

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

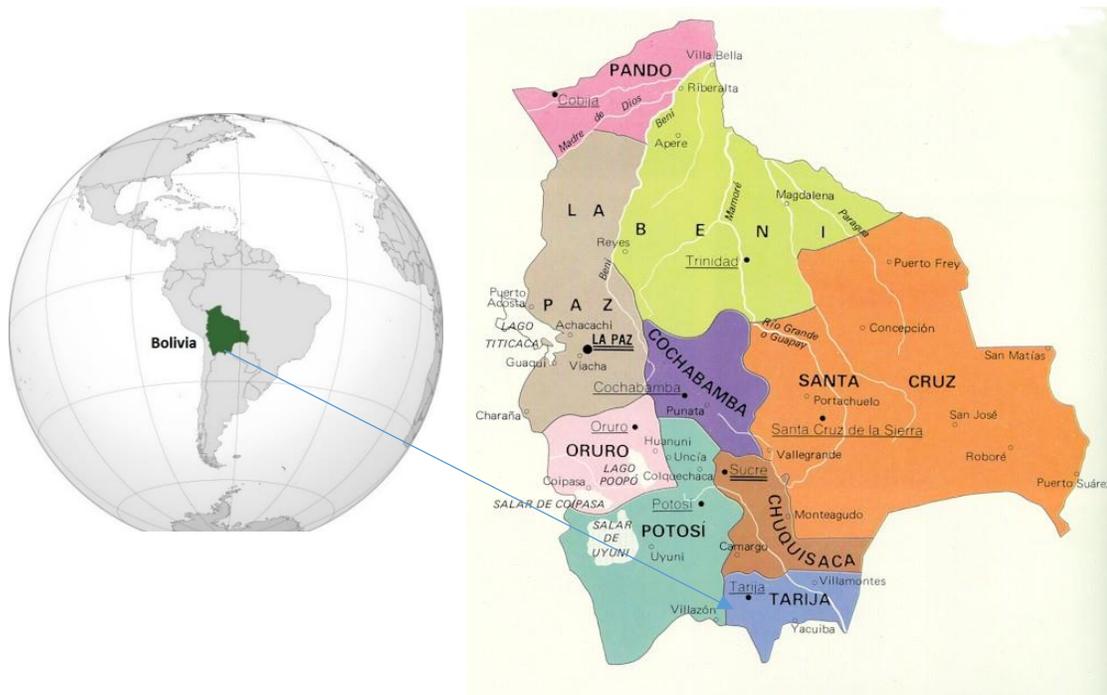
1. INTRODUCCIÓN

1.1. Ubicación geográfica del proyecto

La Zona de estudio, se encuentra en el Municipio de Uriondo de la Primera Sección de la Provincia Avilés del Departamento de Tarija. Geográficamente el proyecto se encuentra entre las siguientes coordenadas (Ver Figura N° 1.1, 1.2, 1.3, 1.4):

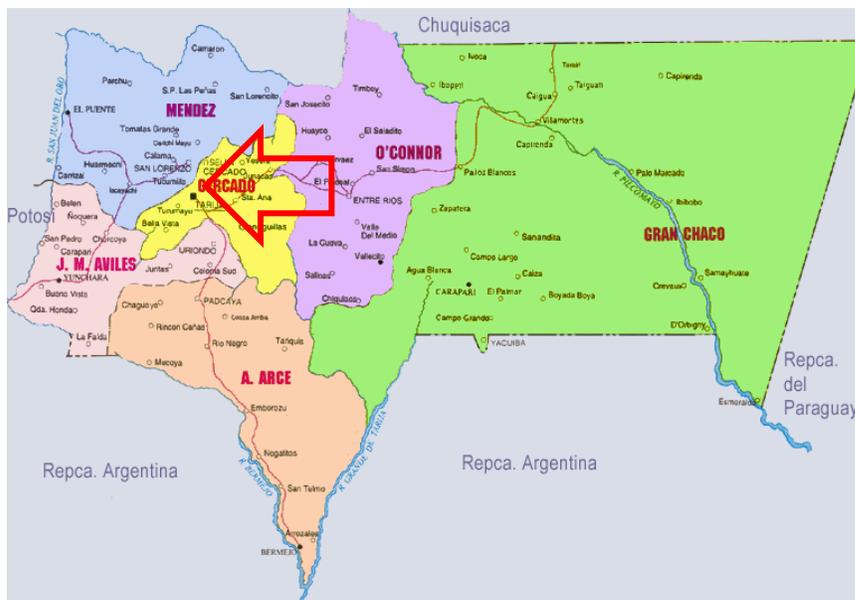
En coordenadas UTM	330381.20 m E [Zona 20S]
	7604891.25 m S [Zona 20S]
Coordenadas geográficas	Longitud Oeste: 64° 38' 20.83”
	Latitud Sud: 21° 39' 04.10”

Figura N° 1.1 Ubicación Nacional



Fuente: <http://www.bolivia.com>

Figura N° 1.2 Mapa Provincial del Departamento de Tarija



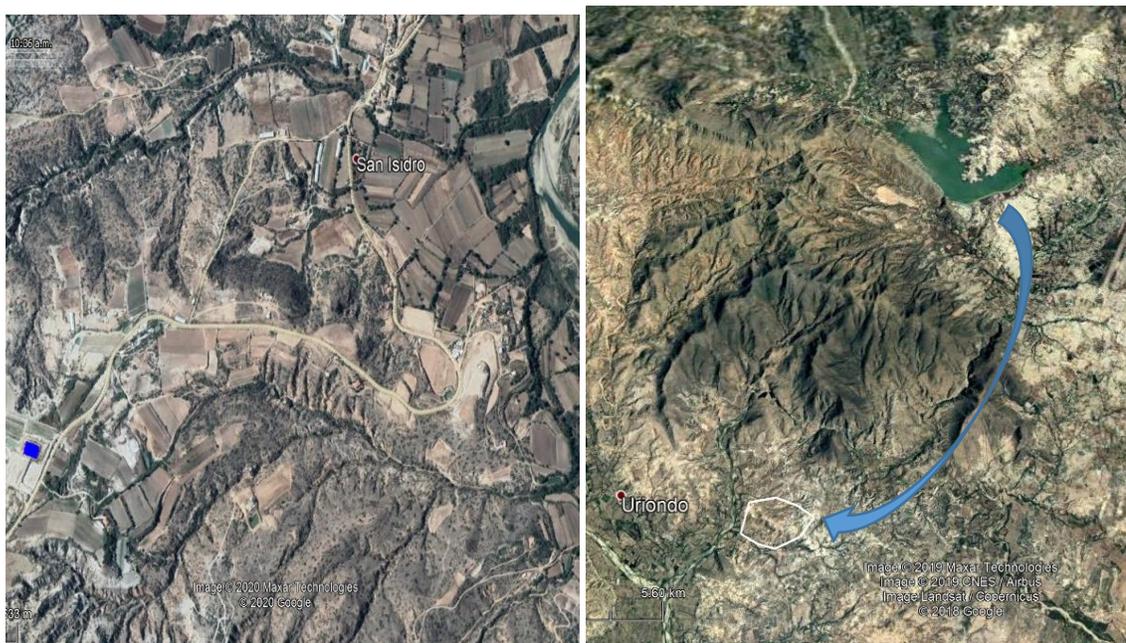
Fuente: <http://www.mirabolivia.com>

Figura N° 1.3 Mapa de la Provincial Avilés



Fuente: INE

Figura N° 1.4 Mapa de la zona de estudio



Fuente: Google Earth (Elaboración propia)

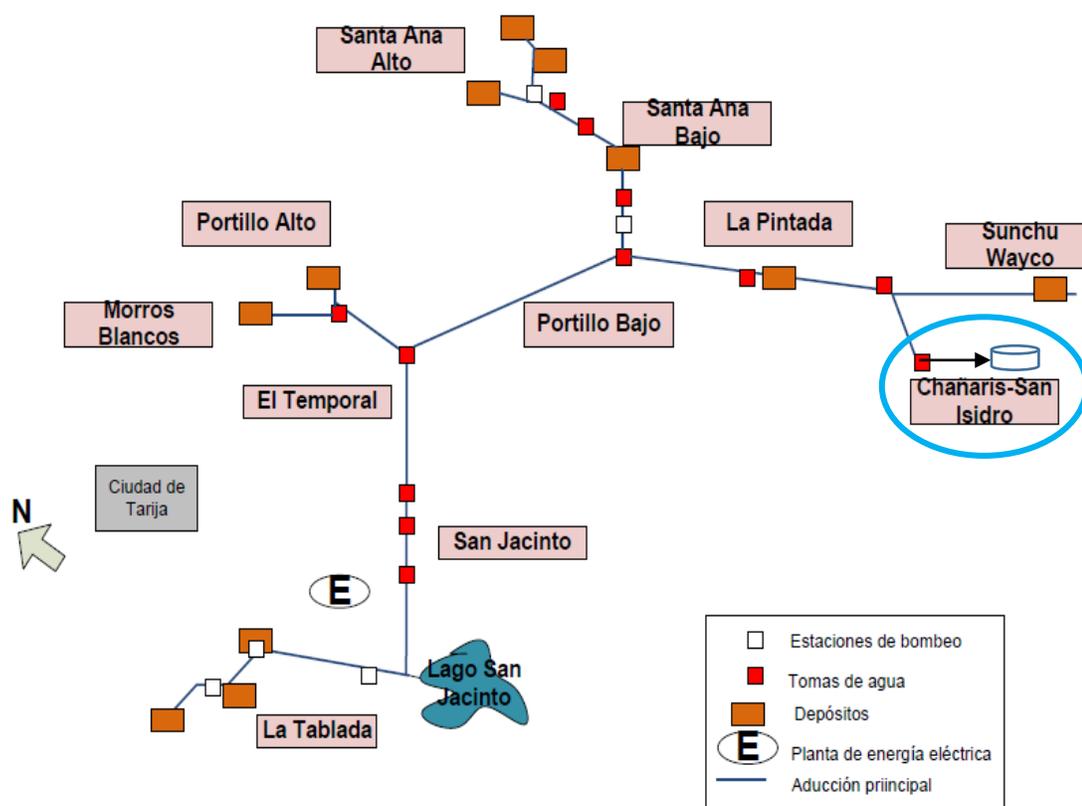
1.2. Antecedentes

Entre 1983-1989 en la ciudad de Tarija, a siete kilómetros del centro de la capital se construyó una de las obras más importantes del Departamento de Tarija relativas principalmente a la agricultura vitivinícola, agua potable, la generación de energía eléctrica y es el centro turístico más importante de la ciudad, es la represa del “Proyecto Múltiple San Jacinto”. La obra tenía como objetivo regar más de 3.000 hectáreas de tierras cultivables y aumentar la producción del sector agrícola del valle central de Tarija en las Comunidades del Municipio Cercado y Uriondo (Gerson, 2016).

Actualmente el embalse tiene 36 años de funcionamiento y riega aproximadamente 2.000 hectáreas de cultivos entre viñas, oréganos, hortalizas y otros. Donde este sistema es mixto, compuesto de aducciones, sifones, cámara rompe presiones, ramales de tubería, canal, obras de arte menor, tomas de agua entre otros.

Colpanas Blancas es una zona beneficiada de agua para riego por el canal de Chañarís ubicado en la Comunidad San Isidro de la provincia Avilés - Municipio Uriondo y constituye un área terminal del sistema de riego del Proyecto Múltiple San Jacinto (Ver Figura N° 1.5).

Figura N° 1.5 Esquema general del Sistema de Riego del Proyecto Múltiple San Jacinto



Fuente: Modificado de Van Bemmelen (2007) en Gutiérrez y Saldías (2011)

Se caracteriza por contar con suelos adecuados para cultivar viñedos; desde 2001 hasta 2015 los regantes iban a pedir el agua para su cultivo desde la toma de Chañarís donde está ubicada una de las cámaras de distribución del Proyecto Múltiple de San Jacinto, debido a la falta de agua dentro de la zona, construyeron un reservorio de tierra con una capacidad de 3,000.00 m³ en el año 2015, con la finalidad de almacenar agua durante la noche en la época más crítica (Ver Foto N° 1.1), y poder abastecer y dotar de agua al sector agrícola del lugar dedicada esencialmente a la vid (aproximadamente 14 ha,) que consta de 20 beneficiarios que hacen uso de este recurso, realizando su riego de forma tradicional (riego por surcos) de acuerdo a derechos ganados (usos y costumbres), y solamente riegan lo que el agua les abastece, porque existe una mínima oferta de agua para riego destinada para la zona de estudio, donde dicha agua llega de esa manera, más de 5 años y la cual no va a cambiar por razones del manejo de todo el sistema de riego del Proyecto Múltiple San Jacinto (Sanguino, 2019).

