

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 DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR
DELFIN DE 5 PISOS”

Por:

AUCACHI FERNANDEZ JOSUE ABRAHAM

SEMESTRE II – 2022

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS
MATERIALES

TOMO I
“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR
DELFIN DE 5 PISOS”

Por:

AUCACHI FERNANDEZ JOSUE ABRAHAM

SEMESTRE II – 2022

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a mi madre y a toda mi familia por el apoyo incondicional y el impulso a lo largo de los años de estudio para poder cumplir mis metas y sueños.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

CAPÍTULO I

Página

1.	Antecedentes.....	1
1.1.	El Problema	1
1.1.2.	Formulación.....	1
1.2.	Objetivos.....	2
1.2.1.	Objetivo principal.....	2
1.2.2.	Objetivos Secundarios	2
1.3.	Justificación.....	3
1.3.1.	Académica	3
1.3.2.	Técnica	3
1.3.3.	Social	3
1.4.	Alcance	4
1.4.1.	General	4
1.4.2.	Análisis de Alternativas.....	4
1.5.	Resultados a lograr	5
1.6.	Restricciones o Limitaciones.....	5

CAPÍTULO II

2.	Marco Teórico	6
2.1.	Generalidades	6
2.2.	Estudio de suelos	6

2.2.1.	Contenido de humedad.....	6
2.2.2.	Análisis granulométrico.....	7
2.2.4.	Peso Específico del Suelo.....	9
2.2.5.	Clasificación de Suelo	9
2.2.6.	Ensayo de Penetración Estándar (SPT)	10
2.3.	Normativas de Diseño	11
2.4.	Materiales en Edificación.....	11
2.5.	Estados Limites	12
2.6.	Acciones en la Estructura	13
2.6.1.	Acciones Gravitacionales	13
2.6.1.1.	Peso Propio.....	13
2.6.1.2.	Carga Muerta.....	13
2.6.1.3.	Carga Viva.....	13
2.6.2.	Acciones Accidentales.....	14
2.6.2.1.	Carga de Viento.....	14
2.7.	Combinaciones de Carga.....	14
2.8.	Métodos de Diseño.....	16
2.8.1.	Resistencias de Diseño	16
2.9.	Comportamiento de la Estructura.....	17
2.9.1.	Comportamiento a Flexión.....	17
2.9.1.1.	Etapas de Concreto No Agrietado.....	18
2.9.1.2.	Etapas de Esfuerzos Elásticos y Concreto Agrietado	19
2.9.1.3.	Resistencia Última.....	20
2.9.1.4.	Hipótesis de Capacidad Nominal	21

2.9.1.5.	Tipos de Fallas de Comportamiento a Flexión.....	23
2.9.2.	Comportamiento a Cortante	26
2.9.2.1.	Grietas por cortante en vigas de hormigón armado.....	27
2.9.3.	Comportamiento a Compresión.....	27
2.9.4.	Comportamiento a Flexocompresión	28
2.9.5.	Comportamiento a Torsión.....	32
2.10.	Estructuración y Límites de Diseño	33
2.10.1.	Diseño a Flexión.....	33
2.10.2.	Diseño a Cortante	36
2.10.3.	Diseño a Flexocompresión	37
2.10.4.	Comprobación de Pandeo.....	39
2.10.5.	Losa Alivianada con Viguetas.....	39
2.10.6.	Fundaciones.....	39
2.11.	Adherencia.....	40
2.12.	Longitud de Desarrollo.....	41
2.13.	Empalmes	41
2.14.	Análisis para Ejecución de Proyecto	41
2.14.1.	Cómputos Métricos	41
2.14.2.	Análisis de Precios Unitarios.....	42
2.14.3.	Presupuesto.....	42
2.14.4.	Cronograma de Obra	42
 CAPÍTULO III		
3.	Ingeniería del Proyecto.....	43
3.1.	Análisis del Estudio de Suelos	43

