

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**PROGRAMA ESPECIAL DE TITULACION**

**CARRERA: INGENIERIA CIVIL**



## **TRABAJO DIRIGIDO**

**ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA RIEGO EN TERRENOS  
SECANOS – APLICADO A LA ZONA DE RUJERITO**

**Postulante: HUMBERTO VEGA FLORES**

**Tutor: ING. CARLOS ZENTENO MARAZ**

**TARIJA - BOLIVIA**

El tribunal calificador de la presente tesis, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en la misma, siendo únicamente responsabilidad del autor.

Un agradecimiento a la Universidad Juan Misael Saracho y a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil por todas sus enseñanzas y reflexiones realizadas con una calidad científica y humana.

#### AGRADECIMIENTOS:

Deseo realizar los siguientes agradecimientos:

A Dios por la bendición de cada día,

A mis Grandes Padres de familia por el apoyo constante.

A mis Hermanos y Hermanas.

A mi Esposa Dolly y con ella a la luz de mi vida Mi Hijito Esteban Matías que es la Fuerza constante que me motiva a levantarme cada día.

## ÍNDICE

	Pag.
1.- Introducción .....	1
1.1.- Alcance del Estudio.....	1
1.2.- Características Generales de la Zona .....	2
Descripción de la Cuenca .....	2
• Cuenca del río Alisos .....	3
• Cuenca Río Antigal .....	3
• Quebrada Thipa Huayco.....	4
• Quebrada de Barbascuyo.....	4
• Río Miscas Caldera .....	4
• Cuenca del río Armáoz.....	5
• Quebrada Huayco Grande .....	6
• Quebrada del Saladillo .....	6
• Quebrada Barrientos.....	7
• Quebrada San José de Charaja .....	7
• Quebrada Huayrihuana.....	8
Sistema de Riego Existentes en la Cuenca del Río Camacho .....	12
1.2.1.- Ubicación del Proyecto .....	14
1.2.2.- Ubicación Geográfica del Proyecto.....	14
1.3.- El Agua .....	14
1.3.1.- Usos del Agua .....	15
1.3.1.1.- Consumo doméstico .....	16

1.3.1.2.- Consumo Comercial e industrial .....	16
1.3.2.- Disponibilidad de Agua.....	16
1.4.- La Cuenca .....	18
1.4.1.- Tipos de Cuencas .....	18
1.5.- Justificación.....	19
1.6.- Identificación del Problema .....	21
1.7.- Objetivos.....	22
1.7.1.- Objetivo General .....	22
1.7.2.- Objetivos Específicos.....	22
2.- CAPÍTULO II: HIDROLOGÍA .....	23
2.1.- Hidrología.....	23
2.1.1.- Introducción .....	23
2.1.2.- Concepto.....	24
2.1.3.- Objetivos de Los Estudios Hidrológicos.....	24
2.1.4.- Estudios Hidrológicos en Proyectos De Ingeniería.....	26
2.1.5.- Precipitación.....	27
2.1.5.1.- Tipos de Precipitaciones.....	27
2.1.6.- La Cuenca.....	28
2.1.6.1.- Características de la Cuenca.....	28
2.1.6.2.- Tipos de Cuencas .....	32
2.1.7.- Métodos para la Determinación de Caudales.....	32
2.1.7.1.- Caudales de Crecida.....	32
2.1.7.2.- Caudales Medios. ....	34
CAPÍTULO 3: PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....	35