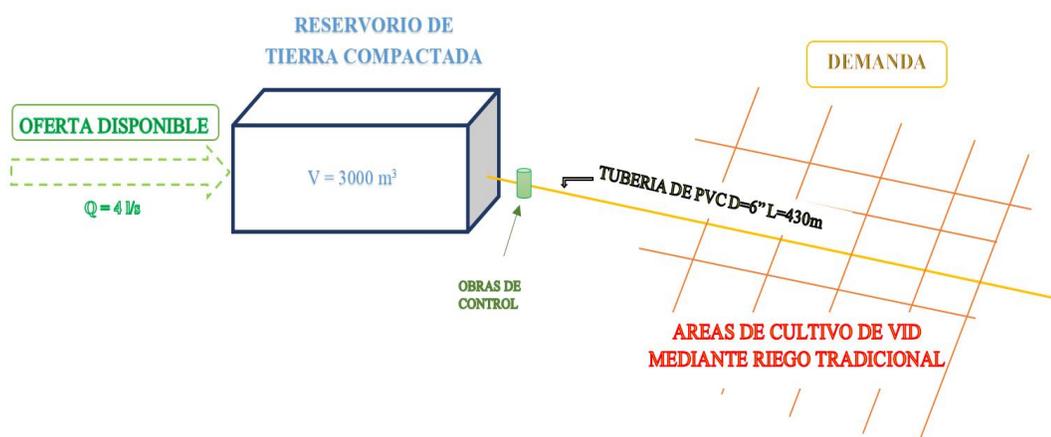
Foto N° 1.1 Reservorio del lugar de 3000 m³



Fuente: Elaboración propia

El 15 de diciembre del 2018, ante solicitud de los beneficiarios el Proyecto Múltiple San Jacinto implementó 30 tuberías de PVC, de 6" de diámetro con una longitud de 430 m. para poder disminuir las pérdidas en el sistema, al ver que existe la carencia de agua. (Ver Figura N° 1.6).

Figura N° 1.6 Esquema de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

También en la zona existe una organización de comité de agua por parte de los beneficiarios donde tienen un juez, el cual es el que controla la cantidad que se dota por

regante, mediante la altura de agua que sale del vertedero, para su posterior cuantificación de cantidad dotada y su consiguiente cancelación de boletas de entrega en función al volumen de agua vertido durante el mes (Ver foto N° 1.2), sus turnos de agua son durante la noche como en el día varía de acuerdo a la solicitud que tiene cada beneficiario, estos hábitos no se modifican desde el año 2014 hasta la fecha que oscilan entre 11 horas de riego (Henry, 2019).

Foto N° 1.2 Repartición de dotaciones por el juez de agua



Fuente: Elaboración propia

Para la zona de estudio se recomienda usar nueva tecnología mediante riego tecnificado por goteo dadas las condiciones topográficas, ya que existe la altura de carga suficiente fluctuando entre 10 a 50 m de desnivel y de esta manera poder hacer un buen uso de manera eficaz y usando menor cantidad de agua y generando mayor producción para Tarija, ya que este cultivo es totalmente rentable para vida del campesino (Cuellar, 2019).

1.3. Problemática

1.3.1. Planteamiento del problema

Dada la ubicación del área de estudio, la falta de agua en la zona es uno de los principales problemas, ya que está ubicado en la cola del Sistema de Riego del Proyecto Múltiple San Jacinto y llega al lugar con un caudal limitado e insuficiente para poder abarcar toda el área potencial existente en la zona, dejando de lado muchas áreas sin cultivar, debido a la escasez de este recurso hídrico en época de estiaje.

Otro de los problemas existentes es la falta de implementación de tecnología, mal manejo del sistema de riego debido a la operación que realizan actualmente, puesto que llevan a cabo riegos por gravedad y conducciones en canales de tierra donde se estima una apreciable pérdida por infiltración, evaporación entre otras, que son ocasionadas durante el transporte hasta el cultivo.

1.4. Objetivo de proyecto

1.4.1. Objetivo general

Optimizar el agua que demanda el cultivo de la vid en la Zona Colpanas Blancas – Comunidad San Isidro del Proyecto Múltiple San Jacinto, mediante riego tecnificado por goteo y regulación horaria, para proponer una mejor alternativa de solución.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la oferta hídrica disponible en la zona en la época más crítica del año por medio de aforos de caudales.
- Determinar las demandas de agua necesarias que se tiene para realizar el análisis de ambos tipos de riego.
- Realizar el balance hídrico, por intermedio de oferta y demanda.
- Proponer la alternativa de optimización, en base a un caudal limitado y nueva tecnología mediante el riego por goteo, para una hectárea tipo.
- Realizar el costo de materiales para la implementación y ejecución del proyecto de una hectárea tipo.

1.5. Justificaciones del proyecto

Las razones por la cual se realiza este proyecto son:

1.5.1. Justificación académica

Se realiza la implementación de nueva tecnología, con la finalidad de realizar un buen manejo al recurso hídrico y poder optimizar de la mejor manera para consiguientes generaciones.

1.5.2. Justificación técnica

Generar un aporte con los datos aforados de oferta hídrica en la zona final del sistema de riego San Jacinto, calibrar las estructuras de control del manejo de agua para su consiguiente operación respecto las dotaciones de agua para riego y demostrar la implementación de más hectáreas del cultivo de vid por su rentabilidad económica.

1.5.3. Justificación social

Este proyecto al estar enmarcado en el convenio interinstitucional entre la Facultad de Ciencias y tecnología y el Proyecto Múltiple San Jacinto viene a cubrir una sentida necesidad a los comunarios de Colpanas Blancas, siendo estos los beneficiarios, que podrán mejorar sus condiciones de vida, generando mayor rentabilidad a su productividad vitivinícola, por que dispondrán de mayor cantidad de agua para su cultivo llevando consigo a que incrementarán sus áreas y generar un mejor uso a sus suelos.

Por otra parte, los beneficiarios podrán capacitarse a esta nueva tecnología y formar parte de comités de riego para la operación del sistema, con la ayuda de asistencia técnica.

1.6. Marco de referencia

1.6.1. Marco teórico

La creciente presión sobre el agua y el cada vez mayor costo para incrementar su disponibilidad mediante el mejoramiento o construcción de infraestructuras hidráulicas están obligando a agricultores e instituciones a buscar optimizar el uso del agua en la parcela. En esta búsqueda, el riego tecnificado se presenta como una alternativa ventajosa (Rios, 2008).

1.6.2. Marco espacial

La zona de estudio se encuentra en el canal Chañarís que forma parte terminal del Proyecto Múltiple San Jacinto ubicada en la comunidad San Isidro, zona Colpanas Blancas del Municipio de Uriondo de la Primera Sección de la Provincia Avilés del Departamento de Tarija en el Estado Plurinacional de Bolivia.

1.6.3. Marco temporal

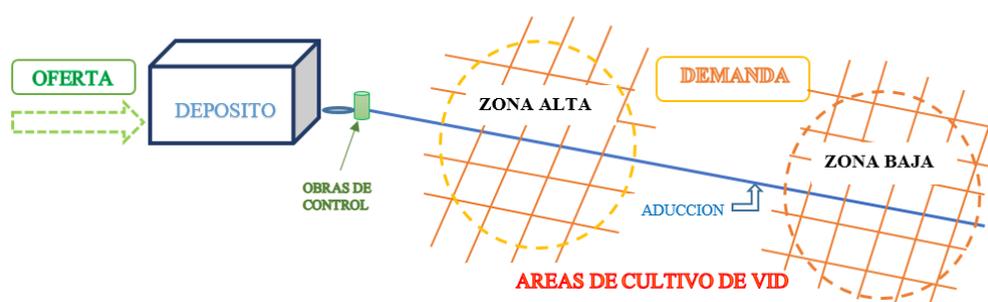
El tiempo en que se realizó el presente estudio, debido a las condiciones del funcionamiento del sistema, se ha llevado a cabo de octubre hasta diciembre del año 2019.

1.7. Alcance del proyecto

El alcance del presente proyecto de grado tiene como finalidad de optimizar el recurso hídrico, fruto de ello tiene como primera actividad analizar un diagnóstico de la situación actual del proyecto, a base de visitas, aforos, entrevistas y otros, a fin de poder contar con datos reales y una oferta hídrica viable, representativa y confiable para realizar el estudio.

Consiguiente a ello determinar la demanda para cultivo de la vid, mediante fórmulas empíricas empleadas en el programa ABRO 3.1, con datos de la estación meteorológica de CENAVIT para luego ser ajustadas por riego a goteo.

Figura N° 1.7 Esquema de la Propuesta de Proyecto



Fuente: Elaboración propia

Por último, analizar el balance hídrico horario durante un día para la determinación de un reservorio ideal mediante el equilibrio de oferta y demanda optimizada, ya que el proyecto tiene la finalidad de mostrar que mediante riego tecnificado se puede incrementar las áreas de cultivo de vid (Ver figura N° 1.7).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Riego en Bolivia

El Proyecto de Innovación Estratégica Nacional en riego (PIENRiego), se propuso evaluar métodos para optimizar el uso de agua en la agricultura regada e investigar las reales posibilidades de implementar métodos y equipos de riego tecnificado como una respuesta a la cada vez mayor demanda de agua para la agricultura campesina. Es evidente que en esta investigación no era necesario comprobar las bondades de la tecnología en sí, sino, partiendo de las ventajas de los equipos existentes, evaluar las condiciones bajo las cuales se puede introducir riego tecnificado dentro del contexto de sistemas de riego campesinos.

Como primer paso en la investigación, el PIEN-Riego evaluó experiencias positivas y negativas en proyectos en Perú y Colombia e investigó el actual estado del riego tecnificado en la zona de los Valles de Bolivia. Uno de los principales hallazgos fue encontrar una cada vez mayor divulgación de riego tecnificado en dos condiciones específicas:

En zonas donde los agricultores reciben caudales pequeños y existe la posibilidad de acoplar un sistema de tubería individual al canal colectivo (por ejemplo, el caso de Mishka Mayu y alrededores).

En sectores productivos cuyos cultivos aún en pequeña escala son altamente rentables (flores en invernadero, hortalizas).

Por lo regular, esta divulgación de tecnología se dió sin la intervención de instituciones de desarrollo, lo que demuestra que es una respuesta adecuada a un problema de los agricultores. Las divulgaciones autogestionadas demuestran además que el uso de un aspersor o línea de goteo en una parcela no es demasiado complejo y que la introducción de riego tecnificado puede generar beneficios suficientes como para hacer inversiones familiares en la compra de los equipos necesarios (Hoogendam & Rios, 2008).

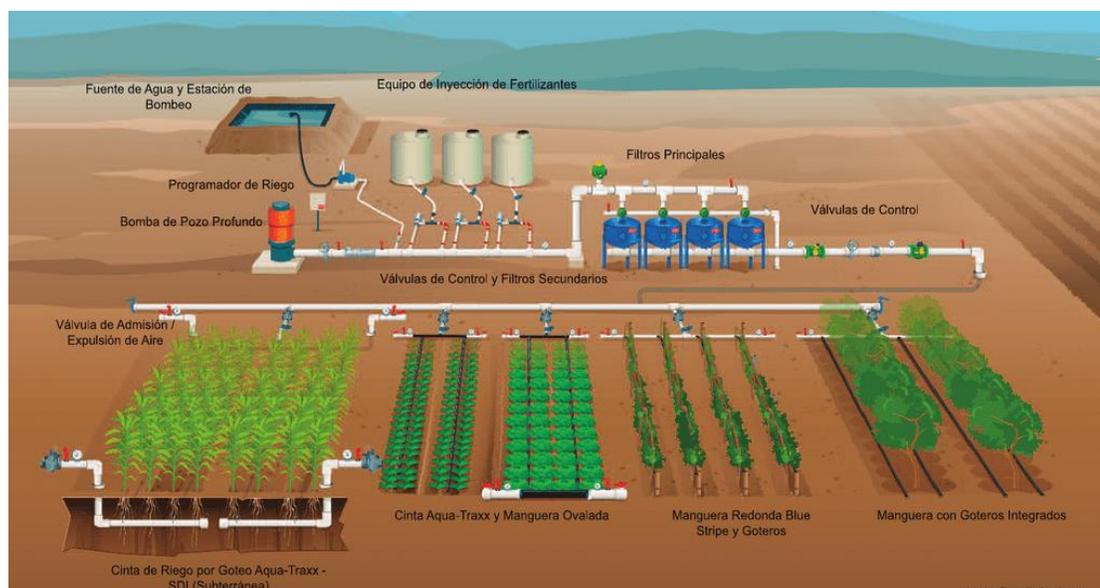
A pesar de esta muestra de conveniencia de los métodos de riego tecnificado para la agricultura campesina, no se evidencia una mayor divulgación. Principalmente se observa que en las áreas de influencia de sistemas colectivos mayores casi no existen ejemplos de innovación en el método de riego, aun cuando se aprecia una sentida escasez de agua.