3.2.	Ubicación.....	45
3.3.	Esquema Arquitectónico	45
3.4.	Esquema Estructural.....	50
3.5.	Predimensionado de Elementos Estructurales.....	62
3.5.1.	Predimensionado de Vigas	62
3.5.2.	Predimensionado de Columnas	63
3.5.3.	Predimensionado de Losas	65
3.6.	Análisis de Cargas	66
3.6.1.	Peso Propio.....	66
3.6.2.	Cargas Lineales de Muros	66
3.6.3.	Cargas Superficiales en Losas	72
3.6.3.2.	Sobrecarga de Uso.....	74
3.6.4.	Carga de Viento.....	75
3.6.5.	Carga de Sismo.....	76
3.7.	Verificaciones de Elementos Estructurales	77
3.7.1.	Vigas de Hormigón Armado	77
3.7.1.1.	Verificación a Flexión	77
3.7.1.2.	Verificación a Cortante.....	85
3.7.1.3.	Verificación de Deformación de Viga.....	90
3.7.1.4.	Comparación de Calculo Manual y Cypecad	90
3.7.2.	Columnas de Hormigón Armado.....	92
3.7.2.1.	Verificación a Pandeo.....	92
3.7.2.2.	Cuantías Máximas y Mínimas	101
3.7.2.3.	Diagrama de Interacción.....	102

3.7.2.4.	Diseño a Cortante	119
3.7.3.	Losa Alivianada con Viguetas.....	124
3.7.4.	Losa Maciza.....	124
3.7.5.	Zapata Central Aislada de Hormigón Armado.....	126
3.7.6.	Zapata Medianera de Hormigón Armado.....	141
3.7.6.1.	Diseño de Viga de Equilibrio	142
3.7.7.	Diseño de Zapata Combinada.....	143
3.7.8.	Diseño de Zapata Esquinera	144
3.7.9.	Escalera de Hormigón Armado	145
3.7.10.	Muro de Hormigón Armado.....	146
3.8.	Cómputos Métricos	147
3.9.	Presupuesto General de Obra	148
3.10.	Cronograma de Ejecución	149

CAPÍTULO IV

4.	Aporte Académico.....	150
4.1.	Objetivo del Aporte	150
4.2.	Planteamiento del Aporte	150
4.3.	Normas Aplicadas	150
4.4.	Marco Teórico	151
4.4.1.	Barra de Acero y Angular de Acero	151
4.4.1.1.	Características de Barras de Acero.....	151
4.4.1.2.	Angular de Acero	152
4.4.2.	La Soldadura.....	153
4.4.3.	Electrodos para Soldadura	153

4.4.4.	Tipos de Empalme Soldado.....	155
4.4.4.1.	Empalme Soldado Simple	155
4.4.4.2.	Empalme Soldado Doble.....	155
4.4.4.3.	Empalme con Angular	156
4.4.5.	Resistencia Requerida	156
4.4.6.	Longitud de Empalme Soldado	156
4.5.	Probetas para Soldadura	160
4.6.	Procedimiento de Soldadura.....	162
4.7.	Ensayos de Tracción.....	165
4.8.	Resultados de Ensayos	167
4.9.	Análisis de Resultados.....	168
4.10.	Conclusiones y Recomendaciones del Aporte	175

CAPÍTULO V

5.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	178
5.1.	Conclusiones:	178
5.2.	Recomendaciones:	180

