

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TOMO I

**ANÁLISIS, CÁLCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA ESTACIÓN POLICIAL
INTEGRAL (EPI) Y CUARTEL DE BOMBEROS DEL MUNICIPIO DE SAN
LORENZO**

Por:

JULIO CESAR RODRIGUEZ POQUECHOQUE

SEMESTRE I - 2026

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TOMO I

**ANÁLISIS, CÁLCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA ESTACIÓN POLICIAL
INTEGRAL (EPI) Y CUARTEL DE BOMBEROS DEL MUNICIPIO DE SAN
LORENZO**

Por:

JULIO CESAR RODRIGUEZ POQUECHOQUE

Proyecto elaborado en la asignatura CIV 502, presentado a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE I – 2026

TARIJA – BOLIVIA

Dedicatoria:

A mis padres, por su esfuerzo y sacrificio incondicional que hicieron posible este logro. Gracias por ser mi guía y pilar fundamental en cada paso de este camino.

A mis hermanos por su, apoyo y confianza en mí, que me impulsaron a seguir adelante hasta alcanzar esta meta.

A todas las personas que estuvieron a mi lado, brindándome su apoyo en todo momento.

DEDICATORIA

RESUMEN

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
1. Antecedentes.....	1
1.1. El 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.....	2
1.3.3. Social	3
1.4. Localización.....	3
1.5. Alcance del proyecto	3
1.5.1. Aporte académico	4
1.6. Información socio económica relativa al proyecto.....	4
1.6.1. Aspectos económicos	4
1.6.2. Servicios básicos	4
CAPÍTULO II.....	5
2. Marco teórico.....	5
2.1. Levantamiento topográfico.....	5
2.2. Estudio de suelos	5
2.2.1. Análisis granulométrico.....	5
2.2.2. Límites de atterberg.....	5
2.2.3. Sistema de clasificación del suelo	6
2.2.4. Ensayos de penetración estándar (SPT)	6

2.3.	Diseño arquitectónico	6
2.4.	Idealización de la estructura	7
2.4.1.	Sustentación de cubierta	7
2.4.1.1.	Cubierta de estructura metálica	7
2.4.1.2.	Cubierta de losa de viguetas pretensadas	7
2.4.2.	Sustentación de la edificación	7
2.4.2.1.	Vigas	7
2.4.2.2.	Columnas	8
2.4.2.3.	Muros.....	8
2.4.3.	Cimentaciones	8
2.4.3.1.	Pilotes	8
2.4.3.2.	Encepados.....	8
2.5.	Diseño estructural.....	8
2.5.1.	Análisis de cargas	8
2.5.1.1.	Cargas gravitacionales o permanentes.....	8
2.5.1.2.	Cargas variables.....	9
2.5.1.3.	Cargas ambientales	9
2.5.1.4.	Combinación de cargas.....	9
2.5.2.	Método de Diseño.....	10
2.5.3.	Estructuras de sustentación de cubierta	11
2.5.3.1.	Cubierta de estructura metálica	11
2.5.3.1.1.	Parámetros de diseño.....	11
2.5.3.1.2.	Elementos estructurales.....	11
2.5.3.1.3.	Diseño de elementos.....	11
2.5.3.1.4.	Modos de pandeo.....	11
2.5.3.1.5.	Método del ancho efectivo	12
2.5.3.1.6.	Estabilidad local por componentes.....	13
2.5.3.1.6.1.	Coeficiente de pandeo de la placa	13
2.5.3.1.6.2.	Factor de esbeltez	14
2.5.3.1.6.3.	Factor de reducción de ancho	14
2.5.3.1.6.4.	Ancho efectivo	14