Regantes que visitan a sistemas con riego tecnificado suelen salir maravillados de la sencillez de los goteros, pero en sus propios sistemas no replican estas experiencias.

Después de dos años de investigación-acción en distintas comunidades en la región de Valles del Bolivia, el PIEN-Riego determinó como el principal obstáculo para la divulgación de tecnología, la baja compatibilidad entre los esquemas de distribución existentes en sistemas mayores y las exigencias de la tecnología de riego tecnificado. En general, los caudales de distribución son demasiado grandes como para emplearlos directamente mediante aspersores o goteros. Por tanto, un agricultor que no cuenta con un reservorio de regulación, no le queda otra alternativa que aplicar su agua mediante métodos de riego superficial (Hoogendam & Rios, 2008).

2.2. Elementos básicos de un sistema de riego tecnificado

Figura N° 2.1 Esquema de un sistema de riego por goteo



Fuente: Toro Micro-Irrigación Manual de Usuario

En términos generales, un sistema de riego se define como la combinación de los siguientes elementos (Ver Figura N° 2.1):

- Una fuente de agua.
- Una infraestructura para la captación, conducción y distribución de agua (eventualmente con embalsamiento).

- Un área geográfica con terrenos agrícolas, donde se aplica el agua, denominada área de riego o de influencia.
- Un grupo de usuarios, quienes conjuntamente tienen el usufructo de la fuente y distribuyen el flujo de agua entre ellos sobre la base de acuerdos locales.
- Un sistema de riego tecnificado tiene los mismos elementos, pero a consecuencia del cambio de método de aplicación de agua en la parcela, con algunos elementos adicionales.
- Una red de conducción, que permite la distribución de agua bajo presión.
- Una serie de emisores (aspersores, microaspersores y goteros) a través de los cuales se realiza la aplicación controlada de agua al suelo.
- Una fuente de energía para generar presión en el sistema, que puede ser la diferencia de cota entre el lugar de carga y el sitio de aplicación o un equipo de impulsión (bomba).

Estructuras o equipos auxiliares que permiten controlar presión y calidad física del agua.

En Bolivia se identifican básicamente dos tipos de sistemas de riego. Los sistemas individuales, manejados por una sola familia que tienen una libre disponibilidad de agua debido a que posee alguna fuente propia bajo su influencia exclusiva, y los sistemas colectivos, manejados por un grupo de usuarios, que cuentan con reglas de reparto establecidas, que rigen la distribución de agua de riego a todos sus socios.

En vista de que aproximadamente el 95% de los regantes en Bolivia forman parte de sistemas colectivos, la introducción de riego tecnificado en ese tipo de sistemas recibe nuestra mayor atención. Allá también radica la diferencia entre este manual y otros sobre el tema de riego tecnificado. La mayoría de los manuales parte del supuesto implícito que el dueño del agua puede tomar decisiones autónomas en cuanto al momento, duración y frecuencia de las aplicaciones de riego.

En nuestro caso, asumimos que la mayoría de los usuarios no tienen decisión individual sobre turnos y frecuencias, porque están inmersos en sistemas colectivos. Para la introducción de riego tecnificado, por tanto, tienen que independizar sus decisiones construyendo un reservorio privado o hacer un salto colectivo hacia el uso de riego tecnificado (Hoogendam & Rios, 2008).

2.3. Características del riego tecnificado en operación

Las características de operación de un sistema de riego tecnificado difieren sustancialmente de las de métodos superficiales.

Las principales diferencias se encuentran en los bajos caudales utilizados, en una estrategia de riego frecuente, extensos tiempos de aplicación, costos relativamente altos y requerimientos de uso de excelente calidad física.

Las principales características de operación de los sistemas de riego tecnificado son:

➤ Caudales pequeños en la aplicación de agua

Para lograr la aplicación uniforme y eficiente de la lámina de agua a reponer al suelo, los sistemas de riego tecnificado emplean emisores cuyo caudal de operación fluctúa entre 2 y 10 l/hr por gotero y entre 1.080 y 14.400 l/hr por aspersor (0,3 y 4 l/s). Microaspersores y demás emisores caben dentro de estos rangos.

Considerando los tamaños de parcela promedio en la zona de valles, para el riego de una parcela agrícola, ya sea mediante aspersión, goteo o microaspersión, se requiere por lo regular un caudal total que fluctúa entre 3.600 l/hr y 18.000 l/hr (1 l/s y 5 l/s).

➤ Aplicación de agua con alta frecuencia

Sistemas de riego tecnificado requieren riegos más frecuentes que aquellos usualmente realizados en métodos superficiales. Principalmente porque con estos métodos se propone mantener la humedad en el suelo lo más cercana al punto de capacidad de campo, reduciendo los niveles de estrés hídrico y flujos por capilaridad.

Para sistemas por aspersión, se recomienda no considerar intervalos entre riegos mayores a 8 días y en caso de sistemas de goteo no mayores a 3 días (Hoogendam & Rios, 2008).

➤ Tiempos largos de aplicación

Las bajas tasas de aplicación con que se realizan los riegos tecnificados obligan a contar con tiempos relativamente largos de aplicación. Así por ejemplo para la reposición de láminas entre 18 a 25 mm, comunes para frecuencias de 7 a 8 días en aspersión, es necesario que un emisor trabaje en una posición por un tiempo de 4 a 5 horas.

➤ **Costos de inversión relativamente altos**

La introducción de sistemas tecnificados implica la compra e instalación de redes de tuberías, construcción de obras especiales y la compra de emisores y accesorios con costos relativamente altos.

Estos costos pueden reducirse para el agricultor con apoyo financiero de alguna institución. Aun así, suele haber susceptibilidad sobre los altos costos por ejemplo para la reposición de equipos, más aún en comparación con los métodos de riego superficial que dependen principalmente de mano de obra propia.

Pruebas realizadas durante el PIEN-Riego, experiencias de pequeños agricultores y las presentadas en varios países vecinos permiten aseverar que una vez que se logra operar correctamente un sistema de riego tecnificado esta sensibilidad se reduce.

2.4. Agua limpia

Los emisores de riego tecnificado son susceptibles a obstrucciones, en distinto grado según el tipo de emisor. Para garantizar su buen funcionamiento es necesario contar con agua de buena calidad o con equipos que ayudan a limpiarla. Normalmente, el sistema incluye un sistema de filtrado, que puede variar desde simples canastillos hasta instalaciones complejas con equipos múltiples. Su empleo depende de las características de los emisores y de la cantidad de impurezas en el agua.

Importa también la calidad química del agua. Por una parte, porque altas concentraciones de varios compuestos pueden limitar la productividad de los cultivos, y por otra, porque algunas sales contribuyen a una rápida obstrucción de las tuberías y emisores.

2.5. Características de la agricultura regada en la zona Andina

Con miras a la implementación de sistemas de riego tecnificado a continuación se describen algunas características más o menos generalizadas de la agricultura regada en los valles. Se detallan las que son de impacto directo para el diseño de un sistema de aspersión o goteo y se explica la interrelación entre estas características con el riego tecnificado (Hoogendam & Rios, 2008).

Agrupación de pequeños agricultores con tenencia de terrenos entre 0,3 a 5 ha.

Las comunidades campesinas de la zona de Valles son agrupaciones de familias campesinas, que en general tienen extensiones pequeñas de terreno (entre 0,3 a 5 ha), normalmente subdivididas en distintas parcelas. En algunos lugares, principalmente donde la presión sobre la tierra es alta y hay agua disponible, las familias cultivan todos sus terrenos, pero es más común encontrar parcelas en descanso.

La implementación de riego tecnificado es más sencilla en parcelas de mayor superficie, para las que muchas recomendaciones de catálogo son aplicables. Cuanto más pequeñas e irregulares sean las parcelas, más compleja es la instalación de emisores. Por otra parte, la rotación de cultivos complica el diseño y el funcionamiento de un sistema de riego tecnificado (Hoogendam & Rios, 2008).

2.5.1. Terrenos irregulares

Aparte de ser pequeñas, muchas de las parcelas en la zona Andina tienen una forma irregular, en límites y topografía (Ver Foto 2.1). Las formas irregulares obligan al uso de emisores especiales (especialmente aspersion) para lograr una adecuada homogeneidad en el riego y no perder mucha agua fuera de los límites del terreno.

Por su parte, las variaciones en altura por topografía ondulada obligan a prestar especial atención a los cambios de presión en la parcela, las que influyen en los caudales emitidos a lo largo de una línea de goteo, por ende, en la actualidad se realiza el Riego por surcos (Ver Foto N° 2.2), debido a los usos y costumbres de la gente.

Foto N° 2.1 Área agrícola en ladera



Foto N° 2.2 Riego por surcos



Fuente: Manual de Riego Tecnificado para los valles

Fuente: Manual de Riego Tecnificado para los valles

2.5.2. Torpeza y descuido en el uso y mantenimiento rutinario

La necesidad de instalaciones y equipos robustos se refuerza considerando que los agricultores andinos no están acostumbrados a manejar equipos delicados. En reparaciones y ajustes en el funcionamiento de un equipo suelen aplicar la fuerza más que herramientas especiales. Las muchas compuertas dobladas en sistemas por gravedad y válvulas inoperables en cámaras de riego tecnificado, son una fehaciente prueba.

Por otro lado, el agricultor andino suele descuidar el mantenimiento de sus equipos y herramientas, lo que complica el correcto uso de riego tecnificado, porque justamente este requiere cuidados y mantenimientos frecuentes para poder garantizar el funcionamiento y asegurar que opere por el periodo de vida útil previsto (Hoogendam & Rios, 2008).

2.5.3. Derechos de agua inscritos en sistemas mayores de riego

Una de las características principales que afecta a la instalación de sistemas de riego tecnificado es la forma de distribución de agua entre las familias campesinas. Lo más común es que una familia tenga derechos de agua dentro de un sistema colectivo. En estos sistemas el agua suele emplearse mediante una rotación de monoflujo entre los usuarios. Siendo sus turnos fijos o variables, tienen como común denominador que el caudal entero es entregado familia tras familia según una secuencia establecida. El tiempo que le toca regar a cada familia, depende de la división de los derechos de agua dentro del sistema.

Este tipo de reparto de agua tiene tres consecuencias importantes para las aplicaciones de agua en parcela:

El caudal de aplicación depende del caudal en la fuente. Este está en función de la disponibilidad hidrológica (en caso de tomas directas) o del caudal de largada (en caso de reservorios). En ambos casos, los caudales suelen ser relativamente grandes; mayores a 20 l/s y en algunos sistemas hasta 200 l/s.

Los tiempos de aplicación dependen de la envergadura del derecho de cada uno. Suelen ser relativamente cortos y tienden a acortarse a consecuencia de procesos de herencia. En muchos sistemas, los tiempos de aplicación no sobrepasan unas pocas horas y es común encontrar tiempos de riego expresados en minutos (Hoogendam & Rios, 2008).

El intervalo del riego depende de la suma de tiempos de riego del conjunto de los usuarios. Recién después de que todos reciban su agua, vuelve a empezar la ronda de riego desde el primer usuario. En general, estos periodos se alargan hasta varias semanas y en algunos sistemas hasta más de un mes, con lo que los intervalos son demasiado largos para un buen riego y exageradamente largos para su aplicación por métodos tecnificados.

Los agricultores saben que la combinación de estos factores (gran caudal, tiempo corto, intervalo largo) no es el óptimo para la producción regada, pero presenta una serie de ventajas que mantienen su vigencia.

En un tiempo corto se concentra toda la actividad de riego y vigilancia del agua. Los caudales mayores garantizan la llegada del agua a la parcela, lo que con caudales menores sería dudoso sobre todo para las parcelas lejanas alimentadas por canales rústicos de tierra.

Es evidente que estas características de distribución de agua se contraponen a lo requerido para la introducción de riego tecnificado: caudales pequeños, tiempos largos e intervalos cortos. Por lo que sistemas colectivos que deseen introducir áreas con riego tecnificado, deberán contar con usuarios con la voluntad para modificar su esquema de distribución a uno compatible con las características de la nueva tecnología (Hoogendam & Rios, 2008).

