

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



**“OPTIMIZACIÓN DEL AGUA DISPONIBLE PARA EL CULTIVO
DE LA VID, MEDIANTE RIEGO TECNIFICADO POR GOTEÓ,
APLICADO EN LA ZONA COLPANAS BLANCAS - COMUNIDAD
SAN ISIDRO - PROYECTO MÚLTIPLE SAN JACINTO”**

Por:

FERNANDO RICHARD VELASQUEZ SARAVIA

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

SEMESTRE II - 2019

TARIJA - BOLIVIA

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

**“OPTIMIZACIÓN DEL AGUA DISPONIBLE PARA EL CULTIVO
DE LA VID, MEDIANTE RIEGO TECNIFICADO POR GOTEOS,
APLICADO EN LA ZONA COLPANAS BLANCAS - COMUNIDAD
SAN ISIDRO - PROYECTO MÚLTIPLE SAN JACINTO”**

Por:

FERNANDO RICHARD VELASQUEZ SARAVIA

Proyecto elaborado en la asignatura de Proyecto de Ingeniería Civil CIV-502.

SEMESTRE II - 2019

TARIJA - BOLIVIA

M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozávez
**DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
**VICEDECANA FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

TRIBUNAL:

M. Sc. Ing. Henry Monzón De Los Ríos

M. Sc. Ing. Oscar Ricaldi Torrez

Ing. María Alejandra Zurita Morales

El docente y tribunal evaluador del Proyecto de Ingeniería Civil no se solidarizan con los términos, la forma, los modos y las expresiones empleadas en la elaboración del presente trabajo, siendo la misma únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

El presente Proyecto está dedicado a mi hermanito Fabricio, mi ángel guardián que ya partió hacia el divino creador, a mis apreciados padres Ricardo y Celia por el apoyo que me brindaron en toda mi etapa académica, siendo el pilar fundamental para mi vida. Y a mis tíos, primos, amigos y compañeros que me brindaron su amistad y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

A Dios, por haberme dado la vida, la voluntad y la oportunidad de estudiar.

A mi hermanito por la bendición y protección que siempre me la dio.

A mis padres por ser un ejemplo a seguir y acompañarme en todo este recorrido.

A mis familiares y amigos por la cooperación ofrecida durante el proceso de este proyecto.

A mis estimados docentes por brindarme conocimientos y experiencias durante el lapso de mi vida académica.

Por ultimo un agradecimiento muy especial al Ing. Ivar Colodro, tutor de este proyecto y al Ing. Imar Sanguino mentor del tema.

ÍNDICE GENERAL

Página.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Ubicación geográfica del proyecto.....	1
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Problemática.....	7
1.3.1. Planteamiento del problema.....	7
1.4. Objetivo de proyecto.....	7
1.4.1. Objetivo general.....	7
1.4.2. Objetivos específicos.....	7
1.5. Justificaciones del proyecto.....	8
1.5.1. Justificación académica.....	8
1.5.2. Justificación técnica.....	8
1.5.3. Justificación social.....	8
1.6. Marco de referencia.....	8
1.6.1. Marco teórico.....	8
1.6.2. Marco espacial.....	9
1.6.3. Marco temporal.....	9
1.7. Alcance del proyecto.....	9

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Riego en Bolivia.....	10
2.2. Elementos básicos de un sistema de riego tecnificado.....	11
2.3. Características del riego tecnificado en operación.....	13
2.4. Agua limpia.....	14
2.5. Características de la agricultura regada en la zona Andina.....	14
2.5.1. Terrenos irregulares.....	15
2.5.2. Torpeza y descuido en el uso y mantenimiento rutinario.....	16

2.5.3.	Derechos de agua inscritos en sistemas mayores de riego	16
2.5.4.	Deficiente oferta de servicios en el área rural	17
2.5.5.	Asistencia Técnica	18
2.6.	Componentes, equipos y materiales en sistemas de riego tecnificado	19
2.7.	Componentes	19
2.7.1.	Cabezal.....	19
2.7.2.	Red de tuberías y accesorios	22
2.8.	Emisores	24
2.8.1.	Goteros	24
2.8.2.	Goteros autocompensantes.....	25
2.8.3.	Filtros	27
2.9.	Accesorios	28
2.9.1.	Manómetros.....	28
2.9.2.	Válvulas.....	29
2.9.3.	Accesorios especiales.....	30
2.9.4.	Cámara de llaves	30
2.10.	Información básica para el diseño	31
2.10.1.	Datos climáticos	31
2.10.2.	Precipitación efectiva (Pef)	31
2.10.3.	Evapotranspiración (ET).....	31
2.10.4.	Viento	32
2.10.5.	Uso de suelos.....	33
2.10.6.	Relación entre el agua y el suelo	34
2.10.7.	Topografía y características del área	34
2.10.8.	Derechos y distribución de agua.....	36
2.10.9.	Calidad del agua	36
2.10.10.	Cultivos y labores culturales	37
2.10.11.	Operación y mantenimiento de sistemas de riego tecnificado	38
2.11.	Características de los Reservorios de regulación.....	39
2.11.1.	Mayores problemas identificados.....	39
2.11.2.	Recomendaciones para la operación	39