3.1.-	Introducción.....	35
3.2.-	Definición de flujo y Tipos de flujos.....	35
3.2.1.-	Flujo uniforme en Tuberías .....	37
3.3.-	Teorema de Bernoulli – Ecuación de la Energía .....	40
3.4.-	Resistencia de Superficies en el Movimiento Uniforme .....	42
3.4.1.-	Ecuación de Darcy .....	42
3.4.2.-	Significado del Coeficiente f de Darcy (en Tuberías Circulares) .....	43
3.4.3.-	Tuberías Hidráulicamente lisas .....	45
3.4.4.-	Tuberías Hidráulicamente Rugosas.....	48
3.4.5.-	Fórmula de Colebrook - White.....	49
3.4.6.-	Dimensionamiento de conductos .....	50
3.5.-	Diseño de Tuberías .....	51
3.5.1.-	Conceptos de pérdida de carga, línea de energía y línea piezométrica .....	53
3.5.2.-	Ábaco de Moody .....	56
3.5.3.-	Pérdidas de Carga Locales (Flujo Turbulento) .....	58
3.5.4.-	Tuberías en Serie.....	60
3.6.-	Bombas Hidráulicas.....	61
3.6.1.-	Introducción .....	61
3.6.2.-	Bombas en Sistemas de Tuberías.....	62
3.6.3.-	Línea de Gradiente Hidráulico en Sistemas de Bombas - Tuberías .....	66
3.6.4.-	Punto de Operación de la Bomba.....	69
3.6.5.-	Limitaciones en la Altura de Succión .....	71
3.7.-	Galería Filtrante.....	74
3.7.1.-	Utilización de las galerías .....	75

Las Ventajas de las galerías construidas en materiales no consolidados son las siguientes:	75
3.7.2.- Tipo de Galería.....	76
3.7.3 Cálculo hidráulico .....	82
3.7.4.- Conductividad Hidráulica .....	84
Pozo con carga de agua .....	85
(a) velocidad de infiltración de la columna de agua en el pozo .....	85
<b>CAPÍTULO 4: DISEÑO DE INGENIERÍA.....</b>	<b>88</b>
4.1.- Topografía .....	88
4.1.1.- Datos de Campo .....	88
4.1.2.- Procesamiento de Datos .....	88
4.2.- Áreas de Riego .....	89
4.2.1.- Diseño Agronómico .....	89
4.3.- Diseño Hidrológico .....	90
4.3.1.- Áreas de Aporte.....	91
4.3.2.- Aspectos climáticos.....	94
4.3.2.1.- Precipitación.....	94
4.3.2.2.- Temperaturas .....	98
4.3.2.3.- Evaporación.....	100
4.3.2.4.- Humedad .....	101
4.3.2.4.- Viento .....	102
4.3.2.5.- Clasificación climática .....	103
4.3.3.- Cálculo de Caudal Máximo, Caudal Mínimo.....	104
4.3.3.1.-Caudales Máximos .....	104
4.3.3.2.-Caudal medio .....	113



4.4.-	Diseño Hidráulico.....	114
4.4.1.-	Diseño de Obra de Toma.....	115
4.4.2.-	Diseño de Sistema de bombeo .....	117
4.4.3.-	Diseño de Cámara de Distribución.....	129
4.4.4.-	Diseño de Redes de Distribución .....	130
4.5.-	Cómputos Métricos .....	132
4.6.-	Presupuesto.....	135
4.6.1.-	Presupuesto de Infraestructura .....	135
4.6.2.-	Presupuesto de Operación y Mantenimiento.....	139
5.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	142
5.1.-	Conclusiones .....	142
2.2.-	Recomendaciones.....	143

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro N° 1: Número de Obras de Toma en el Río Camacho .....	13
Cuadro N° 2: Esquema de Bordos de Entrada .....	59
Cuadro N° 3 Tipos de Bombas .....	65
Cuadro N° 4: Tabla de conductividad hidráulica de algunos materiales .....	85
Cuadro N°5: Calendario Agrícola y Valores de Kc.....	89
Cuadro N°6: Datos para el Cálculo de la Evapotranspiración Potencial .....	90
Cuadro N°7: Precipitación Media Anual en mm .....	95
Cuadro N°8: Lluvia Anual en las Estaciones del Área de Estudio (en mm) .....	96
Cuadro N° 9: Precipitación Media Anual en mm .....	97
Cuadro N° 10: Temperatura Media (°C).....	99
Cuadro N° 11: Evaporación Media (mm).....	100
Cuadro N° 12: Humedad Relativa (%) .....	101
Cuadro N° 13: Velocidad del Viento (km/hr a 2mt).....	103
Cuadro N° 14: Precipitación Máxima Diaria (mm).....	105
Cuadro N° 15: Altura de Lluvia Máxima Diaria (mm) .....	106
Cuadro N° 16: Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /seg).....	112
Cuadro N° 17: Resumen de Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /seg).....	113
Cuadro N° 18: Rendimiento de la Cuenca del Río Camacho 75% .....	114
Cuadro N° 19: Método Iterativo para la Determinación “D” y “f” .....	120
Cuadro N° 20: Largo Equivalentes para Pérdidas Locales .....	121
Cuadro N° 21: Pérdidas por fricción, Pérdidas Locales y Altura total .....	122