2.5.4. Deficiente oferta de servicios en el área rural

La agricultura andina depende casi exclusivamente de los mismos agricultores. Por lo regular se cuenta con servicios de asistencia técnica, apoyo financiero para invertir en su producción.

La falta de una red de servicios en el área rural puede ser un impedimento para introducir riego tecnificado, ya que requiere una fuerte inversión inicial y trae consigo mayores costos de operación y mantenimiento que un sistema de riego superficial. Para cubrir estos costos, los cultivos producidos tienen que generar ganancias adicionales. La rentabilidad de los cultivos incrementa cuando el riego tecnificado va acompañado de mejoramiento en la fertilización, control fitosanitario y un manejo adecuado del cultivo.

Es difícil solicitar cambios en los agricultores sin que ellos cuenten con un servicio de asistencia técnica y financiera, que incluya apoyo en la puesta en marcha del riego tecnificado y que brinde recomendaciones en las otras áreas de la producción. Además,

un apoyo técnico podría facilitar que los mismos agricultores emprendan investigaciones aplicadas acerca de la relación riego - producción en todas sus dimensiones.

2.5.5. Asistencia Técnica

La asistencia técnica es un producto/servicio que apoya la autogestión, la mejora en la productividad agrícola y la consolidación de la organización de regantes a través de información para la administración, operación, la mejora en la aplicación del agua y el desarrollo tecnológico para mejorar y/o cambiar la producción agrícola con riego, por lo que se hace necesaria la preparación de técnicos en Asistencia Técnica (AT), tanto de Gobernaciones y Municipios para contar con capacidades de servicio, y técnicos independientes que puedan ofrecer este servicio de forma puntual.

Así también, la experiencia en Bolivia muestra que visitas prácticas a otros proyectos tienen un efecto educativo muy alto, verificar personalmente el éxito de proyectos de riego además de estimular un intercambio de conocimientos e información prácticos de “campesino a campesino” amplía los horizontes del pequeño entorno del grupo de regantes que está iniciando su experiencia y los intercambios de experiencia tienen efectos demostrativos sobre el grupo de regantes que están en la etapa inicial (RIEGO, 2019).

Objetivo de la Asistencia Técnica para los beneficiarios y usuarios

- Economizar el líquido elemento para la vida.
- Recibir talleres y capacitación sobre los sistemas de riego.
- Mejorar la producción agropecuaria, mejorando los sistemas de riego y considerando los costos de producción.
- Capacitar a los operadores para un buen manejo del sistema.
- Tecnificar los sistemas de riego.
- Utilizar mejor el agua cambiando los sistemas de riego.
- Trabajar en el manejo y uso del agua, dar riego tecnificado.
- Preparar a los regantes más eficientemente en sistemas de riego.
- Compartir el conocimiento práctico de los profesionales para mejorar la calidad de la producción.
- Ayudar a entender aspectos técnicos.

- Manejo eficiente del agua para una mayor producción y mejores ingresos.
- Apoyar en el control social.

EIA/AT servicio a beneficiarios de proyectos de riego (nuevos o de mejoramiento) para el desarrollo de capacidades orientado a lograr la autogestión y sostenibilidad de sus sistemas de riego (Hidalgo, 2016).

2.6. Componentes, equipos y materiales en sistemas de riego tecnificado

Se describe las características de los componentes básicos de un sistema de riego tecnificado: cabezal, red de distribución, accesorios y emisores, y se revisa de forma somera equipos, accesorios y obras adicionales requeridas.

Para las obras adicionales, se prevén algunos detalles constructivos tipo para la estimación preliminar de costos. La información presentada es básicamente la que se requiere para poder entrar al tema de diseño (Hoogendam & Rios, 2008).

2.7. Componentes

La infraestructura de los sistemas de riego tecnificado está compuesta por tres componentes básicos, los demás instrumentos forman parte de todo el sistema para su buen funcionamiento (Ver Foto N° 2.3).

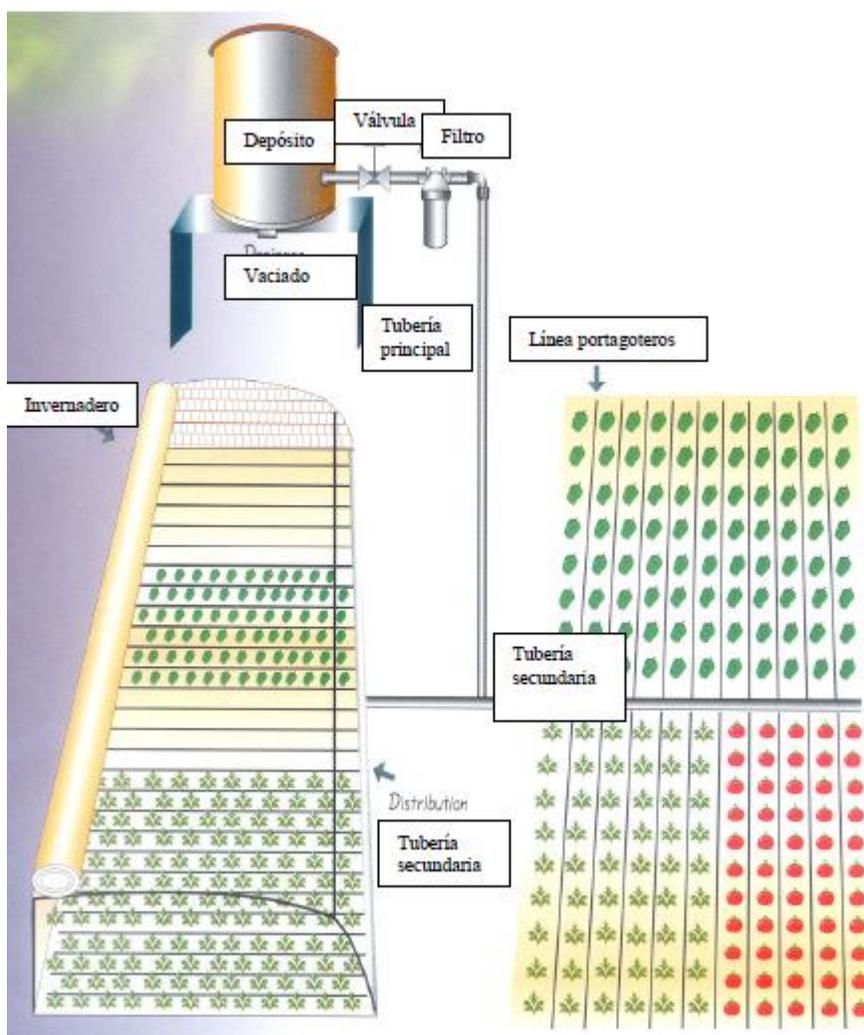
- Cabezal.
- Red de tuberías y accesorios.
- Emisores.

2.7.1. Cabezal

El cabezal está constituido por varios equipos y accesorios que conjuntamente permiten regular el caudal, controlar la calidad del agua y generar la presión necesaria para la operación del sistema.

El cabezal de un sistema de goteo se denomina también estación de control. Para sistemas de goteo pequeños a medianos suele estar construido de PVC e instalado horizontalmente a una altura mínima de 60 cm desde el suelo (Ver Foto N° 2.4, 2.5) para facilitar su operación (FAO, 2000).

Foto N° 2.3 Componentes de un sistema tecnificado



Fuente: Instalaciones de riego por goteo

Las piezas comunes en este tipo de cabezales (su descripción a detalle se realiza más adelante):

- Válvulas. - El uso de válvulas en cabezales permite la regulación, control y correcta operación del flujo hacia las áreas de riego. Generalmente se cuenta con una válvula de aire, válvulas de paso y en sistemas con bombeo una válvula de retención.
- Manómetros. - Los manómetros instalados en un cabezal sirven para medir la presión de ingreso al sistema tecnificado. Regularmente se cuenta con un par de ellos, antes y después de los filtros, para verificar su estado de operación.

- Filtros. - Los filtros tienen la función de la limpieza física del agua. De acuerdo con la calidad de agua y de los emisores utilizados, se instala uno o varios tipos de filtros. Pueden ser instalados en serie cuando se realizan varios pasos de limpieza o paralelo cuando se desea incrementar el caudal de filtrado.
- Inyectores de fertilizante. - Los inyectores son equipos especiales para aplicar fertilizantes conjuntamente al agua de riego.
- Programadores de riego. - Los programadores de riego son equipos electrónicos instalados por lo general en sistemas grandes, que permiten la automatización del sistema de riego. En combinación con válvulas solenoides, permiten el cierre y apertura de flujo mediante señales eléctricas (Hoogendam & Rios, 2008).

Foto N° 2.4 Cabezal de 2", para riego por goteo



Fuente: Manual de Riego Tecnificado para los valles

Foto N° 2.5 Cabezal de 6", sistema Escana



Fuente: Manual de Riego Tecnificado para los valles

En zonas en ladera los cabezales consisten de una cámara de carga con una malla de filtrado y una válvula, desde la cual se controla la salida de aire de las tuberías del sistema y se regula el caudal de ingreso al sistema (Hoogendam & Rios, 2008).

2.7.2. Red de tuberías y accesorios

Para la distribución de agua desde la fuente hacia las unidades, los sistemas de riego tecnificado cuentan con una red de tuberías, compuesta por:

Tubería principal, que es la tubería que conecta el cabezal con las áreas de riego. Los materiales preferidos para estas líneas son PVC, polietileno de alta densidad y tramos de fierro galvanizado, en diámetros que suelen fluctuar entre 2” y 10”. La tubería principal siempre está enterrada para su protección (Ver Foto N° 2.6).

Foto N° 2.6 Armado tubería principal, junta rápida



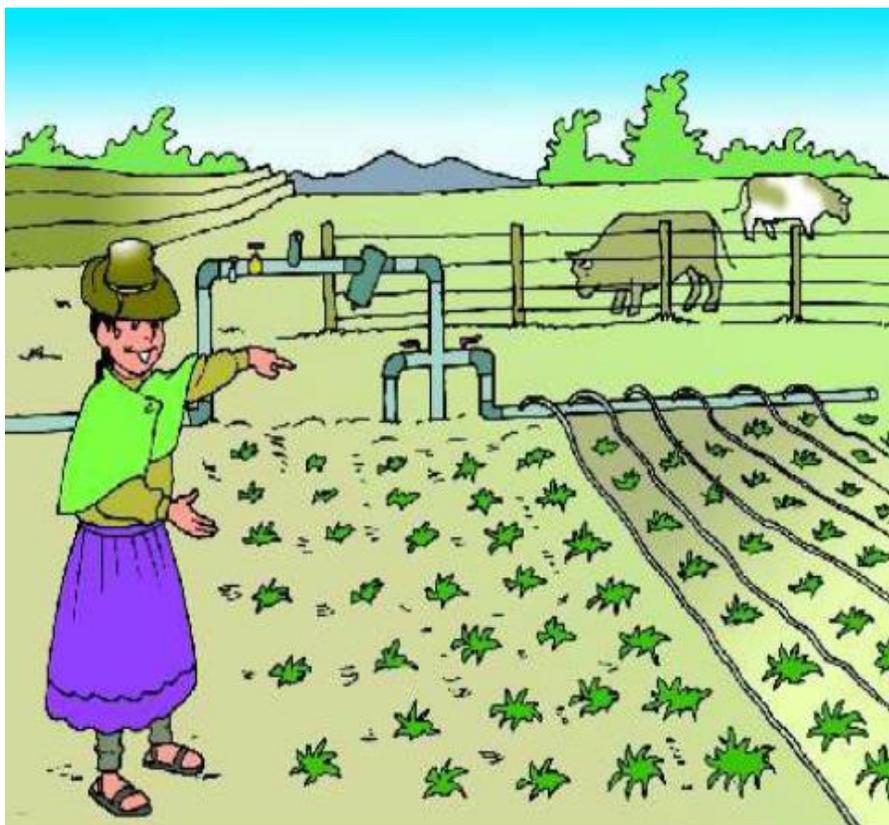
Fuente: Manual de Riego Tecnificado para los valles

Tubería secundaria, que transporta el agua desde la red principal hacia los laterales. Por lo general con diámetros de 1” a 2”. Preferentemente son tuberías de PVC o polietileno y pueden estar enterradas.

Laterales, que son tuberías o mangueras a las que están conectadas los emisores (Ver Foto N° 2.7). Por lo general sus diámetros fluctúan entre 16 mm y 20 mm para sistemas de goteo. El material predominante es polietileno de baja y media densidad (Hoogendam & Rios, 2008).

