

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

**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES**



**“DISEÑO TANQUE CIRCULAR DE 1500M3 – PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE ALTO SENAC CERCADO-TARIJA”**

**TOMO I  
(TEXTOS Y ANEXOS)**

por:

**APARICIO FERNÁNDEZ JUAN CARLOS**

Proyecto de grado presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico en Licenciatura en Ingeniería Civil.

**SEMESTRE - II - 2019**

**TARIJA - BOLIVIA**

Los términos, la forma, los modos y las expresiones empleadas en la elaboración del presente trabajo, son únicamente responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mi madre y mi familia que me dieron todo su apoyo en poder alcanzar tan anhelada meta, a mis docentes y amigos, quienes con sus enseñanzas y apoyo ayudaron a culminar una etapa muy importante en mi vida.

**PENSAMIENTO:**

Las ciencias de los ingenieros son aquellas que dan los modos del conocimiento en las direcciones y los métodos en la facilidad para remover los obstáculos para la invención de esta arte y su exteriorización in actu en los cuerpos físicos y sensibles.

**DISEÑO ESTRUCTURAL DEL “TANQUE CIRCULAR DE 1500M3 – PLANTA  
DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE ALTO SENAC CERCADO-  
TARIJA”  
ÍNDICE**

**CAPITULO I ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO**

1.1	Nombre del proyecto.....	1
1.2	Aspectos físicos .....	1
1.2.1.	Ubicación Geográfica.....	1
1.2.2	Ubicación del proyecto.....	1
1.3.	Aspectos demográficos.....	2
1.3.1.	Población de la zona de estudio.....	2
1.3.2.	Lengua que habla la población del área de influencia.....	10
1.4.	Aspectos económicos.....	10
1.4.1	Pobreza en la zona en estudio.....	10
1.5.	Servicios básicos.....	12
1.5.1	Agua potable.....	12
1.5.2	Alcantarillado.....	12
1.5.3	Energía eléctrica.....	12
1.5.4	Educación.....	12
1.5.5	Salud .....	13
1.6.	Objeto del proyecto. ....	14
1.6.1.	Descripción del problema.....	14
1.6.1.1.	Problemática actual.....	14
1.6.1.2.	Identificación del problema .....	15
1.6.1.2.1	Planteamiento. ....	15
1.6.1.2.2	Formulación. ....	15
1.6.1.2.3	Sistematización. ....	16
1.7	Razones que justifican el proyecto .....	16
1.7.1	Sociales.....	16
1.7.2	Económicas.....	16
1.7.3	Técnicas .....	17

1.8.	Objetivos .....	17
1.8.1.	General.....	17
1.8.2.	Específicos.....	17

**CAPITULO II MARCO TEÓRICO.**

2.1	Tanques de Ho Ao .....	18
2.1.1.	Introducción. ....	18
2.1.2.	Clasificación de Tanques .....	19
2.1.2.1.	Tanques superficiales.....	19
2.1.3.	Geometría de los tanques.....	19
2.1.4.	Tanques según el material. ....	20
2.1.4.1.	Tanques de hormigón armado .....	20
2.1.5.	Estructuración de los tanques. ....	20
2.2.	Estudio de suelos.....	22
2.2.1.	Composición del suelo. ....	22
2.2.1.1.	Límites de Atterberg.....	22
2.2.1.2.	Clasificación de los suelos.....	23
2.2.1.3.	El sistema AASHTO.....	23
2.3.	Estudio topográfico .....	25
2.3.1.	Planimetría.....	25
2.3.2.	Altimetría.....	25
2.3.3.	Geodesia.....	25
2.3.4.	Georreferenciación.....	25
2.3.5..	Tipos de levantamiento.....	27
2.3.6.	Equipo Topográfico .....	27
2.3.7.	Levantamiento y procesamiento topográfico.....	30
2.4.	Características del Hormigón Armado.....	31
2.4.1.	Generalidades .....	31
2.4.2.	Hormigón Armado.....	31
2.4.2.1	Tamaños máximo y mínimo de un árido.....	35
2.4.2.2.	Hormigones Composición.....	36