CAPÍTULO III

3.	ANÁLISIS ACTUAL DEL SISTEMA DE RIEGO.....	40
3.1.	Descripción de la Infraestructura del Sistema de Riego Actual	40
3.2.	Gestión del Sistema	45
3.3.	Acuerdos.....	46
3.4.	Organización.....	46
3.5.	Derechos al agua.....	46
3.6.	Distribución o reparto del agua	48
3.7.	Caudales establecidos por San Jacinto para la dotación de agua	51
3.8.	Validación de datos de dotación.....	52
3.9.	Calibración de datos obtenidos.....	58
3.10.	Calibración del vertedero actual	61
3.10.1.	Ajuste de datos en la formula	62
3.11.	Balance hídrico actual.....	63
3.11.1.	Oferta Mensual de Agua.....	64
3.11.2.	Aforo día.....	66
3.11.3.	Aforo noche	69
3.12.	Demanda de Agua.....	76
3.12.1.	Célula de Cultivo	78
3.13.	Demanda Teórica mediante ABRO 3.1.	79

CAPÍTULO IV

4.	PROPUESTA DE PROYECTO	83
4.1.	Diseño agronómico.....	83
4.1.1.	Necesidades de agua	83
4.1.2.	Cálculo de ETo.....	84
4.1.3.	Cálculo de ETc.....	84
4.1.4.	Efecto de la localización (kl).....	85
4.1.5.	Correcciones por condiciones locales	86
4.1.6.	Variación climática (Ka).....	86

4.1.7.	Variación por advección (K_r).....	87
4.1.8.	Necesidades netas (N_n).....	87
4.1.9.	Necesidades totales (N_t).....	89
4.1.10.	Número de emisores por cepa. tiempo, intervalo y dosis de riego	91
4.1.11.	Elección del emisor y su disposición.....	91
4.1.12.	Área mojada por un emisor (A_{me}).....	91
4.1.13.	Separación máxima entre emisores (S_e).....	91
4.1.14.	Número de emisores por cepa (e).....	92
4.1.15.	Porcentaje de superficie mojada (P).....	93
4.1.16.	Tiempo de riego (T_r).....	93
4.1.17.	Cuadro resumen del diseño agronómico	94
4.2.	Diseño Hidráulico.....	96
4.2.1.	Hectárea Tipo 160x62.5 m.....	97
4.2.2.	Cálculo de la tubería lateral.....	99
4.2.3.	Cálculo de la tubería terciaria	100
4.2.4.	Estudio de presiones.....	102
4.2.5.	Presiones máximas y mínimas	104
4.2.6.	Caudales máximo y mínimo.....	105
4.2.7.	Tolerancia de caudales	105
4.2.8.	Coefficiente de uniformidad absoluta (C_{Ua})	105
4.3.	Elección del filtro y accesorios.....	106
4.4.	Regulación Horaria.....	108
4.5.	Rol de turnos con Proyecto.....	114
4.6.	Ubicación y disposición de las zonas de riego	117
4.6.1.	Zona Alta.....	117
4.6.2.	Zona Baja	118
4.6.3.	Aducción del sistema de riego	119
4.7.	Análisis de posibles escenarios en función a una oferta variable.....	123
4.8.	Costos para la ejecución de una hectárea tipo	125
4.9.	Costos para la implementación de la Aducción	126
4.10.	Beneficios para el usuario.....	127

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	132
5.1. Conclusiones.....	132
5.2. Recomendaciones.....	134

ÍNDICE DE TABLAS

Página.