Los laterales suelen estar sobre el terreno o colgados entre el cultivo (vid).

Foto N° 2.7 Tuberías laterales de goteo



Fuente: Manejo de sistemas de riego por goteo

Entre los principales accesorios de una red, se encuentran:

- Conexiones de tubería: para la conformación de la red se precisan accesorios para unir tuberías, generar giros en la línea de transporte y derivar parte del flujo hacia sectores. Para ello se cuenta en el mercado con una gran cantidad de accesorios en PVC y accesorios de Junta Rápida para polietileno.
- Válvulas de control: existe una gran variedad de válvulas cuyas funciones son el mantener una sola dirección de flujo y regular el caudal de paso.
- Hay válvulas de retención, válvulas de paso (compuerta, medio giro, globo), válvulas de solenoide y válvulas automáticas de regulación de presión y caudal.
- Accesorios auxiliares: entre estos se cuenta con válvulas de aire (ventosas) y válvulas para medir el volumen y caudal, las que tienen por objetivo mejorar las condiciones de operación y control del flujo de todo el sistema, para su mejor aprovechamiento también se recomienda usar válvulas de purga de lodos.

2.8. Emisores

Los emisores son los dispositivos que permiten la salida regulada de agua desde una red presurizada. Los principales son aspersores, microaspersores y goteros. Son el núcleo del sistema tecnificado, debido a que sus características influyen directamente en el diseño de la red de distribución (Hoogendam & Rios, 2008).

En el mercado internacional existe una gran variedad de emisores, desde algunos muy simples a otros bastante sofisticados. Para los sistemas de riego en los Andes, se concluye que los emisores deben tener las siguientes características principales:

- Entregar el agua en caudales uniformes y poco susceptibles a variaciones de presión.
- Tener una sección de paso amplia, para evitar obstrucciones.
- Tener poca sensibilidad a cambios de temperatura.
- Ser de fabricación robusta y con una baja variabilidad de fabricación de piezas.
- Tener un costo relativamente bajo.

2.8.1. Goteros

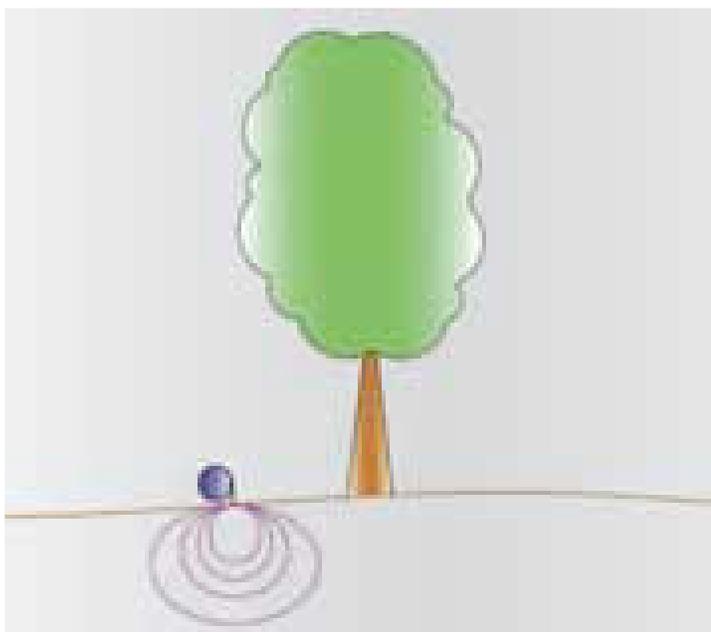
Goteros son pequeños emisores fabricados generalmente de plástico de alta resistencia, que montados sobre líneas laterales permiten la aplicación de agua cerca de la zona de raíces de los cultivos. Trabajan por lo general a presiones entre 5 a 20 mca, con lentas descargas de agua de 1 a 10 l/hr por cada emisor (Hoogendam & Rios, 2008).

Característico de estos emisores es:

- La generación de bulbos de mojado alrededor de los goteros, en lugares donde se espera se concentre las raíces (Ver Figura N° 2.2).
- La necesidad de contar con un gran número de emisores en una línea lateral.
- Una alta uniformidad entre las aplicaciones de los goteros a lo largo del lateral.

Por último, se clasifican los goteros según la respuesta en variación de caudal a consecuencia de variaciones de presión. Los que mantienen un caudal casi constante bajo un amplio rango de presiones se los llama autocompensados, a diferencia de los no-compensados, cuyo caudal fluctúa sustancialmente con la variación de presión.

Figura N° 2.2 Bulbo de mojado de un gotero



Fuente: Manual de Riego Tecnificado para los valles

La operación del lateral porta goteros o de la cinta de goteo consiste simplemente en poner en marcha el sistema y controlar su funcionamiento. Ello debido a que por lo general son sistemas fijos, que requieren poca manipulación para su operación.

En cintas de goteo los emisores están insertos en la pared de la manguera. Vienen espaciados generalmente en 20, 30, 45, 50 o 60 cm entre goteros, trabajan a bajas presiones y presentan buenos resultados para cultivos bajo invernadero y en la producción de hortalizas (Ver Foto N° 2.8). Su mayor debilidad es su menor durabilidad al estar en campo (se comercializa en mangueras de 0,10 a 1,25 mm de espesor), requieren una alta tasa de filtrado y son difíciles de reparar.

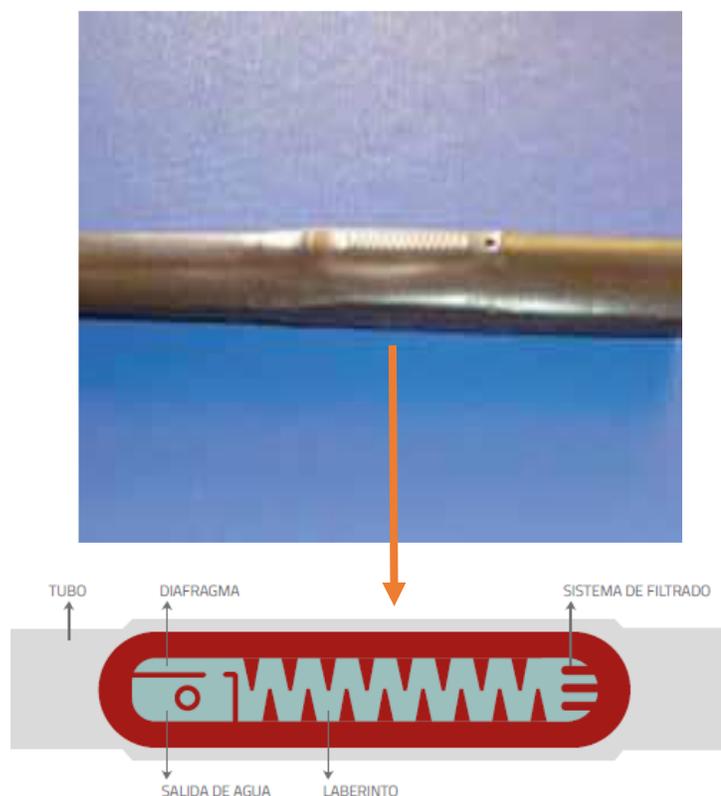
Todos los goteros tienen catálogos de comercialización con sus curvas de descarga, rangos de presión, caudal de operación y requerimientos de filtrado (Hoogendam & Rios, 2008).

2.8.2. Goteros autocompensantes

Son goteros que mantienen el caudal más o menos constante, aunque varíe la presión de entrada, dentro de un determinado rango de presión, al que se denomina intervalo de compensación. Son indicados para lugares donde hay grandes diferencias de presión

debidas a desniveles topográficos (tierras de laderas) o cuando existen a lo largo de la tubería lateral grandes pérdidas de carga (Mendoza, Riego por Goteo, 2013).

Foto N° 2.8 Cinta de goteo



Fuente: Manual de Riego Tecnificado para los valles

Los goteros auto-compensados tienen la particularidad de mantener el mismo caudal, aunque varíe la presión. El flujo es turbulento y en su interior poseen una membrana de silicona (diafragma) que se deforma por la diferencia de la presión del agua antes y después de la misma, modificando el conducto de paso y manteniendo el caudal constante. Su uso es más frecuente en terrenos ondulados, con pendientes pronunciadas y para longitudes extensas (Liotta, Carrión, Ciancaglini, & Olguín, 2015).

Ecuación de descarga, presión y caudal

El caudal de salida en todos los emisores mencionados depende de la presión a la cual son sometidos.

Una fórmula simple que describe este comportamiento es:

$$qe = k * Pe^x$$

qe = Caudal del emisor (m³/hr)

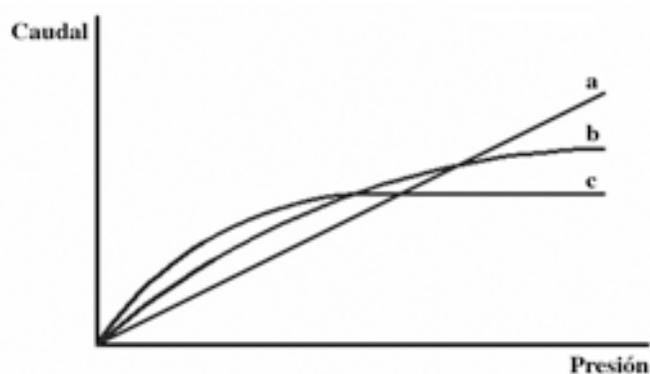
k = Coeficiente de proporcionalidad del emisor: depende del tipo de boquillas y la forma de salida

Pe = Presión del emisor (m.c.a.)

x = Exponente de descarga del emisor: caracteriza el régimen de flujo y el rango de autocompensación

Cada tipo de emisor cuenta con valores característicos de k y x . Para muchos emisores estándares estos valores se presentan en sus catálogos. En caso de que no se conozcan estos valores, presenta una metodología para su determinación. Estos valores son importantes para el diseño, especialmente el valor de x (Ver Figura N° 2.3).

Figura N° 2.3 Curvas de emisión para valores de x ($a=1, b=0.5, c=0$)



Fuente: Manual de Riego Tecnificado para los valles

La Figura N° 2.3 presenta tres curvas de descarga, para varios valores de x , que demuestra que mientras menor sea el valor de x , existe una menor variación en la descarga ante variaciones de presión (Hoogendam & Rios, 2008).

2.8.3. Filtros

Los sistemas de riego tecnificado requieren operar con agua de buena calidad.

El ingreso de sólidos puede obstruir parte del sistema, dañar partes sensibles o móviles y reducir el flujo de agua por pérdidas de carga y disturbios en la red de tuberías.

Cada tipo de emisor requiere un cierto grado de filtrado de agua para garantizar su buen funcionamiento. En los catálogos se encuentran los requerimientos propuestos por los fabricantes.

El material sólido en el agua puede ser de origen orgánico, inorgánico (arcillas y arenas) o biológico (algas o microorganismos).

Con relación al riego tecnificado se distinguen partículas de tres tamaños: partículas de tamaño menor que la sección mínima de paso del emisor, las que por lo general pasan sin generar obstrucción, partículas de tamaño mayor que la sección mayor de paso del emisor, las que tampoco generan problemas ya que son arrastradas hacia el final de las tuberías y eliminadas en la limpieza, y las partículas de tamaño similar a las secciones de paso del emisor, que son las más peligrosas ya que fácilmente obstruyen los emisores.

Selección de filtros

Los filtros disponibles en el mercado se clasifican como:

- Filtros planos, como pantallas, anillas y canastillos.
- Filtros de masa, con una gran masa de material granular de grava, arena o mixta.
- Filtros de separación, como hidrociclones.

No existe una regla sobre qué tipo de filtro utilizar en función del tipo de emisor. Esta decisión depende de la cantidad y calidad del material que se precisa filtrar. En muchos casos es necesario usar más de un tipo de filtro, colocados en serie. En la selección de los filtros también influyen criterios de precio y disponibilidad en el mercado.

2.9. Accesorios

2.9.1. Manómetros

Los manómetros son equipos de medición de presión, que se colocan por lo general en el cabezal de control. Permiten verificar la presión de trabajo del sistema y la presión de operación de emisores. En sistemas con un cabezal complejo, el uso de dos manómetros,

antes y después de los equipos de filtrado, permite evaluar la necesidad de limpieza en función de la pérdida de carga entre los dos puntos.

En un sistema tecnificado se recomienda incluir algunos puntos de toma de presión, especialmente al ingreso de las unidades de riego, donde con un manómetro y aguja se pueda evaluar la presión (Ver Foto N° 2.9).