2.4.2.3. Condiciones de calidad.....	36
2.4.2.4. Características mecánicas.....	37
2.4.2.5. Valor Mínimo de la resistencia .....	38
2.4.2.6. Docilidad del hormigón .....	39
2.4.3 Aceros para armaduras pasivas.....	39
2.4.3.1 Generalidades.....	39
2.4.3.2. Barras y rollos de acero corrugado.....	40
2.4.3.3. Características mecánicas mínimas.....	41
2.4.3.4. Doblado de las armaduras.....	45
2.4.3.5. Anclaje de las armaduras.....	46
2.4.3.6. Empalme de las armaduras.....	48
2.4.3.7. Empalmes por solape.....	53
2.4.4. Coeficientes de minoración y mayoración.....	54
2.5. Hipótesis de cargas.....	55
2.5.1 El empuje hidrostático.....	55
2.5.2. El empuje de tierras .....	55
2.5.3. La acción térmica, el viento y los efectos diferidos.....	56
2.6. Planteamiento de modelo estructural.....	56
2.7. Diseño de elementos estructurales.....	56
2.7.1. Predimensionamiento.....	56
2.7.2. Losas de fundación.....	57
2.7.2.1. Acciones en las cimentaciones.....	57
2.7.2.2. Tipos de losas.....	57
2.7.2.3. Estabilidad y asientos.....	58
2.7.2.4. Dimensionamiento.....	59
2.7.3. Diseño de columnas.....	61
2.7.3.1. Excentricidad mínima de cálculo.....	62
2.7.3.2. Disposición relativas a las armaduras.....	62
2.7.3.3. Armaduras longitudinales.....	62
2.7.3.4. Cuantías límites.....	63
2.7.3.5. Armadura transversal.....	63

2.7.3.6. Pandeo de piezas comprimidas de hormigón armado.....	64
2.7.3.7. Esbeltez geométrica y mecánica.....	67
2.7.3.8. Flexión esviada.....	67
2.7.4. Losas.....	68
2.7.4.1. Placas planas de Hormigón Armado apoyados sobre apoyos aislados para cierre.....	68
2.7.4.2. Dimensionamiento.....	71
2.7.4.3. Métodos de cálculo.....	71
2.7.5. Ábacos adimensionales.....	74
2.7.5.1. Proceso de cálculo.....	75
2.7.6. Muro Circular.....	77
2.7.6.1. Consideraciones generales.....	77
2.7.6.2. Calculo de esfuerzos.....	78
2.7.6.3 Dimensionamiento .....	80
2.8. Costos y presupuestos en la construcción.....	82
2.8.1. Especificaciones Técnicas.....	83
2.8.2. Cómputos métricos.....	83
2.8.3. Análisis de Precio Unitario.....	84
2.8.4. Presupuesto General.....	91
2.9. Cronograma de ejecución.....	92

### **CAPITULO III DISEÑO DE INGENIERÍA DEL PROYECTO**

3.1. Tanque de Ho Ao.....	93
3.1.1. Datos generales del proyecto.....	93
3.2. Estudio de Suelos.....	94
3.3. Estudio Topográfico.....	95
3.4. Características del Hormigón Armado.....	95
3.5. Hipótesis de cargas.....	96
3.6. Planteamiento de modelo estructural.....	96
3.7. Diseño de elementos estructurales.....	98
3.7.1. Predimensionamiento.....	98



3.7.2. Losas de fundación.....	99
3.7.3 Cálculo de columnas.....	101
3.7.4 Losas.....	104
3.7.4.1. Placas sobre apoyos aislados .....	104
3.7.4.2. Cálculo de los esfuerzos método directo.....	104
3.7.5. Ábacos adimensionales.....	107
3.7.6. Diseño Muros curvos.....	108
3.7.6.1 Cargas.....	108
3.7.6.2. Resultado del cálculo y armaduras.....	112
3.8. Presupuesto.....	112
3.8.1. Especificaciones Técnicas.....	112
3.8.2. Cómputos métricos.....	112
3.8.3. Análisis de Precio Unitario.....	112
3.8.4. Presupuesto General.....	113
3.9. Cronograma.....	114