Cuadro N° 22: Determinación de la Potencia de la Bomba.....	123
Cuadro N° 23: Diseño de Tuberías de los Ramales .....	132
Cuadro N° 24: Resumen de Cálculos Métricos.....	133
Cuadro N°25: Estructura de Precios Unitarios .....	136
Cuadro N° 26: Presupuesto General del Sistema.....	137
Cuadro N° 27: Costos de Funcionamiento del Sistema .....	140

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura N° 1: Distribución del agua en el mundo .....	18
Figura N° 2: Característica de una cuenca.....	29
Figura N° 3: Fuerzas que Actúan en un Fluido Contenido en un Volumen de Control .....	38
Figura N° 4: Esquema del Teorema de Bernoulli .....	41
Figura 5: Coeficiente de “f” de Darcy en tuberías lisas .....	47
Figura N°6: Gráfico de Nikuradse .....	49
Figura N° 7: Ecuación de la Energía en una Tubería .....	52
Figura N° 8: Ecuación de energía en una tubería .....	53
Figura N° 9: Diagramas de Moody para Hallar el Coeficiente de Fricción “f” en Tuberías	57
Figura N°10: Pérdida de Carga Local.....	58
Figura N°11: Tuberías Serie (Dos Tramos).....	60
Figura 13: Tipos de Bombas Hidráulicas .....	62
Figura N° 14: Tipos de Bombas Hidráulicas .....	64
Figura N° 15: Bomba Colocada en un Sistema de Tuberías Simples.....	67
Figura N°16: Curva del Sistema en un Sistema Bomba - Tubería. ....	70
Figura N° 17: Punto de Operación de la Bomba .....	71
Figura N° 18: Esquema de la Tubería de Succión en un Sistema Bomba-Tubería .....	73
Figura N° 19: Captación con Líneas de Flujo Paralelas y Equipotenciales Casi Verticales	77
Figura N° 20: Captación con Líneas de Flujo Radiales y Equipotenciales Cilíndricas.....	78
Figura N° 21: Galería que Comprometen todo el Espesor del Acuífero y Ubicada en Acuífero con Esgurrimento Propio.....	80
Figura N° 22: Galería que Comprometen todo el Espesor del Acuífero y Ubicada en Acuífero con Recarga Superficial.....	80
Figura N° 23: Galería que Comprometen parte la Superior del Acuífero y Ubicada en Acuífero con Esgurrimento Propio.....	81
Figura N° 24: Galería que Comprometen la Parte Superior del Acuífero .....	81
y Ubicada en Acuífero con Recarga Superficial .....	81

Figura N° 25: Galería en Acuíferos con Recarga Superficial y Ubicado en Acuífero de Gran Espesor .....	82
Figura N° 26: Galería en Acuíferos con Recarga Superficial y Ubicado en Acuífero de poco Espesor .....	82
Figura N° 27: Medida de la conductividad hidráulica mediante pozo de agua y descenso de la columna de agua. ....	86
Figura N°28: Cuenca del Río Camacho.....	92
Figura N° 29: Cuenca del Río Camacho hasta la Ubicación de la Obra de Toma .....	93
Figura N° 30: Sub Cuencas del Río Camacho .....	94
Figura N° 31: Ubicación de Obra de Toma .....	115
Figura N° 32: Sistema de Típico de Bombeo .....	118
Figura N° 33: Esquema del Sistema de Bombeo .....	124
Figura N° 34: Equipo seleccionado .....	125
Figura N° 35: Curvas del Equipo Seleccionado .....	126
Figura N° 36: Vista en Planta Cámara y Caseta de Bombeo.....	127
Figura N° 37: Vista en Corte de la Cámara de Bombeo .....	128
Figura N° 38: Vista en Planta de la Cámara de Distribución .....	129
Figura N° 39: Tramos de los Ramales de Distribución .....	131
Figura N° 40: Ramales de Distribución .....	143