Foto N° 2.9 Medición de presión de cabezal



Fuente: Manual de Riego Tecnificado para los valles

2.9.2. Válvulas

Las válvulas permiten controlar y operativizar el flujo en la red de tuberías. Las más empleadas son:

- Válvulas de retención, que también se conocen como válvulas anti retorno. Garantizan que el flujo de agua vaya en un solo sentido. Se recomienda su uso especialmente en sistemas con equipos de fertirrigación y con agua de pozos, ya que evita un posible flujo de retorno hacia la fuente y su consecuente contaminación. En sistemas donde se eleva el agua a cotas superiores, es necesario colocar una válvula de retención que proteja al cabezal y bomba de posibles golpes de ariete.
- Válvulas de paso, que son usadas para el control de flujo y presión. Las más usadas son las de medio giro, de mariposa y de compuerta. Las de medio giro se abren y cierran mediante el giro en 90° de una palanca. Las de mariposa se operan mediante el giro de un volante que hace rotar un plato circular. En las de compuerta el giro de un volante hace subir o bajar un plato. En general se recomienda no usar

válvulas de medio giro en sistemas de riego tecnificado para evitar aperturas y cierres bruscos.

- Válvulas de aire, son aquellas que permiten el ingreso y salida de aire de la red de tuberías. Salida de aire en los puntos altos donde se puede producir embolsamientos de aire e ingreso durante el vaciado de agua de la red evitando el trabajo a succión de las tuberías (Hoogendam & Rios, 2008).

2.9.3. Accesorios especiales

Para la instalación de una combinación de tuberías se requiere una gran cantidad de accesorios para los cambios de dirección, empalmes, derivaciones o fines de líneas (Hoogendam & Rios, 2008).

Para el empalme de laterales en sistemas de goteo se usan accesorios especiales, como empaques con gromits (Ver Figura N° 2.4).

Figura N° 2.4 Instalación de un lateral de gotero con empaque y gromit



Fuente: Manual de Riego Tecnificado para los valles

2.9.4. Cámara de llaves

Foto N° 2.10 Cámara de llaves rompe presión



Fuente: Manual de Riego Tecnificado para los valles

Una cámara de llaves es una estructura que aloja una válvula de paso, que permite operar un sector de riego de goteo o una línea de aspersión.

Aunque las válvulas pueden ser bastante pequeñas, se recomienda construirlas con una dimensión mínima de 0,50 x 0,50 m, para facilitar el manejo de las válvulas al interior de la cámara.

Siempre se debe colocar una unión patente continua a una válvula para su desmontaje. Los accesorios de polietileno cumplen la misma función (Ver Foto N° 2.10).

2.10. Información básica para el diseño

2.10.1. Datos climáticos

Los datos climáticos, son los siguientes:

2.10.2. Precipitación efectiva (Pef)

Para determinar los requerimientos de riego es necesario tomar en cuenta el aporte de lluvias a los cultivos. Se propone utilizar las ecuaciones de precipitación efectiva formuladas por el PRONAR para distintas zonas agroecológicas para estimar los requerimientos de lámina complementaria (Hoogendam & Rios, 2008).

Si no se cuenta con datos de precipitación para la zona específica del proyecto, hay que buscar información en estaciones cercanas. Si la dimensión del proyecto justifica análisis climatológicos específicos, se recomienda interpolar valores de precipitación entre estaciones por ejemplo a través del método de polígonos de Thiessen.

2.10.3. Evapotranspiración (ET)

La lámina de agua a aplicar al terreno debe reponer el agua perdida por evaporación desde el suelo y aquella transpirada por la planta, cuya suma se denomina evapotranspiración. Considerando que las tasas de evaporación y transpiración varían en función de varios parámetros climáticos, se debe estimar estas tasas de manera inteligente. Para el diseño, hay que determinar los valores máximos de reposición requerida, porque guían al diseño.

La literatura menciona varios métodos para estimar valores de evapotranspiración de un cultivo, que pueden aplicarse en función de la disponibilidad de información y

conocimiento de ajuste a la condición local. Se recomienda usar la herramienta ABRO, Área Bajo Riego Óptimo, que estima valores de evapotranspiración mensual sobre la base de la ecuación de Penman Monteith. Mínimamente se debe contar con valores extremos promedios mensuales de temperatura. Adicionalmente se puede incluir horas de sol, valores promedio de humedad relativa mensuales y velocidades de viento promedio mensuales. Utilizando la herramienta ABRO para el cálculo de ET, hay que identificar el mes de mayor déficit de agua en el periodo de crecimiento, dividir este valor mensual por los días del mes y así obtener el valor diario de ET. El valor calculado es base para dimensionar el sistema (Hoogendam & Rios, 2008).

Para el proceso de diseño varios textos recomiendan usar valores extremos de evapotranspiración diaria, calculados con probabilidades de ocurrencia entre 75% y 85%, de manera de garantizar aplicaciones con un amplio margen de seguridad. En estos textos los valores estimados de ET son utilizados para definir las frecuencias de riego y optimizar la infraestructura, de manera que el sistema pueda regar todas las unidades dentro del intervalo de distribución establecido.

En el caso de grupos insertos en un sistema mayor no se puede aplicar este razonamiento, ya que las condiciones locales de gestión obligan a usar frecuencias fijas. Asimismo, no es posible dimensionar el sistema de manera que exista un uso continuo de equipos. Por ejemplo, en goteo, los equipos suelen trabajar cada día o día por medio tan solo algunas horas (Hoogendam & Rios, 2008).

2.10.4. Viento

En los diseños de riego tecnificado, el viento tiene un efecto doble. Primero en el cálculo de la evapotranspiración, debido a que reduce la humedad relativa en la capa de aire inmediatamente superior al cultivo, lo que incrementa la evapotranspiración. Este efecto se analiza en la estimación de ET.

Valores de velocidad de viento son difíciles de obtener, por lo que su uso en el diseño de sistemas de riego tecnificado va más enfocado a decidir en situaciones extremas entre la sí o no implementación de aspersión. Normalmente, se debe realizar un análisis cualitativo de la información de viento, más que usar valores en ecuaciones. Se recomienda un

análisis temporal (mensual) y espacial del viento, indagando con la gente del lugar acerca de horas de viento y meses de mayor incidencia. En función de las magnitudes que se identifique se puede modificar patrones de espaciamiento de aspersores o restringir el uso a horarios específicos durante algunos meses. Para goteo no es necesario realizar mayores análisis de viento (Hoogendam & Rios, 2008).

2.10.5. Uso de suelos

Los métodos de diseño suelen pedir una gran cantidad de información sobre las características de suelo, que se obtienen de análisis de laboratorio.

A continuación, se presenta metodología la recolección de información se concentra en pruebas e inspecciones de campo. Los datos adicionales se pueden obtener con la suficiente precisión desde tablas (Hoogendam & Rios, 2008).

La siguiente información básica debe determinarse en campo:

- Textura del suelo (Ver Foto N° 2.12).
- Profundidad de la zona de raíces (Ver Foto N° 2.11).
- Características de drenaje.
- Pendientes pronunciadas.

Foto N° 2.11 Evaluación de profundidad de raíces



Fuente: Manual de Riego Tecnificado para los valles

Foto N° 2.12 Excavación de calicata evaluación de suelo

Fuente: Manual de Riego Tecnificado para los valles

2.10.6. Relación entre el agua y el suelo

El suelo es el almacén de agua para las plantas, el agua que se aplica a los terrenos, ya sea mediante la lluvia o mediante el riego, es almacenado por el suelo en el espacio poroso.

La cantidad de agua que se almacena depende de muchos factores, pero principalmente de la distribución de las partículas sólidas de los suelos o textura. Por unidad de volumen de suelo, los suelos arenosos tienen menor capacidad de almacenar agua que los suelos arcillosos, por esa razón cuando un cultivo se siembra en suelos arenosos es necesario regar con mayor frecuencia que cuando está sembrado en suelos arcillosos (Mendoza, RIEGO POR GOTEJO, 2013)

2.10.7. Topografía y características del área

Para el diseño de sistemas de riego tecnificados es necesario elaborar planos parcela para el dimensionamiento de laterales, la ubicación de hidrantes y el trazado de tuberías. El levantamiento planialtimétrico debe contar con la siguiente información:

- Curvas de nivel cada 1 o 2 metros.
- Límites de parcelas agrícolas.
- Construcciones en el área.
- Interrupciones topográficas, como quebradas, caminos y bosques.

La información topográfica permite determinar las pendientes de los terrenos e identificar obstáculos para el trazado de la red, como casas y sectores donde generaría conflictos (Ver Foto N° 2.13).

Foto N° 2.13 Parcelas en ladera de en zonas accidentadas



Fuente: Manual de Riego Tecnificado para los valles

Agricultores, tenencia y área bajo riego tecnificado

Durante el proceso de levantamiento de parcelas y sus características se tiene que relevar el nombre de los propietarios y las áreas que desean habilitar bajo riego tecnificado. Esta información es útil para definir:

- Superficies bajo riego tecnificado.
- Número de emisores por usuario, de acuerdo con las superficies indicadas.
- Reglas de equidad local para la habilitación de superficies.
- Demanda de agua.
- Derechos de agua.
- Aportes por usuario como contraparte.

La definición del grupo de usuarios y de las áreas de cada integrante debe hacerse en consenso de todos, con tal de evitar que algunos agricultores intenten conseguir mayores beneficios que los demás.

Todas las definiciones deben estar plasmadas en un acta, que es la base para el trabajo de diseño (Hoogendam & Rios, 2008).

2.10.8. Derechos y distribución de agua

Por lo general todas las fuentes de agua cuentan con un grupo específico de usufructuarios, quienes han generado reglas específicas para su uso. El diseñista debe recolectar información sobre estas reglas.

Existen conceptos y procedimientos para el análisis de los esquemas de distribución, los que se recomienda revisar antes de proceder al diseño de sistemas tecnificados al interior de sistemas mayores (Boolens, 2001)

Resulta primordial de estos análisis obtener la siguiente información:

- La base sobre la cual se distribuye el agua, superficies a regar u horas de derecho con un caudal determinado.
- Los mecanismos por los cuales se adquieren y mantienen los derechos de agua.
- Vinculación del agua a la parcela o a la familia.
- Caudales de operación (considerando sus variaciones en el tiempo).
- Frecuencia con la cual se entrega agua a cada usuario y la flexibilidad en los esquemas de distribución.
- Tiempos de aplicación de cada integrante del grupo de interesados en riego tecnificado.

2.10.9. Calidad del agua

Para el riego tecnificado es necesario evaluar la carga de sedimentos, la carga biológica y los compuestos y sales que contiene. Aguas de explotaciones subsuperficiales suelen ser de suficiente calidad físico para su utilización en sistemas de riego tecnificado. Aguas de ríos, vertientes, canales y estanques suelen tener altas cargas de sedimentos y contaminaciones biológicas, por lo que es necesario usar filtros especiales. Se recomienda hablar con los agricultores sobre variaciones temporales en la calidad de agua.

En cuanto a la calidad química del agua, por lo general sólo se solicita evaluar la cantidad de sales presentes y la relación de absorción de sodio (RAS). Ante sospecha de alta concentración de carbonatos se debe evaluar los compuestos en laboratorio, porque pueden provocar quemaduras en las hojas. En sistemas de goteo con inyecciones de

fertilizantes se deben realizar estudios específicos de carbonatos y aguas pesadas, para evitar mezclas que decanten y puedan obstruir los goteros.

Se recomienda revisar literatura especializada sobre el tema (FAO, 1994). Como referencia, la Tabla N° 2.1, presenta parámetros para evaluar la calidad de agua para riego.

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

	Unidades	Restricciones del uso de agua		
		Sin problema	Problema creciente	Problema grave
Conductividad eléctrica	mmho/cm	<700	700-3000	>3000
Toxicidad	RAS	<8	8-16	>16

Fuente: Calidad del agua para la agricultura

Conductividad eléctrica (CEa).- es una medida indirecta de la concentración de sales de una solución, basada en el hecho de que, si bien el agua pura es mala conductora de la electricidad a las sales les sucede lo contrario. La conductividad eléctrica es proporcional al contenido total de sales disueltas en el agua.

La unidad de conductividad más usada en análisis de aguas era el mmho/cm (milimho por centímetro); sin embargo, por acuerdo general pasó a denominarse Siemens (S) en el sistema internacional de unidades de medida. La equivalencia entre ambas es:

➤ $1 \text{ mmho/cm} = 1 \text{ dS/m}$ (un milimho por cm, equivale a un decímetro por metro).