2.5.3.1.7.	Diseño a flexión.....	15
2.5.3.1.7.1.	Cálculo del momento resistente	17
2.5.3.1.8.	Diseño a compresión	17
2.5.3.1.8.1.	Cálculo de la capacidad resistente a compresión axial.....	18
2.5.3.1.9.	Diseño por tracción	19
2.5.3.1.9.1.	Falla por fluencia.....	19
2.5.3.1.9.1.1.	Falla por fractura de la sección neta.....	19
2.5.4.	Estructuras de sustentación de edificación	20
2.5.4.1.	Resistencia característica del hormigón	20
2.5.4.2.	Resistencia de diseño y factores de reducción de resistencia.	20
2.5.4.3.	Módulo de elasticidad.....	21
2.5.4.4.	Peso específico del hormigón armado	21
2.5.5.	Características del acero de refuerzo	21
2.5.5.1.1.	Módulo de elasticidad del acero	22
2.5.5.2.	Recubrimiento de las piezas de hormigón armado	22
2.5.5.3.	Ganchos estándar y diámetros internos de doblado.....	22
2.5.5.4.	Longitud de desarrollo o anclaje	23
2.5.6.	Losa de viguetas pretensadas.....	24
2.5.6.1.	Cálculo de viguetas pretensadas	24
2.5.6.1.1.	Armadura de la carpeta de compresión	25
2.5.6.2.	Nervio rigidizante	25
2.5.7.	Vigas.....	25
2.5.7.1.	Predimensionamiento	25
2.5.7.2.	Supuestos fundamentales para el diseño	26
2.5.7.3.	Análisis a flexión	26
2.5.7.3.1.	Diagrama rectangular de esfuerzos	26
2.5.7.3.2.	Armadura mínima y máxima.....	27
2.5.7.3.3.	Separación entre armaduras.....	28
2.5.7.4.	Diseño a corte	28
2.5.7.4.1.	Armadura mínima.....	29
2.5.7.4.2.	Separación entre armaduras.....	30

2.5.8.	Columnas	31
2.5.8.1.	Límites dimensionales	31
2.5.8.2.	Límites de armaduras.....	31
2.5.8.3.	Diagrama de interacción en columnas.....	31
2.5.8.4.	Efectos de esbeltez en elementos comprimidos	32
2.5.8.5.	Diseño a corte	33
2.5.9.	Estructuras complementarias.....	34
2.5.9.1.	Muros de hormigón	34
2.5.9.1.1.	Método simplificado de diseño	34
2.5.9.1.2.	Diseño a corte.....	35
2.5.9.1.3.	Límites de armaduras	35
2.5.9.2.	Escaleras	36
2.5.9.2.1.	Predimensionamiento de escaleras	36
2.5.9.2.2.	Diseño de escaleras	37
2.5.9.2.2.1.	Armadura positiva	37
2.5.9.2.2.2.	Armadura negativa	37
2.5.9.2.2.3.	Límites de armaduras	37
2.6.	Estrategias para la ejecución del proyecto.....	38
2.6.1.	Especificaciones técnicas	38
2.6.2.	Cálculos métricos	38
2.6.3.	Precios unitarios	38
2.6.4.	Presupuesto.....	38
2.6.5.	Planteamiento y cronograma	39
CAPÍTULO III		40
3.	Ingeniería de proyecto	40
3.1.	Análisis de la topografía	40
3.2.	Análisis del estudio de suelos.....	40
3.3.	Análisis del diseño arquitectónico.....	40
3.4.	Planteamiento estructural	40
3.4.1.	Estructura de cubierta	41
3.4.1.1.	Cubierta de estructura metálicas.....	41