#### **CAPITULO IV APORTE ACADÉMICO – DISEÑO DE MURO CURVO**

4.1. Introducción.....	115
4.2. Objetivo general.....	115
4.3. Objetivos específicos.....	115
4.4. Marco teórico.....	115
4.4.1. Elementos finitos tipo cascara o Shell. ....	116
4.5 Desarrollo del aporte académico.....	118
4.5.1 Modelo programa computarizado SAP 2000 19.1.1 .....	118
4.5.2 Verificación manual. ....	119
4.6 Análisis de Resultados .....	122

#### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones.....	123
Recomendaciones Constructivas.....	126
Bibliografía.....	128

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1 Ubicación.....	2
Figura N° 2 Plano de distritos de la ciudad de Tarija.....	3
Figura N° 3 Distritos de la ciudad de Tarija.....	5
Figura N° 4 Niveles de pobreza población de la zona de estudio.....	11
Figura N° 5 Tanque superficial.....	19
Figura N°6 Tanque circular.....	20
Figura N°7 Estructuración de los tanques.....	20
Figura N° 8 Estructuración de un tanque.....	21
Figura N°9 Detalles constructivos de un tanque.....	21
Figura N° 10 Longitud de anclaje.....	49
Figura N°11 Sección en que deja de ser necesaria la barra.....	52
Figura N°12 Longitud de empalme en armaduras pasivas.....	53
Figura N°13 Esfuerzo de tracción en depósitos cilíndricos.....	61
Figura N°14 Pórticos traslacionales (para obtener el valor de k .....	66
figura N°15 pórticos intraslacionales (para obtener el valor de k .....	66
figura N°16 definición de recuadro, bandas y pórtico virtual.....	70
figura N°17 espesor mínimo.....	71
figura N°18 esfuerzos en la pared de un depósito cilíndrico.....	77
figura N°19 valores de k.....	80

figura N°20 momentos en deposito cilíndrico empotrados en el fondo, para $k \leq 10$ .....	81
figura N°21 momentos en deposito cilíndrico empotrados en el fondo, para $k \geq 1$ .....	82
figura N°22 modelo estructural de aporticación de tanque .....	97
figura N°23 modelo de conjunto - apoyo de losa de cierre .....	97
figura N°24 modelo de condición mas desfavorable .....	97
figura N°25 modulo de fisuración en placas .....	100
figura N°26 modulo de fisuración en placas .....	110
figura N°27 valores de k.....	111
Figura N°28 Vista 3d del tanque y elementos utilizados en el modelo de capas en sap 2000 19.1.1 .....	116
Figura N°29 Tanque con empuje de tierras en modelo de capas.....	117
Figura N°30 Tanque con empuje hidrostático en modelo de capas.....	117
Figura N°31 Refuerzo vertical exterior .....	118
Figura N°32 Refuerzo horizontal interior .....	118
Figura N°33 Modulo de fisuración en placas .....	120
Figura N°34 Valores de k .....	121

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1 Características del área urbana de la ciudad de Tarija.....	4
Cuadro N° 2 Ciudad de Tarija: distritos 1, 2, 3, 4, 5,.....	6
Cuadro N°3 ciudad de Tarija: distrito 6.....	7
Cuadro N° 4 ciudad de Tarija: distrito 7.....	7
Cuadro N°5 ciudad de Tarija: distrito 8.....	8
Cuadro N°6 ciudad de Tarija: distrito 9.....	8
Cuadro N°7 ciudad de Tarija: distrito 10.....	9
Cuadro N°8 ciudad de Tarija: distrito 11.....	9
Cuadro N° 9 ciudad de Tarija: distritos 12.....	9
Cuadro N° 10 ciudad de Tarija: distritos 13.....	10
Cuadro N° 11 municipio de cercado: incidencia de pobreza.....	11
Cuadro N°12 características del cemento.....	32
Cuadro N°13 tamaños de áridos.....	35
Cuadro N°14 asentamientos de la mezcla de hormigón.....	39
Cuadro N°15 características de acero corrugado.....	41
Cuadro N°16 doblado y desdoblado de armadura.....	42
Cuadro N°17 Doblado y desdoblado de armadura.....	42
Cuadro N°18 Aceros soldables.....	43