2.10.10. Cultivos y labores culturales

La definición del tipo de cultivo a regar es un aspecto clave para un proyecto de riego tecnificado porque determina los requerimientos de agua, la densidad de plantas, la profundidad de raíces, su altura y su respuesta al riego. Además, da luces para las posibles reglas operativas.

Adicionalmente, el conocimiento de rotaciones, descanso de parcelas y calendarios agrícolas permite determinar la versatilidad de los sistemas propuestos en el contexto de las estrategias locales de producción y la economía familiar. Así, por ejemplo, agricultores de los valles de Bolivia suelen rotar entre cultivos con distintos marcos de plantación, para darle mejor uso al suelo (Hoogendam & Rios, 2008).

En este contexto, los sistemas de goteo no son adecuados, por lo menos no con espaciamientos fijos.

Se solicita relevar de campo los siguientes datos:

- Cultivo principal para el cual se propone instalar el riego tecnificado.
- Cédula de cultivos habitual en la zona de trabajo, incluyendo las rotaciones de cultivo.
- Descanso en la rotación de cultivos.
- Calendario agrícola, con periodos de siembra y cosecha.
- Niveles actuales de stress, a partir del análisis de láminas aplicadas y requeridas.

Para la selección de materiales y equipos se debe levantar en campo:

- La necesidad de mover equipos o partes para poder realizar trabajos culturales.
- La profundidad de labranza (Ver Foto N° 2.14).
- Las rutas de tránsito de tractores y equipos de labranza, para evitar daños a goteros por una ubicación incómoda, por ello la separación entre filas es un poco mayor en relación al ancho del tractor (Hoogendam & Rios, 2008).

Foto N° 2.14 Labores de labranza



Fuente: Manual de Riego Tecnificado para los valles

2.10.11. Operación y mantenimiento de sistemas de riego tecnificado

Para aumentar su vida útil, todo sistema de riego requiere proteger y conservar sus obras y equipos mediante actividades de operación y mantenimiento. En sistemas tradicionales,

estas actividades suelen efectuarse como procedimientos rutinarios, de acuerdo con reglas no escritas que todo usuario conoce y está de acuerdo en cumplir.

En los sistemas de riego tecnificado, los requerimientos de operación y mantenimiento son más específicos y a la vez más determinantes para el buen funcionamiento del sistema.

2.11. Características de los Reservorios de regulación

En general, hay dos tipos de reservorios de regulación: los individuales, con una capacidad estimada a partir del derecho de uso de agua del propietario de la parcela, y los colectivos.

La construcción de reservorios responde a requerimientos específicos, como por ejemplo el evitar regar durante la noche para controlar el flujo o para facilitar el riego a mujeres, o bien para almacenar el agua para turnos intermedios.

2.11.1. Mayores problemas identificados

- Daños a muros de conformación del estanque por falta de cuidado y mantenimiento.
- Filtraciones por el piso y muros del estanque.
- Pérdida de volumen útil por sedimentos.
- Obstrucción de salida.
- Falta de operatividad de piezas para la regulación y control de salida.

2.11.2. Recomendaciones para la operación

- Es importante verificar que el caudal de ingreso no erosiona al estanque.
- Se cuente con un vertedor de excedencias operativo.
- La válvula de regulación cierre herméticamente o bien abra correctamente.
- Los operarios deben conocer el número de vueltas que da una válvula, con el fin de regular óptimamente el caudal de salida del estanque y atender eficientemente a un número de emisores que demandan agua.
- Para la comodidad en la operación del reservorio, se recomienda instalar reglas volumétricas para vigilar el ingreso y la salida de volúmenes de agua (Rios, 2008).

3. ANÁLISIS ACTUAL DEL SISTEMA DE RIEGO

3.1. Descripción de la Infraestructura del Sistema de Riego Actual

En el área de influencia del proyecto, el sistema se abastece de la fuente más importante de Tarija que es la Represa de San Jacinto.

Actualmente en la zona de estudio, se realiza el riego por gravedad y se cuenta con un reservorio impermeabilizado por geotextil colocado en el mes de julio de la gestión 2019, de una capacidad de 4000m³, a continuación, se muestra el proceso de constructivo que se llevó a cabo para la impermeabilización del mismo (Ver foto N° 3.1, 3.2, 3.3).

Foto N° 3.1 Proceso constructivo para el colocado del geotextil



Fuente: Elaboración propia

En foto N° 3.1 se observa a los trabajadores realizando la limpieza de terrones de arcilla que puedan causar desperfectos para el colocado del geotextil.

Luego se procedió en el colocado del geotextil, que llevó consigo un tiempo de 1 semana.

Foto N° 3.2 Reservorio en la etapa de colocado del geotextil



Fuente: Elaboración propia

Por último, se realizó la prueba si existía alguna fuga, para ello se procedió a realizar el llenado del mismo en un tiempo de 3 días, permitiendo un caudal de llegada mucho mayor al que siempre llega en condiciones normales.

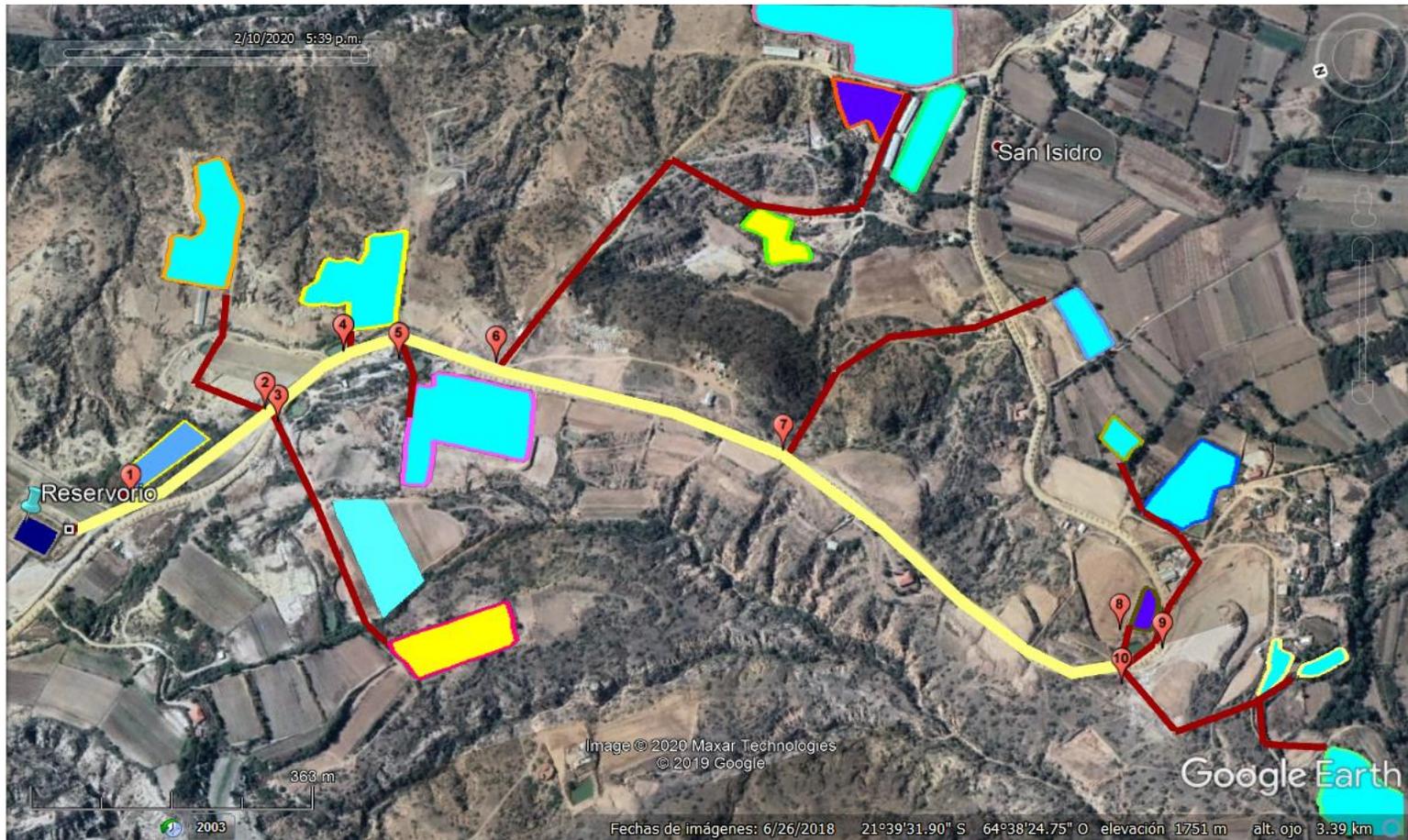
Foto N° 3.3 Culminación y llenado del reservorio con geotextil



Fuente: Elaboración propia

La infraestructura principal de conducción y distribución del sistema actual de riego por gravedad se describe a continuación.

Figura N° 3.1 Situación actual del proyecto



Fuente: Google Earth (Elaboración propia)

En la comunidad ubicada aguas abajo del reservorio del lugar de estudio se tiene 10 tomas (Ver figura N° 3.1), en su mayoría construidas rústicamente con estructuras precarias y tomas conformadas por palos, piedras y compuertas que encausan el curso del agua; estos aspectos son los causantes para que estas tomas se vean afectadas por las pérdidas en el transporte (Ver foto N° 3.4).

Foto N° 3.4 Tomas de agua para conducir el agua hasta el cultivo



Fuente: Elaboración propia

Los canales que conducen las aguas de riego desde las tomas en un gran porcentaje son de tierra, con una pendiente de 1 a 5 %. Algunos con tubería, y otros con canales de tierra con distintas formas y de secciones variables de 0.25 x 0.30 m.

Se puede apreciar en los canales de tierra una gran pérdida de agua, debido al transporte que realizan hasta llegar al cultivo (Ver foto N° 3.5).

Por medio de estos canales, que suman una longitud aproximadamente de 4 km, se riegan alrededor de 14 has con 20 usuarios activos dentro del sistema.

En general la capacidad de conducción de los canales oscila entre 5 y 15 l/s, estos conducen el agua a gravedad hasta llegar al cultivo donde la forma de riego es mediante surcos, siendo el tradicional en la zona.

Foto N° 3.5 Canales de conducción en el sistema de riego



Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 3.1, se presenta un resumen de los comunarios con sus respectivas características de hectáreas cultivadas.

Tabla N° 3.1 Lista de comunarios de la zona con áreas cultivadas y potenciales

N°	Nombres y apellidos	Canales	Sup/regar (has)	Sup/total (has)
1	Ambrocio A. Aguilera T.	Colpanas B.	0.1380	0.1380
2	Ángel Tapia Rodríguez	Colpanas B.	1.2059	4.1978
3	Asunción Gutiérrez Ruiz	Colpanas B.	0.2360	0.2360
4	Avelino Aguilera Tapia	Colpanas B.	0.4003	0.8710
5	Delina Velásquez Álvarez	Colpanas B.	0.8100	3.9112
6	Sandra Rita Reyes	Colpanas B.	0.1500	0.5621
7	Emilio Tejerina Ruiz	Colpanas B.	0.3100	2.4760

8	Estela Reyes Velásquez	Colpanas B.	1.1462	3.3340
9	Gonzalo A. Rodríguez G.	Colpanas B.	0.3971	5.2850
10	Imar J. Sanguino Gallardo	Colpanas B.	1.7318	3.5850
11	Leandro Colodro Sánchez	Colpanas B.	0.2200	4.0140
12	Leocadio Tolaba Vera	Colpanas B.	0.5142	1.3270
13	Leonardo Reyes Tapia	Colpanas B.	0.1439	1.3060
14	Nelson G. Flores Montes	Colpanas B.	0.9532	4.8710
15	Pastor Romero Gallardo	Colpanas B.	0.8980	1.0160
16	Román Aguilera Tapia	Colpanas B.	0.1903	0.7940
17	Sebastián Tolaba	Colpanas B.	2.3374	5.6300
18	Teresa Y. Reyes Alvarado	Colpanas B.	1.1424	5.4427
19	Víctor Sánchez Ruiz	Colpanas B.	0.6175	1.2670
20	Franz Reyes	Colpanas B.	0.2450	1.5000
	Total=		13.7872	51.7638

Fuente: Datos proporcionado por San Jacinto

En la zona de riego perteneciente del canal de Chañarís en la comunidad de Colpanas Blancas según el cuadro indicado, se deducen algunas características:

- **La superficie potencial** alcanza a **51.7638** has.
- **La superficie total cultivada** en dos épocas de acuerdo a información proporcionada por los agricultores mediante entrevistas, alcanza aproximadamente **13.7872 has**, que se encuentran a riego bajo la influencia del depósito de almacenamiento que tiene la comunidad.
- El total de las hectáreas regadas benefician a **20 comunarios**.

