

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



**“DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO PARA LAS ÁREAS VERDES DE LA  
AVENIDA PANAMERICANA, DESDE LA ROTONDA DE MORROS BLANCOS  
HASTA EL PORTILLO EN LA CIUDAD DE TARIJA-BOLIVIA”**

**POR:**

**ERICK SERGIO CAMACHO SAAVEDRA.**

**SEMESTRE II-2023**  
**TARIJA – BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

A mi mamá, mi mamá Teresa y a la memoria de quienes ya no están. Quienes fueron y son los pilares en mi existir; que con valores y buenos ejemplos supieron encaminarme, apoyarme y alentarme a seguir adelante pese a las adversidades, pero, sobre todo, a no perder la fe en mí.

# ÍNDICE

	pág.
Agradecimiento.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Resumen ejecutivo.....	v

## CAPÍTULO I.

### INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.....	1
1.1.1 Historia.....	1
1.1.2 Arborización.....	1
1.1.3 Instalación de luminarias.....	2
1.2 Descripción del problema.....	3
1.3 Planteamiento del problema.....	4
1.3.1 Hipótesis.....	4
1.4 Justificación.....	4
1.5 Alcance.....	5
1.6 Objetivos.....	6
1.6.1 Objetivo general.....	6
1.6.2 Objetivos específicos.....	6
1.7 Metodología.....	6

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1 Métodos de riego fundamentales.....	8
2.2 Método por aspersión.....	8
2.2.1 Solapamiento entre aspersores.....	11

2.2.2 Tasa de aplicación o intensidad.....	13
2.2.3 Red de distribución.....	14
2.2.4 Tipo de aspersores.....	14

### **CAPÍTULO III**

#### **RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

3.1 Ubicación.....	16
3.1.1 Ubicación administrativa.....	17
3.1.2 Ubicación geográfica.....	17
3.2 Levantamiento topográfico.....	17
3.2.1 Reconocimiento del terreno.....	18
3.2.2 Levantamiento.....	20
3.3 Fuente de agua.....	20
3.4 Requerimiento de agua.....	21
3.4.1 Requerimiento hídrico del cultivo.....	21
3.4.2 Disponibilidad de agua para riego.....	23
3.4.3 Tipo de suelo.....	23

### **CAPÍTULO IV**

#### **CARACTERÍSTICAS DE LAS ALTERNATIVAS DE SISTEMA DE RIEGO**

4.1 Cabecera de la red.....	24
4.1.1 Pozo.....	24
4.1.2 Tanque enterrado.....	26
4.1.3 Bomba.....	26
4.2 Alternativa 1.....	27
4.2.1 Ramal derecho.....	28

4.2.2 Ramal izquierdo. ....	33
4.3 Alternativa 2. ....	34
4.3.1 Hidrantes de los jardines izquierdos. ....	35
4.4 Diseño final. ....	35
4.4.1 Electroválvula. ....	36
4.4.2 Aspersores. ....	38
4.4.3 Sub redes. ....	40
4.4.4 Oferta de presiones en los hidrantes. ....	40

## **CAPÍTULO V**

### **DISEÑO AGRONÓMICO**

5.1 Requerimiento de agua. ....	42
5.2 Necesidad de riego. ....	42
5.2.1 Necesidad de agua para abril. ....	43
5.2.2 Caudal de demanda. ....	44

## **CAPÍTULO VI**

### **DISEÑO HIDRÁULICO**

6.1 Tasa de aplicación. ....	45
6.1.1 Caudales de aspersores. ....	45
6.1.2 Tasa de aplicación. ....	45
6.2 Espaciamiento entre aspersores. ....	46
6.3 Pérdidas de carga localizadas en ramales de aspersores. ....	47
6.3.1 Pérdida de carga en tuberías de distribución para aspersores “ $h_f$ ”. ....	47
6.3.2 Pérdida de carga en junta flexible de aspersor “ $h_j$ ” ....	48
6.3.3 Selección de aspersores. ....	50