3.4.1.2.	Cubierta de losa de viguetas pretensadas	41
3.4.1.2.1.	Capacidad y carga de tanque de agua.....	41
3.4.2.	Estructura de la edificación	43
3.4.3.	Estructuras complementarias.....	43
3.4.4.	Fundaciones	43
3.5.	Materiales	44
3.5.1.	Características del hormigón armado	44
3.5.2.	Características del acero conformado en frío	44
3.6.	Análisis, cálculo y diseño estructural	44
3.6.1.	Normativas de diseño	44
3.6.2.	Estructura de sustentación de cubierta.....	45
3.6.3.	Diseño de la cubierta metálica.....	45
3.6.3.1.	Propiedades geométricas del perfil costanera.....	45
3.6.3.2.	Diseño de correas.....	46
3.6.3.2.1.	Cálculo de esbeltez.....	46
3.6.3.2.2.	Análisis de pandeo.....	46
3.6.3.2.3.	Análisis de flexión alrededor de eje principal de inercia	47
3.6.3.2.3.1.	Análisis de compresión en la fibra extrema	47
3.6.3.2.3.2.	Análisis de estabilidad local	47
3.6.3.2.3.2.1.	Análisis de estabilidad local del ala.	47
3.6.3.2.3.2.2.	Análisis de estabilidad local del alma	48
3.6.3.2.3.3.	Cálculo de la resistencia a flexión del perfil	48
3.6.3.2.4.	Análisis a flexión alrededor del eje principal menor de inercia	48
3.6.3.2.4.1.	Análisis de compresión en la fibra extrema	49
3.6.3.2.4.2.	Análisis de estabilidad local	49
3.6.3.2.4.2.1.	Análisis de estabilidad local del ala	49
3.6.3.2.4.2.2.	Análisis de estabilidad local del alma	49
3.6.3.2.4.3.	Cálculo del momento resistente	50
3.6.3.3.	Diseño de cordón superior.....	50
3.6.3.3.1.	Análisis a Compresión.....	51
3.6.3.3.1.1.	Cálculo de esbeltez.....	51

3.6.3.3.1.2.	Análisis de pandeo	51
3.6.3.3.1.3.	Cálculo del esfuerzo critico	52
3.6.3.3.1.4.	Análisis de estabilidad local	52
3.6.3.3.1.4.1.	Análisis de estabilidad local del ala	52
3.6.3.3.1.4.2.	Análisis de estabilidad local del rigidizador	52
3.6.3.3.1.5.	Análisis de estabilidad local del alma.	53
3.6.3.3.1.6.	Cálculo de la resistencia a compresión del perfil	53
3.6.3.4.	Diseño del cordón inferior	53
3.6.3.4.1.	Análisis a tracción	54
3.6.3.4.1.1.	Control de esbeltez	54
3.6.3.4.1.2.	Análisis a fluencia de la sección	54
3.6.3.4.1.3.	Análisis a rotura de la sección	54
3.6.3.4.1.4.	Verificación de la resistencia a tracción	54
3.6.4.	Estructura de sustentación de la edificación	55
3.6.4.1.	Diseño estructural de viguetas	55
3.6.4.1.1.	Análisis de cargas	56
3.6.4.1.2.	Comparación del momento máximo y el resistente	56
3.6.4.1.3.	Cálculo de la armadura por retracción y temperatura	56
3.6.4.1.4.	Uso de nervio rigidizante	57
3.6.4.2.	Diseño estructural de viga	57
3.6.4.2.1.	Predimensionamiento	58
3.6.4.2.2.	Diseño a flexión de vigas	58
3.6.4.2.2.1.	Diseño a flexión del momento positivo	58
3.6.4.2.2.1.1.	Límites de aceros	59
3.6.4.2.2.1.2.	Cálculo del momento resistente	60
3.6.4.2.2.2.	Diseño a flexión para momento negativo al lado izquierdo	60
3.6.4.2.2.2.1.	Límites de aceros	61
3.6.4.2.2.2.2.	Cálculo del momento resistente	61
3.6.4.2.2.3.	Diseño a flexión para momento negativo al lado derecho	62
3.6.4.2.2.3.1.	Límites de aceros	62
3.6.4.2.2.3.2.	Cálculo del momento resistente	63