Cuadro N° 19 Especificación del ensayo de deformación alternativa.....	43
Cuadro N°20 Área proyectada de corrugas o de grafilas.....	44
Cuadro N°21 Composición química (porcentajes máximos, en masa.....	45
Cuadro N°22 Radios de curvatura para ganchos y estribos.....	45
Cuadro N°23 radios de curvatura de la armadura principal.....	46
Cuadro N°24 Coeficiente numérico m en función del tipo de acero.....	50
Cuadro N°25 Valores de $\beta$ .....	52
Cuadro N°26 Valores de $\alpha$ .....	54
Cuadro N°27 Coeficientes de minoración.....	54
Cuadro N°28 Coeficientes de mayoración.....	55
Cuadro N°29 Esfuerzos en el arranque de la pared.....	60
Cuadro N°30 Longitud de pandeo $\ell_0=k*\ell$ de las piezas aisladas.....	65
Cuadro N°31 Momento de referencia en las secciones críticas de apoyos y vanos en porcentaje del momento isostático.....	73
Cuadro N°32 Valores de $\delta$ para losas aligeradas .....	73
Cuadro N°33 Valores de $\delta$ para losas macizas .....	73
Cuadro N°34 Valores de la constante $\beta$ , para el cálculo de la excentricidad ficticia.....	77
Cuadro N°35 Armaduras necesarias.....	78
Cuadro N°36 Esfuerzos en el arranque de la pared.....	79
Cuadro N° 37 Determinación del porcentaje de gastos generales.....	90

Cuadro N°38 Resumen de resultados ensayo spt .....	94
Cuadro N°39 Resistencia a compresión simple .....	94
Cuadro N°40 Valores mínimos de sobrecarga para edificios de vivienda y otros .....	105
Cuadro N°41 Momentos de referencia en las secciones críticas de apoyo y vanos en porcentajes del momento isostático mv .....	106
Cuadro N°42 Esfuerzos en el arranque de la pared .....	109
Cuadro N°43 Presupuesto general modulo estructura .....	113
Cuadro N°44 Esfuerzos en el arranque de la pared .....	119
Cuadro N°45 Tabla comparativa de áreas de acero.....	122
Cuadro N°46 Tabla de comparación de resultados .....	124
cuadro N°47 Tabla comparativa de áreas de acero.....	124

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>A.1</b> Estudios de suelos.....	
Estudio SPT pozo de muestreo 1.	
Estudio SPT pozo de muestreo 2.	
<b>A.2</b> Estudio topográfico.....	
Puntos de levantamiento.	
<b>A.3</b> Calculo de estructuras.....	
Diseño de muros curvos.	
Diseño de losa de fundación.	
Diseño de placas sobre apoyos aislados.	
Diseño de ábacos de refuerzo.	
Diseño de columnas circulares.	
<b>A.4</b> Especificaciones Técnicas.....	
<b>A.5</b> Cómputos métricos.....	
<b>A.6</b> Presupuesto y Precios Unitarios.....	
Presupuesto general.	
Precios Unitarios por ITEM'S.	
<b>A.7</b> Cronograma.....	
<b>A.8</b> Planos.....	
Plano emplazamiento general en planta.	
Plano Tanque 1500 m3 en planta.	
Plano Tanque 1500 m3 corte longitudinal.	
Plano Tanque 1500 m3 dimensiones general.	

Plano Tanque 1500 m3 dimensiones secciones.

Plano estructural armadura en muros circulares.

Plano estructural armadura en losa de cierre detalle.

Plano estructural armadura en losa de cierre – armadura superior.

Plano estructural armadura en losa de cierre – armadura inferior.

Plano estructural armadura en losa de fundación.

Plano estructural armadura en ábacos de refuerzo.

Plano estructural armadura en columnas circulares.

Plano estructural armadura de refuerzo en base de muros.

Plano estructural detalle de unión de armaduras entre elementos – detalles.