6.3.4 Revisión de caudales parciales en aspersores. ....	55
6.4 Análisis de presiones. ....	57
6.4.1 Presión nominal y variación de presiones. ....	57
6.5 Tubería matriz. ....	58
6.5.1 Diámetro de tubería. ....	58
6.5.2 Válvulas de seguridad. ....	63
6.5.3 Cámaras. ....	66
6.5.4 Tuberías. ....	67
6.5.5 Factores constantes en el ramal derecho. ....	68
6.5.6 Factores constantes en las salidas de cada cámara. ....	70
6.5.7 Factores constantes en las derivaciones $A_i \rightarrow B_i$ . ....	72
6.5.8 Pérdida de carga en cámaras “ $h_{cam}$ ”. ....	74
6.5.9 Presión requerida. ....	75
6.5.10 Selección de bomba. ....	81

## **CAPÍTULO VII**

### **PRESUPUESTO GENERAL**

7.1 Presupuesto para alternativa 1. ....	84
7.2 Presupuesto para alternativa 2. ....	84
7.3 Presupuesto para el diseño final. ....	85

## **CAPÍTULO VIII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

8.1 Conclusiones. ....	86
8.2 Recomendaciones. ....	87

## **CAPÍTULO X**

### **REFERENCIAS**

Bibliografía.....	90
Webgrafía.....	91

## **ANEXOS**

**Anexo 1:** *Cómputos métricos.*

**Anexo 2:** *Análisis de precios unitarios.*

**Anexo 3:** *Presupuesto general.*

**Anexo 4:** *Datos hidrometeorológicos.*

**Anexo 5:** *Intérvalos de riego.*

**Anexo 6:** *Datos técnicos del pozo.*

**Anexo 7:** *Espaciamiento entre aspersores.*

**Anexo 8:** *Caudales e intensidades.*

**Anexo 9:** *Condiciones de presión en aspersores.*

**Anexo 10:** *Horarios de riego.*

**Anexo 11:** *Reporte fotográfico.*

**Anexo 12:** *Planos.*



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Metodología.</i> .....	7
Figura 2. <i>Relación de métodos, tipos de riego y componentes de un sistema de riego.</i> ....	8
Figura 3. <i>Modelo de distribución del agua en aspersor de impacto.</i> .....	11
Figura 4. <i>Solapamiento de las áreas mojadas por los aspersores regando en un sistema estacionario.</i> .....	12
Figura 5. <i>Esquema de alternativa 1.</i> .....	27
Figura 6. <i>Rollos de tubería HDPE 63 mm.</i> .....	28
Figura 7. <i>Ladrillo gambote.</i> .....	32
Figura 8. <i>Tapa de cámara.</i> .....	33
Figura 9. <i>Esquema de alternativa 2.</i> .....	34
Figura 10. <i>Croquis de alternativas.</i> .....	36
Figura 11. <i>Electroválvula Hunter.</i> .....	37
Figura 12. <i>Controlador de electroválvulas.</i> .....	37
Figura 13. <i>Aspersor emergente I-25.</i> .....	38
Figura 14. <i>Aspersor emergente I-20.</i> .....	39
Figura 15. <i>Aspersor ECO-04MP2000.</i> .....	39
Figura 16. <i>Aspersor PGP-ADJ-AZUL.</i> .....	40
Figura 17. <i>Esquema de funcionamiento tecnificado.</i> .....	41
Figura 18. <i>Disposición triangular de aspersores.</i> .....	46
Figura 19. <i>Distribución de subred de aspersión.</i> .....	47
Figura 20. <i>Conexión de aspersor y junta.</i> .....	48
Figura 21. <i>Distribución de presiones en ramal de aspersores.</i> .....	57
Figura 22. <i>Selección de tubería principal.</i> .....	61
Figura 23. <i>Válvula de purga de aire.</i> .....	64
Figura 24. <i>Válvula de purga de sedimentos.</i> .....	66
Figura 25. <i>Distribución de las cámaras.</i> .....	67
Figura 26. <i>Distribución de las tuberías de la red principal.</i> .....	68
Figura 27. <i>Tuberías en cámaras tipo "A<sub>i</sub>".</i> .....	70
Figura 28. <i>Derivación "A<sub>i</sub>" hacia "B<sub>i</sub>".</i> .....	72
Figura 29. <i>Electroválvula en cámara "A<sub>i</sub>".</i> .....	74