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

Anexo 1: Matriz PCES

Anexo 2: Ensayos de Suelos

Anexo 3: Detalle de Refuerzo de Acero

Anexo 4: Verificaciones Manuales

Anexo 5: Aporte Académico

Anexo 6: Justificación de Carga de Viento

Anexo 7: Cómputos Métricos

Anexo 8: Análisis de Precios Unitarios

Anexo 9: Especificaciones Técnicas

Anexo 10: Cronograma de Ejecución

PLANOS

Plano Arquitectónico

Planos Estructurales

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Resistencia de Suelo en base a SPT	11
Tabla 2.2: Propiedades de Hormigón	12
Tabla 2.3: Propiedades de Acero	12
Tabla 2.4: Combinaciones de Carga	15
Tabla 2.5: Factores de Reducción de Resistencia	17
Tabla 2.6: Factor de reducción de resistencia	26
Tabla 2.7: Valores de B1 para la distribución rectangular equivalente	34
Tabla 2.8: Separación Máxima de Estribos.....	37
Tabla 2.9: Cortante en dos direcciones	40
Tabla 3.1: Resistencia Admisible del Suelo.....	43
Tabla 3.2: Datos de Diseño para Fundación	44
Tabla 3.3: Altura Mínima de Vigas no Preesforzadas	62
Tabla 3.4: Altura Mínima de Losas en una dirección	65
Tabla 3.5: Pesos de Muros sobre Vigas	71
Tabla 3.6: Cargas Vivas Distribuidas (kN/m ²)	74
Tabla 3.7: Sobrecarga de Uso en Pasillos (kN/m ²).....	74
Tabla 3.8: Sobrecarga de Uso en Terraza (kN/m ²)	74
Tabla 3.9: Velocidades de Viento (m/s).....	75
Tabla 3.10: Tabla Comparativa de Acero en Viga.....	90
Tabla 3.11: Datos Geométricos de Vigas.....	93
Tabla 3.12: Datos Geométricos de Columnas.....	93
Tabla 3.13: Tabla Comparativa de Armadura en Columna	123

Tabla 3.14: Tabla Comparativa de Armaduras en Losa.....	124
Tabla 3.15: Tabla Comparativa de Zapata Central	140
Tabla 3.16: Tabla Comparativa Zapata Medianera.....	141
Tabla 3.17: Tabla comparativa de Viga de Equilibrio	142
Tabla 3.18: Comparativa Zapata Combinada Acero Inferior.....	143
Tabla 3.19: Comparativa Zapata Combinada Acero Superior	143
Tabla 3.20: Armadura en Zapata Esquinera.....	144
Tabla 3.21: Tabla Comparativa de Aceros en Escalera	145
Tabla 3.22: Cómputos Métricos.....	147
Tabla 3.23: Presupuesto General de Obra.....	148
Tabla 4.1: Características del Acero Corrugado	151
Tabla 4.2: Requerimiento de Resistencia en barras de Acero.....	152
Tabla 4.3: Características Angular de Acero A36	153
Tabla 4.4: Requerimientos en Angular de Acero.....	153
Tabla 4.5: Requerimiento Electrodo E6010.....	154
Tabla 4.6: Requerimientos Electrodo 7018.....	154
Tabla 4.7: Longitud de Empalme según AWS D1.4.....	158
Tabla 4.8: Longitud de Empalme según Calavera	159
Tabla 4.9: Cantidad de Ensayos por Tipo de Probeta	165
Tabla 4.10: Cargas Aplicadas a Probetas.....	165
Tabla 4.11: Resultados de Barra Integra	167
Tabla 4.12: Resultados de Empalmes Soldados.....	168
Tabla 4.13: Requisitos de Resistencia de Norma.....	168
Tabla 4.14: Comparación de barra integra.....	169

Tabla 4.15: Cumplimiento de Resistencia por Norma	169
Tabla 4.16: Precios Unitarios usados en Empalmes	171
Tabla 4.17: Cantidad de Electrodo empleados por tipo de empalme	171
Tabla 4.18: Cantidades Unitaria de Materiales Empleados	172
Tabla 4.19: Precio Unitario de Empalme Soldado Simple	173
Tabla 4.20: Precio Unitario Empalme Soldado Doble	173
Tabla 4.21: Precio Unitario del Empalme con Angular	174
Tabla 4.22: Precios Unitarios de Tipo de Empalme por Diámetro	174