3.6.4.2.2.4.	Cálculo de la longitud de desarrollo	63
3.6.4.2.2.5.	Cálculo de deflexiones	63
3.6.4.2.3.	Diseño a corte	64
3.6.4.2.3.1.	Diseño a cortante del lado izquierdo	65
3.6.4.2.3.2.	Diseño a cortante del lado derecho	65
3.6.4.2.3.3.	Diseño a corte de la zona central	66
3.6.4.2.4.	Cálculo de la capacidad resistente a corte	66
3.6.4.3.	Diseño estructural de la columna	67
3.6.4.3.1.	Diseño a flexión	68
3.6.4.3.1.1.	Verificación de esbeltez	69
3.6.4.3.1.2.	Diseño a flexión alrededor del eje “x”	71
3.6.4.3.1.2.1.	Punto de compresión pura	71
3.6.4.3.1.2.2.	Punto de tracciones puras	71
3.6.4.3.1.2.3.	Punto de carga balanceada	72
3.6.4.3.1.2.4.	Punto en zona frágil	73
3.6.4.3.1.2.5.	Punto en zona dúctil	74
3.6.4.3.1.3.	Verificación de la armadura mínima y máxima	76
3.6.4.3.1.4.	Grafica del diagrama de interacción de la columna de diseño ...	76
3.6.4.3.2.	Análisis a corte	76
3.6.4.3.2.1.	Análisis sobre el eje “x”	77
3.6.4.3.2.2.	Análisis sobre el eje “y”	78
3.6.4.3.3.	Verificaciones del refuerzo	78
3.6.5.	Estructuras complementarias	79
3.6.5.1.	Diseño de muro de hormigón armado	79
3.6.5.1.1.	Diseño estructural	80
3.6.5.1.1.1.	Análisis fuera del plano del muro	80
3.6.5.1.2.	Diseño a corte	81
3.6.5.1.3.	Verificación del refuerzo	81
3.6.5.2.	Diseño de escalera	82
3.6.5.2.1.	Análisis de cargas	83
3.6.5.2.2.	Análisis a flexión	84

3.6.5.2.2.1.	Cálculo para el tramo 1	84
3.6.5.2.2.1.1.	Análisis del momento positivo.....	84
3.6.5.2.2.1.2.	Análisis del momento negativo	85
3.6.5.2.2.1.3.	Verificación de los aceros	86
3.6.5.2.2.2.	Cálculo para el tramo 2	86
3.6.5.2.2.2.1.	Análisis del momento positivo.....	86
3.6.5.2.2.2.2.	Análisis del momento negativo	87
3.6.5.2.2.2.3.	Verificación de los aceros	88
3.6.5.2.3.	Refuerzo transversal por retracción y temperatura.....	88
3.6.5.2.3.1.	Cálculo del tramo 1	88
3.6.5.2.3.2.	Cálculo del tramo 2	89
3.6.5.2.4.	Análisis a corte	89
3.6.5.2.4.1.	Tramo 1.....	89
3.6.5.2.4.2.	Tramo 2.....	89
3.7.	Desarrollo de la estrategia para la ejecución de proyecto	90
3.7.1.	Especificaciones técnicas	90
3.7.2.	Precios unitarios	90
3.7.3.	Cómputos métricos	91
3.7.4.	Planteamiento y cronograma	91
3.7.5.	Presupuesto	91
CAPÍTULO IV		92
4.	Aporte académico (Análisis, calculo y diseño de las cimentaciones con pilotes).....	92
4.1.	Marco conceptual del aporte académico	92
4.1.1.	Clasificación de pilotes.....	92
4.1.1.1.	Clasificación de pilotes por su material.....	92
4.1.1.2.	Clasificación de pilotes por su método constructivo	92
4.1.1.3.	Clasificación de pilotes por su mecanismo resistente	92
4.1.2.	Encepados	93
4.2.	Alcance del aporte académico	93
4.3.	Objetivos.....	93
4.3.1.	Objetivo general del aporte académico	93