Figura 30. Curva característica de selección de bomba.....	82
Figura 31. Modelo de bombas.....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 . <i>Factores que favorecen la elección del método de riego.</i> .....	10
Tabla 2 . <i>Espaciamiento en porcentaje del diámetro mojado (%D<sub>w</sub>) sugeridos para los sistemas estacionarios y diversos modelos de distribución pluviométrica bajo velocidades de viento menores a 5 km/h.</i> .....	12
Tabla 3 . <i>Tasas máximas de aplicación conforme a la capacidad de infiltración del suelo (expresada por textura y profundidad) y pendiente.</i> .....	13
Tabla 4 . <i>Coordenadas geodésicas de estaciones.</i> .....	18
Tabla 5 . <i>Equipo topográfico utilizado.</i> .....	20
Tabla 6 . <i>Datos hidráulicos de la fuente de agua.</i> .....	21
Tabla 7 . <i>Parámetros de riego.</i> .....	22
Tabla 8 . <i>Características de la electrobomba TYPE ST4013 del pozo.</i> .....	25
Tabla 9 . <i>Aforos de pozo con exigencia media.</i> .....	25
Tabla 10 . <i>Aforos de pozo con alta exigencia.</i> .....	26
Tabla 11 . <i>Dimensiones de tanque enterrado 50m<sup>3</sup>.</i> .....	26
Tabla 12 . <i>Oferta caudales y presiones de la bomba.</i> .....	26
Tabla 13 . <i>Componentes principales de alternativa 1.</i> .....	28
Tabla 14 . <i>Características de tubería HDPE 63mm para ramal derecho alternativa 1.</i> .....	28
Tabla 15 . <i>Dimensiones de cámara de riego.</i> .....	31
Tabla 16 . <i>Material para cámara de riego.</i> .....	32
Tabla 17 . <i>Componentes principales de alternativa 2.</i> .....	35
Tabla 18 . <i>Características de la tubería de PVC.</i> .....	35
Tabla 19 . <i>Factores agronómicos.</i> .....	44
Tabla 20 . <i>Espaciamiento entre aspersores (en % del diámetro mojado).</i> .....	46
Tabla 21 . <i>Anchos de áreas verdes de ramal derecho.</i> .....	50
Tabla 22 . <i>Ancho de áreas verdes ramal de izquierdo.</i> .....	51
Tabla 23 . <i>Caudal unitario de electroválvulas.</i> .....	53
Tabla 24 . <i>Verificación de caudal de operación de aspersor I-20.</i> .....	55
Tabla 25 . <i>Verificación de caudal de operación de aspersor I-25.</i> .....	55
Tabla 26 . <i>Verificación de caudal de operación de aspersor ECO-04MP2000.</i> .....	56
Tabla 27 . <i>Verificación de caudal de operación de aspersor PGP-ADJ AZUL.</i> .....	56

Tabla 28 . <i>Presiones requeridas en electroválvulas.</i> .....	61
Tabla 29 . <i>Presiones de salida en electroválvulas "A<sub>i</sub>".</i> .....	77
Tabla 30 . <i>Presiones de salida en electroválvulas "B<sub>i</sub>".</i> .....	78
Tabla 31 . <i>Presiones en las cámaras con electroválvulas.</i> .....	80
Tabla 32 . <i>Presupuesto de alternativa 1.</i> .....	84
Tabla 33 . <i>Presupuesto de alternativa 2.</i> .....	84
Tabla 34 . <i>Presupuesto diseño final.</i> .....	85
Tabla 35 . <i>Presupuesto general.</i> .....	86
Tabla 36 . <i>Cantidad de asfalto retirado.</i> .....	88