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1: Curva Granulométrica.....	7
Gráfico 2.2: Aparato de Casa Grande	8
Gráfico 2.3: Formación de Cilindros	8
Gráfico 2.4: Formula de Peso Especifico.....	9
Gráfico 2.5: Ensayo de SPT	10
Gráfico 2.6: Concreto No Agrietada	18
Gráfico 2.7: Sección No Agrietada	19
Gráfico 2.8: Concreto Agrietado.....	20
Gráfico 2.9: Compresión y Tensión del momento nominal	21
Gráfico 2.10: Comportamiento del Acero.....	22
Gráfico 2.11: Diagrama Momento - Curvatura.....	23
Gráfico 2.12 Sección Controlada por tracción	24
Gráfico 2.13: Sección Controlada por Compresión	24
Gráfico 2.14: Falla Balanceada	25
Gráfico 2.15: Variación de Coeficiente de Seguridad	25
Gráfico 2.16: Grietas por Flexión – Cortante.....	27
Gráfico 2.17: Columna sometida a carga y excentricidad variable	29
Gráfico 2.18: Columna sometida a carga y excentricidad variable	30
Gráfico 2.19: Columna Sometida a Flexocompresión	31
Gráfico 2.20: Efecto de Torsión en Hormigón Armado	32
Gráfico 2.21: Hipótesis de Diseño a Flexión	33
Gráfico 2.22: Fuerzas Internas en carga ultima	35
Gráfico 2.23: Diagrama de Interacción de Columna	38

Gráfico 3.1: Resistencia Admisible en Pozo 1 – 2 metros.....	44
Gráfico 3.2: Resistencia Admisible Pozo 2 – 3 metros.....	44
Gráfico 3.3: Límites del Terreno.....	45
Gráfico 3.4: Planos de Arquitectura.....	45
Gráfico 3.5: Plano Arquitectónico Planta Baja	46
Gráfico 3.6: Plano Arquitectónico Planta Tipo.....	47
Gráfico 3.7: Elevación Corte A-A	48
Gráfico 3.8: Elevación Corte B-B.....	49
Gráfico 3.9: Esquema de Alturas de Estructura	50
Gráfico 3.10: Vista 3D de Estructura.....	51
Gráfico 3.11: Esquema Estructural – Vista 3D.....	52
Gráfico 3.12: Esquema Estructural Pórtico de Hormigón Armado – Plano XZ.....	53
Gráfico 3.13: Esquema Estructural Pórtico de Hormigón Armado – Plano YZ.....	54
Gráfico 3.14: Esquema Estructural Vigas de Sobrecimiento – Plano XY	55
Gráfico 3.15: Esquema Estructural Vigas de Planta Tipo - Plano XY	56
Gráfico 3.16: Plano Estructural – Vista 3D	57
Gráfico 3.17: Plano Estructural Portico de Hormigón Armado – Plano XZ	58
Gráfico 3.18: Plano Estructural Portico de Hormigón Armado – Plano YZ	59
Gráfico 3.19: Esquema Estructural Vigas de Sobrecimiento – Plano XY	60
Gráfico 3.20: Esquema Estructural Vigas de Planta Tipo – Plano XY.....	61
Gráfico 3.21: Ladrillo de 6 huecos Cerámica Guadalquivir	66
Gráfico 3.22: Mapa Probabilístico de Amenaza Sísmica.....	76
Gráfico 3.23: Aceleración Máxima en Terreno	76
Gráfico 3.24: Diagrama de Momentos de Viga	78