4.3.2.	Objetivos específicos del aporte académico	94
4.4.	Marco teórico del aporte académico.....	94
4.4.1.	Capacidad de carga por punta.....	94
4.4.2.	Capacidad de carga por fricción	94
4.4.3.	Métodos de cálculo	94
4.4.3.1.	Cálculo de la capacidad de carga por punta	95
4.4.3.1.1.	Suelos cohesivos.....	95
4.4.3.1.2.	Suelos no cohesivos.....	96
4.4.3.2.	Cálculo de la capacidad de carga por fricción	96
4.4.3.2.1.	Suelos cohesivos.....	96
4.4.3.2.2.	Suelos no cohesivos.....	97
4.4.4.	Transferencia de carga.....	98
4.4.5.	Eficiencia de grupo	98
4.4.6.	Modo de falla en bloque	99
4.4.7.	Recomendaciones estructurales y constructivas.....	100
4.4.8.	Tipos de encepados.....	100
4.4.9.	Refuerzo del encepado.....	100
4.5.	Selección del tipo de pilote a emplear en el proyecto	101
4.6.	Memoria de cálculo del aporte académico	101
4.6.1.	Solicitaciones de la cimentación.....	102
4.6.2.	Cálculo de la carga absorbida en cada pilote.....	104
4.6.3.	Cálculo de la capacidad de carga por punta	105
4.6.3.1.	Cálculo de la resistencia base unitaria.....	105
4.6.4.	Cálculo de la capacidad de carga por fricción del pilote.....	105
4.6.5.	Capacidad última del pilote	107
4.6.6.	Efectos de grupo en pilotes.....	108
4.6.6.1.	Reducción por interacción de grupo	108
4.6.6.2.	Reducción por modo de falla en bloque	108
4.6.7.	Capacidad última del pilote corregido por efecto de grupo.....	108
4.6.8.	Cálculo del peso propio del pilote	109
4.6.9.	Verificación de la resistencia del pilote más cargado.....	109

4.6.10.	Diseño estructural del encepado	109
4.6.10.1.	Análisis en bielas y tirantes	110
4.6.10.1.1.	Angulo vertical de las bielas	110
4.6.10.1.2.	Cálculo de los ángulos horizontales	110
4.6.10.1.3.	Cálculo de las fuerzas en bielas y tirantes	111
4.6.10.2.	Cálculo del acero de refuerzo principal en el encepado	111
4.6.10.3.	Cálculo del acero secundaria inferior en el encepado	112
4.6.10.3.1.	Refuerzo mínimo de acero en el sentido X	112
4.6.10.3.2.	Refuerzo mínimo de acero en el sentido Y	112
4.6.10.4.	Cálculo de la armadura secundaria de la cara superior del encepado	113
4.6.10.5.	Refuerzo perimetral	113
4.6.11.	Verificación estructural de la resistencia del pilote.....	113
5.	Conclusiones y recomendaciones del proyecto	114
5.1.	Conclusiones.....	114
5.2.	Recomendaciones	114
BIBLIOGRAFÍA		116