CAPÍTULO II

Tabla N° 2.1 Restricción de uso según calidad química de agua (FAO,1994)	37
--	----

CAPÍTULO III

Tabla N° 3.1 Lista de comunarios de la zona con áreas cultivadas y potenciales	44
Tabla N° 3.2 Rol de turnos de dotaciones de agua	48
Tabla N° 3.3 Ficha Técnica.....	50
Tabla N° 3.4 Caudales de dotación establecidos por San Jacinto.....	51
Tabla N° 3.5 Datos del primer aforo volumétrico.....	56
Tabla N° 3.6 Datos de aforos de caudales medidos.....	57
Tabla N° 3.7 Datos promedios para cada lectura del juez de agua	58
Tabla N° 3.8 Datos tomados para el escenario N° 1	59
Tabla N° 3.9 Datos tomados para el escenario N° 2.....	60
Tabla N° 3.10 Valores del coeficiente de descarga	61
Tabla N° 3.11 Porcentaje de error en la formula ajustada	62
Tabla N° 3.12 Resumen del registro de precipitación en periodo hidrológico de la estación San Jacinto Sud	64
Tabla N° 3.13 Datos medidos en la Mañana del 01/10/19.....	67
Tabla N° 3.14 Datos medidos en Medio día del 01/10/19	68
Tabla N° 3.15 Datos medidos en la tarde del 01/10/19	69
Tabla N° 3.16 Datos medidos en la madrugada del 01/10/19.....	71
Tabla N° 3.17 Datos medidos en la Noche del 01/10/19	71
Tabla N° 3.18 Caudal promedio en fecha 01/10/19	73
Tabla N° 3.19 Caudales aforados promedios.....	73
Tabla N° 3.20 Caudales promedios día y noche	73
Tabla N° 3.21 Volúmenes de agua a nivel mensual	74

Tabla N° 3.22 Volúmenes de agua mensuales al 93.32 %	75
Tabla N° 3.23 Resultados de demanda real con datos lecturados por la institución...	77
Tabla N° 3.24 Demanda teórica a nivel mensual mediante ABRO 3.1. para 1 ha	79
Tabla N° 3.25 Meses con déficit actuales	82

CAPÍTULO IV

Tabla N° 4.1 Evapotranspiración mediante el programa ABRO 3.1	84
Tabla N° 4.2 Coeficiente de cultivo de la vid	85
Tabla N° 4.3 Calendario de riego a nivel anual	95
Tabla N° 4.4 Pendientes del terreno de la hectárea tipo	96
Tabla N° 4.5 Caudal y tiempo de riego para una hectárea tipo.....	106
Tabla N° 4.6 Demanda diaria para 10 hectáreas	109
Tabla N° 4.7 Oferta diaria expresada en volumen	110
Tabla N° 4.8 Dimensiones para el reservorio ideal.....	110
Tabla N° 4.9 Regulación horaria durante 1 día.....	111
Tabla N° 4.10 Lista de comunarios con su respectivo sector	114
Tabla N° 4.11 Rol de turno del día N°1	115
Tabla N° 4.12 Rol de turnos del día N°2	115
Tabla N° 4.13 Planilla de aducción del sistema de riego.....	119
Tabla N° 4.14 Análisis N° 1 con caudal de 4.10 l/s.....	123
Tabla N° 4.15 Análisis N° 2 con caudal de 10.82 l/s.....	124
Tabla N° 4.16 Análisis N° 3 para un caudal de 7.46 l/s.....	124
Tabla N° 4.17 Costos para la ejecución de una hectárea tipo	125
Tabla N° 4.18 Costo de las tuberías para la aducción.....	126
Tabla N° 4.19 Costo de agua para regar 1 ha sin proyecto	128
Tabla N° 4.20 Costo de agua para regar 1 ha con proyecto	128
Tabla N° 4.21 Costo y rendimiento de la vid para 1 ha	129
Tabla N° 4.22 Ganancia por hectárea de vid	130
Tabla N° 4.23 Inversión del escenario N° 1.....	130
Tabla N° 4.24 Inversión del escenario N° 2.....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Página.

CAPÍTULO I

Figura N° 1.1 Ubicación Nacional	1
Figura N° 1.2 Mapa Provincial del Departamento de Tarija	2
Figura N° 1.3 Mapa de la Provincial Avilés	2
Figura N° 1.4 Mapa de la zona de estudio	3
Figura N° 1.5 Esquema general del Sistema de Riego del Proyecto Múltiple San Jacinto	4
Figura N° 1.6 Esquema de la zona de estudio.....	5
Figura N° 1.7 Esquema de la Propuesta de Proyecto.....	9