Gráfico 3.25: Diagrama de Cortantes.....	85
Gráfico 3.26: Cortante a distancia “d”	86
Gráfico 3.27: Detalle de Armadura en Viga C6-C7.....	91
Gráfico 3.28: Columna de Diseño.....	92
Gráfico 3.29: Nomograma de Estructura Traslacional	96
Gráfico 3.30: Acero en Columna	101
Gráfico 3.31: Recubrimiento en Columna	102
Gráfico 3.32: Peraltes Efectivos en Columna	103
Gráfico 3.33: Solicitaciones en Columna.....	104
Gráfico 3.34: Distancia al eje neutro.....	106
Gráfico 3.35: Diagrama de Cuerpo Libre	107
Gráfico 3.36: Diagrama de Fuerzas	109
Gráfico 3.37: Diagrama de Interacción de Columna en “Eje X”	115
Gráfico 3.38: Diagrama de Interacción de Columna en “Eje Y”	116
Gráfico 3.39: Acero Longitudinal en Columna.....	118
Gráfico 3.40: Cortante Ultimo en Columna.....	119
Gráfico 3.41: Armadura en Columna de Planta Baja.....	123
Gráfico 3.42: Rango de Fuerza de Pretensado	124
Gráfico 3.43: Armado inferior de acero.....	125
Gráfico 3.44: Armado superior de acero.....	125
Gráfico 3.45: Determinación de Altura de Zapata	127
Gráfico 3.46: Excentricidad en Zapata Central.....	128
Gráfico 3.47: Presiones en Zapata Aislada Central	130
Gráfico 3.48: Presiones debido a solicitaciones mayoradas	131

Gráfico 3.49: Cortante en una Dirección	133
Gráfico 3.50: Punzonamiento en Zapata.....	135
Gráfico 3.51: Esfuerzo de Punzonamiento.....	136
Gráfico 3.52: Flexión en Zapata.....	137
Gráfico 3.53: Armado de Zapata Central.....	140
Gráfico 3.54: Armado de Zapata Medianera.....	141
Gráfico 3.55: Armado de Viga de Equilibrio.....	142
Gráfico 3.56: Armadura de Zapata Combinada	143
Gráfico 3.57: Armadura de Zapata Esquinera.....	144
Gráfico 3.58: Disposición de Acero en Escalera	145
Gráfico 3.59: Acero de Refuerzo en Muro de Hormigón en Planta Baja	146
Gráfico 3.60: Diagrama de Interacción de Muro de Planta Baja	146
Gráfico 3.61: Cronograma de Ejecución Fuente: Elaboración Propia	149
Gráfico 4.1: Angular de Acero.....	152
Gráfico 4.2: Electrodo en Soldadura	154
Gráfico 4.3: Empalme Soldado Simple.....	155
Gráfico 4.4: Empalme Soldado Doble	156
Gráfico 4.5: Empalme Indirecto con Angular de Acero	156
Gráfico 4.6: Longitud de Empalme con Angular.....	157
Gráfico 4.7: Empalme Simple.....	160
Gráfico 4.8: Empalme Doble	161
Gráfico 4.10: Grafico Comparativo de Esfuerzos de $\phi 10$ mm	170
Gráfico 4.11: Grafico Comparativo de Esfuerzos de $\phi 12$ mm	170
Gráfico 4.12: Grafico Comparativo de Esfuerzos de $\phi 16$ mm	171

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 4.1: Barra de Acero ArcelorMittal.....	152
Fotografía 4.2: Empalme Simple	160
Fotografía 4.3: Empalme Doble.....	161
Fotografía 4.4: Empalme con Angular.....	161
Fotografía 4.5: Probetas listas para soldadura.....	162
Fotografía 4.6: Equipo usado en Soldadura	162
Fotografía 4.7: Probetas en Mesa de Trabajo.....	163
Fotografía 4.8: Testeo de Corriente	163
Fotografía 4.9: Proceso de Soldadura	163
Fotografía 4.10: Probetas Soldadas.....	164
Fotografía 4.11: Limpieza de Probeta Soldada.....	164
Fotografía 4.12: Probetas Listas.....	164
Fotografía 4.13: Ensayo de Tracción	165
Fotografía 4.14: Lectura de Deformaciones.....	166
Fotografía 4.15: Ensayo de Probetas.....	166
Fotografía 4.16: Medición de Propiedades Geométricas Finales.....	167