ANEXOS

ANEXO 1 ESTUDIO DE SUELOS

ANEXO 2 INGENIERÍA DE PROYECTO

2.1. Análisis de cargas

2.1.1. Cargas consideradas sobre la estructura

2.1.2. Peso propio de la estructura

2.1.3. Cargas muertas o permanentes

2.1.4. Carga viva de uso

2.1.5. Carga de viento

2.1.6. Carga de granizo

2.1.7. Análisis de cargas de uso sobre la cubierta metálica

2.2. Verificación del diagrama de momentos y cortante

2.3. Cálculo de deflexiones de la viga de diseño

2.4. Diagrama de interacción de la columna de diseño

2.4.1. Análisis alrededor del eje “x”

2.4.2. Análisis alrededor del eje “y”

2.5. Cálculo de la cimentación del cajón de ascensor

2.5.1. Solicitaciones de la cimentación

2.5.2. Cálculo de la carga absorbida en cada pilote

2.5.3. Análisis con las propiedades del Pozo 2

2.5.4. Análisis con las propiedades del Pozo 1

ANEXO 3 ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN

ANEXO 4 COMPUTOS METRICOS

ANEXO 5 PRECIOS UNITARIOS

ANEXO 6 CRONOGRAMA DE EJECUCION

ANEXO 7 PRESUPUESTO GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación específica del Proyecto	3
Figura 2.1 Anchos efectivos de una placa	12
Figura 2.2 Distribución rectangular de esfuerzos en condiciones de carga ultima	26
Figura 2.3 Diagrama de interacción de una columna	32
Figura 2.4 Monograma del coeficiente k.....	33
Figura 2.5 Esquema de una escalera.....	36
Figura 3.1 Cubierta metálica	41
Figura 3.2 Correa de diseño.....	46
Figura 3.3 Cordon superior de diseño	51
Figura 3.4 Cordon inferior de diseño	53
Figura 3.5 Losa de diseño.....	55
Figura 3.6 Disposición de viguetas y armadura en la losa	57
Figura 3.7 Viga de diseñar	57
Figura 3.8 Solicitaciones de momentos de la viga de diseño	58
Figura 3.9 Despiece de los refuerzos en la viga de diseño	64
Figura 3.10 Solicitaciones de corte en la viga de diseño.....	64
Figura 3.11 Diagrama de solicitaciones a corte en la viga	67
Figura 3.12 Disposición del estribado sobre la viga de diseño	67
Figura 3.13 Ubicación de la columna a diseñar.....	67
Figura 3.14 Solicitaciones a flexión más desfavorables.....	68
Figura 3.15 monograma del factor k de Jackson y Moreland.	70
Figura 3.16 disposición de armando en la columna de diseño	71
Figura 3.17 diagrama de columna en punto de carga balanceada	72
Figura 3.18 Diagrama de interacción para columna C 13 alrededor el eje “x”	76
Figura 3.19 Solicitaciones a corte más desfavorables	77
Figura 3.20 Disposición del refuerzo en la columna	79
Figura 3.21 muro a diseñar	79
Figura 3.22 distribución del refuerzo en el muro	82
Figura 3.23 vista de la escalera de planta baja – primer piso	82
Figura 3.24 análisis de la escalera.	84

Figura 4.1 Bulbo de presiones de un grupo de pilotes	99
Figura 4.2 Disposición de armaduras sobre encepados rígidos.....	101
Figura 4.3 Ubicación de la cimentación de diseño	102
Figura 4.4 Geometría del encepado	102
Figura 4.5 Idealización del sistema resistente del encepado	110
Figura 4.6 Descomposición de fuerzas del pilote "P6"	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Factores de reducción de resistencia.....	20
Tabla 2.2 Recubrimiento para elementos de hormigón contruidos en sitio no pretensados	22
Tabla 2.3 Geometría del gancho estándar para el anclaje de barras corrugadas en tracción	23
Tabla 2.4 Factores de modificación para el anclaje de las barras corrugadas	24
Tabla 2.5 Disposición de nervios rigidizantes en losa de viguetas.....	25
Tabla 2.6 Valores de β_1 para la distribución rectangular equivalente	26
Tabla 2.7 Refuerzo mínimo a corte	30
Tabla 2.8 Separación máxima entre refuerzos transversales	30
Tabla 2.9 Cuantías mínimas de muros.....	35
Tabla 3.1 Tasa de ocupación de locales	42
Tabla 3.2 Dotación de agua potable según el tipo de inmueble	42
Tabla 3.3 Resumen de la dotación de agua potable.....	42
Tabla 3.4 Elementos de la edificación	43
Tabla 3.5 Características del hormigón armado	44
Tabla 3.6 Características del acero conformado en frío	44
Tabla 3.7 Propiedades geométricas de los perfiles costanera.....	45
Tabla 3.8 Momentos admisibles de losas de viguetas	55
Tabla 3.9 Geometría e inercias de vigas y columna	68
Tabla 3.10 Combinaciones del muro de diseño.....	80
Tabla 3.11 Resumen de cargas de escalera	83
Tabla 4.1 Factores de resistencia	95
Tabla 4.2 Factor de capacidad portante	95
Tabla 4.3 Solicitaciones del cajón de ascensor.....	103
Tabla 4.4 Combinaciones de carga de la cimentación.....	103
Tabla 4.5 Resistencia nominal de los estratos del pilote	107

INDICE DE PLANOS

Planos

Planos 1 arquitectónicos

Planos 2 estructurales