	Procedimiento de diseño.	27
2.5.6.	Diseño sismorresistente.....	29
2.5.6.1.	Parámetros del espectro de diseño.....	29
2.6.	Estrategia para ejecución del proyecto.....	30
2.6.1.	Especificaciones técnicas.....	30
2.6.2.	Computos metricos.....	30
2.6.3.	Precios unitarios.....	31
2.6.4.	Presupuesto.....	31
2.6.5.	Planeamiento y cronograma.....	31
CAPÍTULO III		33
3.1.	Análisis de la topografía.....	33
3.2.	Análisis del estudio de suelos.	33
3.2.1.	Validación del estudio de suelos.	34
3.3.	Análisis de diseño arquitectónico.....	36
3.4.	Planteamiento estructural.....	36
3.4.1.	Estructura de cubierta.	37
3.4.2.	Estructura de la edificación.	37
3.5.	Análisis, cálculo y diseño estructural.	37
3.5.1.	Estructura de sustentación de la cubierta.	37
3.5.1.1.	Diseño de la cubierta metálica.....	38
3.5.1.1.1.	Diseño de la correa.....	38
3.5.1.1.2.	Diseño del cordón superior.....	42
3.5.1.1.3.	Diseño del cordón inferior.....	45
3.5.1.2.	Diseño de unión soldada.	47
3.5.1.3.	Diseño de placas de apoyo.....	47
3.5.2.	Estructura de sustentación de la edificación.....	50

3.5.2.1. Normativa de diseño	50
3.5.2.2. Predimensionamiento de elementos estructurales	51
3.5.2.3. Cargas de diseño	52
3.5.2.4. Elementos más solicitados	52
3.5.2.4.1. Diseño estructural de la viga.....	52
3.5.2.4.2. Diseño estructural de la columna	61
3.5.2.4.3. Diseño estructural de losa.....	67
3.5.2.4.4. Diseño de ábaco	73
3.5.2.4.5. Comparación de resultados entre el cálculo manual y el modelo estructural	80
3.5.3. Estructuras complementarias.....	82
3.5.3.1. Diseño de escalera	82
3.5.3.2. Diseño de rampa	90
3.5.4. Fundaciones.....	92
3.5.4.1. Diseño de zapata aislada.	92
3.5.4.2. Diseño de zapata combinada	96
3.6. Análisis para el diseño sísmico de la estructura.....	99
3.6.1. Parámetros de cálculo del espectro de diseño.	99
3.6.2. Determinación de fuerzas sísmicas de diseño	103
3.6.2.1. Cortante basal sísmico	103
3.6.2.2. Distribución de fuerzas sísmicas por nivel	104
3.6.2.3. Verificación mediante modelo estructural	105
3.7. Desarrollo de la estrategia para ejecución del proyecto	105
3.7.1. Especificaciones técnicas	105
3.7.2. Precios unitarios	105
3.7.3. Cómputos métricos	106
3.7.4. Presupuesto.....	106
3.7.5. Planeamiento y cronograma	106
CAPÍTULO IV	108
4. Evaluación del comportamiento estructural de vigas en escaleras con apoyos simples y empotrados mediante el método de análisis matricial	108
4.1. Marco conceptual del aporte académico	108
4.2. Marco teórico del aporte académico	108

4.2.1. Modelación de una escalera de concreto armado	108
4.2.2. Conceptos fundamentales del análisis con MEF análisis matricial.....	109
4.2.3. Aplicación del método de análisis matricial a un sistema estructural.	109
4.2.3.1. Idealización del elemento estructural.....	109
4.2.3.2. Definición de parámetros discretos.....	110
4.2.3.3. Definición de cantidades internas del elemento	110
4.2.3.4. Ecuación del sistema discreto.....	110
4.2.3.5. Aplicación de condiciones de contorno	111
4.2.3.6. Obtención de magnitudes derivadas	111
4.3. Producto.....	111
4.3.1. Método análisis matricial.	111
4.3.2. Resultados obtenidos mediante el método análisis matricial.	124
4.4. Análisis comparativo del comportamiento estructural de vigas mediante el método convencional y el método de análisis matricial.	124
4.4.1. Análisis comparativo e interpretación.	124
4.4.1.1. Comparación de cálculo entre ambas condiciones de apoyo.	125
4.4.1.2. Conclusiones del aporte académico	126
Conclusiones.....	128
Recomendaciones	129
Bibliografía.....	131

Índice de Figuras

Figura 1.1. Imagen Satelital del emplazamiento del proyecto	4
Figura 2.1. Elementos estructurales de una cercha	12
Figura 2.2. Separación vertical de los estribos	17
Figura 2.3. Separación de armadura en columnas	18
Figura 2.4. Sección transversal de una viga	19
Figura 2.5. Forma de distribución de esfuerzos.....	20
Figura 2.6. Sección crítica para el cálculo del momento en zapata.....	28
Figura 3.1. Croquis y orientación del área de emplazamiento del proyecto	33
Figura 3.2. Modelo 3D de la estructura.....	36
Figura 3.3. Estructura de Cubierta.	37