CAPÍTULO II

Figura N° 2.1 Esquema de un sistema de riego por goteo	11
Figura N° 2.2 Bulbo de mojado de un gotero	25
Figura N° 2.3 Curvas de emisión para valores de x ($a=1, b=0.5, c=0$).....	27
Figura N° 2.4 Instalación de un lateral de gotero con empaque y gromit.....	30

CAPÍTULO III

Figura N° 3.1 Situación actual del proyecto	42
Figura N° 3.2 Curva de calibración para escenario N°1	59
Figura N° 3.3 Curva de calibración para escenario N°2.....	60
Figura N° 3.4 Registro de KARDEX de todos los beneficiarios	76
Figura N° 3.5 Balance Hídrico mediante riego por gravedad para las 13.79 has actuales	81

CAPÍTULO IV

Figura N° 4.1 Corrección por Advección	87
Figura N° 4.2 Hectárea tipo	97
Figura N° 4.3 Esquema de presiones	103
Figura N° 4.4 Características del filtro elegido.....	106
Figura N° 4.5 Pérdida de carga del filtro Helix System.....	107
Figura N° 4.6 Flujograma hidráulico	108
Figura N° 4.7 Comportamiento horario del reservorio	116
Figura N° 4.8 Esquema general de la Aducción	122

ÍNDICE DE FOTOS

Página.

CAPÍTULO I

Foto N° 1.1 Reservorio del lugar de 3000 m ³	5
Foto N° 1.2 Repartición de dotaciones por el juez de agua	6

CAPÍTULO II

Foto N° 2.1 Área agrícola en ladera.....	15
Foto N° 2.2 Riego por surcos.....	15
Foto N° 2.3 Componentes de un sistema tecnificado	20
Foto N° 2.4 Cabezal de 2", para riego por goteo	21
Foto N° 2.5 Cabezal de 6", sistema Escana	21
Foto N° 2.6 Armado tubería principal, junta rápida.....	22
Foto N° 2.7 Tuberías laterales de goteo.....	23
Foto N° 2.8 Cinta de goteo.....	26
Foto N° 2.9 Medición de presión de cabezal	29
Foto N° 2.10 Cámara de llaves rompe presión	30
Foto N° 2.11 Evaluación de profundidad de raíces	33
Foto N° 2.12 Excavación de calicata evaluación de suelo.....	34
Foto N° 2.13 Parcelas en ladera de en zonas accidentadas	35
Foto N° 2.14 Labores de labranza.....	38

CAPÍTULO III

Foto N° 3.1 Proceso constructivo para el colocado del geotextil	40
Foto N° 3.2 Reservorio en la etapa de colocado del geotextil	41
Foto N° 3.3 Culminación y llenado del reservorio con geotextil.....	41
Foto N° 3.4 Tomas de agua para conducir el agua hasta el cultivo	43

Foto N° 3.5 Canales de conducción en el sistema de riego	44
Foto N° 3.6 Boleta de entrega de agua por San Jacinto.....	47
Foto N° 3.7 Registro de dotaciones de agua en el KARDEX.....	52
Foto N° 3.8 Sección de control a pie del reservorio	53
Foto N° 3.9 Cámara 1.05x1.05 m, para el aforo volumétrico.....	54
Foto N° 3.10 Aforo volumétrico en la cámara para determinación de caudales.....	55
Foto N° 3.11 Medición de la lámina de agua que pasa por el vertedero	56
Foto N° 3.12 Aforo de caudales.....	65
Foto N° 3.13 Aforo día para la determinación de la oferta.....	67
Foto N° 3.14 Marca de agua para verificar el caudal constante en el día.....	70
Foto N° 3.15 Aforo noche para la determinación de la oferta	70
Foto N° 3.16 Marca de agua para constatar caudal constante en la noche	72
Foto N° 3.17 Célula de cultivo, La Vid	78

CAPÍTULO IV

Foto N° 4.1 Hectárea tipo para el diseño	96
Foto N° 4.2 Manómetro para medición de presiones.....	108
Foto N° 4.3 Croquis de la distribución de áreas en la zona alta del sistema.....	117
Foto N° 4.4 Croquis de la distribución de áreas en la zona baja del sistema.....	118

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo “A”. Fotos de la zona.

Anexo “B”. Aforo de oferta hídrica disponible.

Anexo “C”. Demanda real mediante registro de dotaciones de agua para riego.

Anexo “D”. Calibración de la estructura de control y validación de registro de datos por el consumo de agua para riego.

Anexo “E”. Datos hidrometereológicos.

Anexo “F”. Balance hídrico mediante abro 3.1.

Anexo “G”. Estudio del agua.

Anexo “H”. Estudio del suelo.