Figura 3.4. Estructura de Cubierta y disposición de las cerchas.	38
Figura 3.5. Cordón superior a diseñar.	42
Figura 3.6. Cordón inferior a diseñar.	45
Figura 3.7. Viga a diseñar elemento más solicitado	52
Figura 3.8. Diagrama de momentos debido a la envolvente sísmica.	53
Figura 3.9. Esquema de armado de viga	58
Figura 3.10. Situación sísmica 1.	58
Figura 3.11. Situación sísmica 2.	59
Figura 3.12. Cortante ultimo de diseño	60
Figura 3.13. Ubicación de la columna más solicitada	61
Figura 3.14. Factores de longitud efectiva k	62
Figura 3.15. Armado propuesto para la columna más solicitada.	63
Figura 3.16. Procedimiento para el cálculo del diagrama de interacción	63
Figura 3.17. Diagrama de interacción.	64
Figura 3.18. Losa reticular a diseñar.	67
Figura 3.19. Dimensiones de la sección critica	74
Figura 3.20. Rampa a diseñar	90
Figura 3.21. Zapata aislada a diseñar.	92
Figura 3.22. Zapata combinada a diseñar.	96
Figura 3.23. Geometría de la zapata combinada	96
Figura 3.24. Espectro elástico de pseudoaceleración en unidades, g	101
Figura 3.25. Espectro elástico de pseudoaceleración de Diseño en unidades, g.	103
Figura 4.1. Modelo de viga compuesta y malla de elementos finitos.	110
Figura 4.2. Discretización de la estructura en dos elementos para el análisis matricial. ...	111

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Coordenadas de emplazamiento del proyecto.	4
Tabla 2.1. Profundidades aproximadas de perforaciones para edificios.	8
Tabla 2.2 Combinaciones de carga	9
Tabla 2.3. Resistencia especificada a compresión $f'c$	14
Tabla 2.4. Diámetros de barras comerciales en Bolivia.	16

Tabla 2.5. Recubrimientos mínimos para hormigón armado colocado en obra	16
Tabla 2.6. Método detallado para calcular V_c	22
Tabla 2.7. Espaciamiento máximo para el refuerzo de cortante.....	24
Tabla 2.8. Armadura mínima para losas en una dirección no pretensadas	25
Tabla 3.1. Resultado de estudio de suelos Pozo 1 y 2	33
Tabla 3.2. Requerimiento de la cantidad de puntos de exploración por superficie	34
Tabla 3.3. Comparativa de capacidad de carga admisible: Método Meyerhof y SPT	35
Tabla 3.4. Distribución de ambientes de las estructuras por plantas	36
Tabla 3.5. Esfuerzos de la correa.....	39
Tabla 3.6. Esfuerzos del cordón superior	42
Tabla 3.7. Esfuerzos del cordón superior	45
Tabla 3.8. Esfuerzos del cordón superior	46
Tabla 3.9. Puntos del diagrama de interacción.....	64
Tabla 3.10. Datos para diseño a cortante	65
Tabla 3.11. Datos para diseño a flexión.....	68
Tabla 3.12. Datos para diseño a flexión.....	69
Tabla 3.13. Datos para diseño a flexión.....	77
Tabla 3.14. Comparación de resultados de viga	81
Tabla 3.15. Comparación de resultados de columna	81
Tabla 3.16. Comparación de resultados de losa	82
Tabla 3.17. Datos generales para diseño de escalera.....	82
Tabla 3.18. Datos generales para diseño de la rampa	90
Tabla 3.19. Datos generales para diseño de zapata.....	94
Tabla 3.20. Datos generales para diseño de zapata combinada.....	98
Tabla 3.21. Comparación de resultados de losa	103
Tabla 3.22. Comparación de resultados de losa	104
Tabla 4.1. Resultados obtenidos mediante el método de análisis matricial	124
Tabla 4.2. Tabla resumen de Caso 1 y Caso 2.....	126

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

ANEXO 2: ESTUDIO DE SUELOS.

ANEXO 3: MEMORIA DE CALCULO Y DISEÑOS.

ANEXO 4: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

ANEXO 5: PRECIOS UNITARIOS.

ANEXO 6: CÓMPUTOS MÉTRICOS.

ANEXO 7: PRESUPUESTO GENERAL.

ANEXO 8: CRONOGRAMA.

PLANOS

PLANOS 1: PLANOS ARQUITECTÓNICOS

PLANOS 2: PLANOS ESTRUCTURALES