3.2. Gestión del Sistema

Actualmente la gestión de los sistemas de riego se basa en aspectos de organización de usuarios, derechos de agua, distribución del agua (Operación), mantenimiento del sistema y acuerdos que norman las actividades inherentes al riego, según Reglamentos Internos de la comunidad Colpanas Blancas, los sistemas tradicionales generalmente se manejan de acuerdo a las tradiciones usos y costumbres de la zona.

3.3. Acuerdos

Los acuerdos sobre los diversos aspectos de la gestión para el beneficio del recurso agua, pasan por un proceso de discusión que culminan en acuerdos que se detallan a continuación:

- Respetar el turno de agua que cuenta cada usuario.
- El ingreso de un partidario o arrendatario le habilita con todas las obligaciones que conlleva el derecho de uso de agua.
- Asistir a los trabajos de limpieza, cuando el Juez de agua convoque.

3.4. Organización

Los usuarios de los sistemas a partir de cada toma están organizados en forma simple para un mejor aprovechamiento del agua. La organización tiene el nombre del sistema y solo es visible a través de su autoridad que es el juez de agua.

La labor del juez de agua aún se considera una obligación social remunerada por San Jacinto, por el reconocimiento de su trabajo de lunes a viernes, los fines de semana estos lo hacen por cumplir con la comunidad.

Las responsabilidades más importantes de los jueces de agua son: hacer cumplir los turnos, convocar a reuniones y trabajos, sacar orden de notificación para el cumplimiento de los trabajos, soluciona conflictos, etc.

Las reuniones que se llevan a cabo, están supeditadas a la urgencia de efectuar algún trabajo o informar algo apremiante.

La organización para el manejo del sistema de riego mejorado por comunidad tiene como la organización que maneja el riego actual, asimismo cuentan con reglamentos internos, que no han sido consolidados.

3.5. Derechos al agua

Actualmente la adquisición de los derechos de agua y tierra es por compra o sucesión hereditaria. La venta de terrenos incluye el derecho al uso de agua, pero existen excepciones de solo de venta de derecho al uso de agua. Por otra parte, el fraccionamiento de la tierra por procesos de herencia permitió la habilitación de nuevos usuarios con

derecho al uso de agua, lo que antes fueron pocos usuarios, hoy son unidades de numerosos usuarios.

En el sistema de riego de Colpanas Blancas con 20 usuarios activos tienen derecho a un día por semana por comunario.

Según los usos y costumbres de la zona de influencia del proyecto el derecho al agua está ligado a la superficie de tierra bajo riego de cada familia, es decir que no existe tierra sin derecho a agua de riego. La superficie de tierra bajo riego de cada usuario es variable, consiguiente mente, cada familia tiene diferente número de turnos, siendo el turno de referencia de 11 horas por hectárea, estos turnos no cambian desde la gestión 2015 (Ver foto N° 3.6).

Foto N° 3.6 Boleta de entrega de agua por San Jacinto

FICHA DE ENTREGA DE AGUA
N° 370282

GOBIERNO AUTÓNOMO DEPARTAMENTAL DE SAN JACINTO
Proyecto Múltiple SAN JACINTO

Usuario: Imar Sanguino Código: 903
Toma: _____ Canal: Colpanas Mes: _____ Año: _____

CONTROL DE NIVEL - LAMINA DE AGUA (CM)				CAUDAL m ³ /Hora	VOLUMEN m ³	OBSERVACIONES
FECHA	HORA INICIAL	HORA FINAL	TOTAL Hrs. Riego			
<u>5</u>	<u>7</u>	<u>18</u>	<u>11</u>	<u>5110</u>	<u>5410</u>	
TOTAL VOLUMEN ENTREGADO						

NOTA: El volumen total de agua determinado en la presente boleta constituye la única información válida para su facturación correspondiente.

RECIBI CONFORME _____ DISTRIBUIDOR _____

Fuente: Comunario Imar Sanguino

El derecho en el resto de los sistemas tradicionales existentes en el área de influencia se expresa mediante turnos de riego que equivale a determinado tiempo de riego, actualmente los turnos son desde 11 a 12 horas, 11 en el día y 12 por la noche.

En los sistemas de riego, se respetan los turnos establecidos hace muchos años, pero en épocas de escasez de agua (entre los meses de septiembre y octubre) surgen problemas sociales, al disminuir considerablemente el caudal en los meses indicados.

En la práctica, el derecho de acceso al uso de agua para riego implica necesariamente una obligación relacionada con la responsabilidad y aporte que debe darse para la limpieza o deslame de los canales que los proveen de agua y otras facultades (respecto al turno, denuncia los robos, reclamar en las reuniones).

3.6. Distribución o reparto del agua

A nivel sistema, el aprovechamiento del agua se riega bajo la modalidad de reparto mediante un sistema de rotación de turnos y ocurre entre usuarios que riegan uno tras otro en función a un rol de turnos (Ver Tabla N° 3.2).

Tabla N° 3.2 Rol de turnos de dotaciones de agua

<u>ROL DE TURNO DIARIO</u>			
LUNES			
Nombre	Cantidad Día (cm)	Nombre	Cantidad Noche (cm)
Sebastián Tolaba	1	Sebastián Tolaba	1
Patricia Tapia	0.5	Ángel Tapia	1
TOTAL=	1.5	TOTAL=	2
MARTES			
Nombre	Cantidad Día (cm)	Nombre	Cantidad Noche (cm)
Leucadio Tolaba	0.5	Gonzalo Rodríguez	1
Víctor Sánchez	0.5	Leandro Colodro Sánchez	1
TOTAL=	1	TOTAL=	2
MIÉRCOLES			
Nombre	Cantidad Día (cm)	Nombre	Cantidad Noche (cm)
Imar J. Sanguino Gallardo	1	Sandra Rita Reyes	0.5
Tobias Flores García	0.5	Ambrocio A. Aguilera Tapia	0.5

TOTAL=	1.5	Román Aguilera Tapia	0.5
		TOTAL=	1.5
JUEVES			
Nombre	Cantidad Día (cm)	Nombre	Cantidad Noche (cm)
Delina Velásquez Álvarez	1	Leonardo Reyes Tapia	0.5
		Franz Reyes	0.5
TOTAL=	1	TOTAL=	1
VIERNES			
Nombre	Cantidad Día (cm)	Nombre	Cantidad Noche (cm)
Pastor Romero Gallardo	1	Nelson G. Flores Montes	1
Emilio Tejerina Ruiz	0.5	Emilio Tejerina Ruiz	1
TOTAL=	1.5	TOTAL=	2
SÁBADO			
Nombre	Cantidad Día (cm)	Nombre	Cantidad Noche (cm)
Teresa Y. Reyes Alvarado	1	Teresa Y. Reyes Alvarado	1
Jorge Aguirre Romero	0,5	Estela Reyes Velásquez	1
TOTAL=	1,5	TOTAL=	2
DOMINGO			
Nombre	Cantidad Día (cm)	Nombre	Cantidad Noche (cm)
Asunción Gutiérrez Ruiz	1	Avelino Aguilera Tapia	0.5
TOTAL=	1	TOTAL=	0.5

Fuente: Datos proporcionados por San Jacinto

La organización de los turnos se halla registrado con la información respecto al tiempo de riego, fecha, hora de inicio y término, nombre del usuario correspondiente, etc.

Las familias de cada sector riegan de acuerdo a sus turnos de 7 a.m. a 6 p.m. y la noche de 7 p.m. a 7 a.m., sin embargo, en la época de máxima demanda se nota deficiencia de

riego especialmente en las parcelas ubicadas en la cola del sistema de riego, debido a la falta de agua.

Cada usuario es responsable de cuidar el agua durante el tiempo de riego que le corresponde.

Los cambios de turno se realizan en la parcela del regante y no en la toma. Generalmente el reparto del agua sucede a partir de último usuario y así sucesivamente hasta llegar al primero para nuevamente empezar del último.

De acuerdo al análisis del sistema actual del proyecto, a continuación, se presenta una ficha técnica del proyecto.

Tabla N° 3.3 Ficha Técnica

Nombre	Proyecto de riego “Optimización del agua disponible para el cultivo de la vid, mediante riego tecnificado por goteo, aplicado en la zona de Colpanas Blancas – Comunidad San Isidro – Proyecto Múltiple San Jacinto”.	
Ubicación política	Departamento de Tarija, Provincia Avilés, Municipio de Uriondo, Comunidad San Isidro.	
Ubicación geográfica	Latitud Sur: 21° 39’ 04.10’’ a 21° 44’ 00’’. Longitud Oeste: 64° 38’ 20.83’’ a 64° 42’ 00’’. Altitud promedio captación: 1,775.00 m.s.n.m. Altitud promedio zona de riego : 1,714.00 m.s.n.m.	
Familias beneficiarias	20	familias
Área de influencia actual	13.79	ha
Área bajo riego óptimo actual	6.93	ha
Área bajo riego óptimo futuro	20.00	ha
Área de riego incremental	13.07	ha
Objetivo del proyecto	Optimizar el agua que demanda el cultivo de la vid en la Zona Colpanas Blancas – Comunidad San Isidro del Proyecto Múltiple San Jacinto, mediante riego tecnificado por goteo y regulación horaria, para proponer una mejor alternativa de solución.	
Objetivos específicos	<ul style="list-style-type: none"> -Determinar la oferta hídrica disponible en la zona en la época más crítica del año por medio de aforos de caudales. -Determinar las demandas de agua necesarias que se tiene para realizar el análisis de ambos tipos de riego. -Realizar el balance hídrico, por intermedio de oferta y demanda. -Proponer la alternativa de optimización, en base a un caudal limitado y nueva tecnología mediante el riego por goteo, para una hectárea tipo. 	

	-Realizar el costo de materiales para la implementación y ejecución del proyecto de una hectárea tipo.
Características de la situación actual del Proyecto	*Tipo de riego, por gravedad, método por surcos. *Conducción del agua mediante canales de tierra. *Tipo de cultivo, la vid. *Reservorio impermeabilizado por geotextil, con capacidad de 4000 m ³ .
Fuente	Agua regulada de la presa, San Jacinto con caudal de 4.10 l/s día y 10.82 l/s noche.
Marco institucional	Comunidad de San Isidro y Comité de regantes del sistema de riego San Jacinto de la zona de Colpanas Blancas.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a datos obtenidos, se puede observar en la ficha técnica un resumen de manera concreta de todo el sistema actual del proyecto.

3.7. Caudales establecidos por San Jacinto para la dotación de agua

Según la Institución del Proyecto Múltiple San Jacinto, los caudales y volúmenes entregados a cada comunario según su derecho establecido en un tiempo total de 11 horas de riego (Henry, 2019), son los siguientes (Ver Tabla N° 3.4):

Tabla N° 3.4 Caudales de dotación establecidos por San Jacinto

Altura	Caudal	Caudal	Volumen
h (cm)	l/s	m ³ /hr	m ³
3.50	9.88	35.57	391.23
3.00	8.47	30.49	335.34
2.50	7.06	25.40	279.45
2.00	5.65	20.32	223.56
1.50	4.23	15.24	167.67
1.00	2.82	10.16	111.78
0.50	1.41	5.08	55.89

Fuente: San Jacinto

Estos valores son implantados en las boletas de entrega de agua y según experiencia del juez de agua es quien reparte esa cantidad sin tener ningún tipo de medición para validar dichos valores que son colocados en la boleta de entrega (Ver foto N° 3.6), para su posterior registro de KARDEX (Ver Foto N° 3.7), y su consiguiente cancelación de los

mismos, por ello se desconoce su procedencia de los valores implantados por la Institución, por lo tanto, se prosiguió a realizar la validación de los datos.

Foto N° 3.7 Registro de dotaciones de agua en el KARDEX



KARDEX

Hasta 31/12/17

SANGUINO GALLARDO IMAR JAVIER

COLPANAS...

FECHA	Nota / Recibo	Factura	Volúm Entre	\$us.		Bs.		Pagos		Saldos	
				Precio	Total	Precio	Total	\$us.	Bs.	\$us.	Bs.
04/01/13	156846		111.78			0.100	11.18				55.41
11/01/13	157222		111.78			0.100	11.18				66.59
11/03/13	158036		66.24			0.100	6.62				73.21
20/03/13	161634		58.32			0.100	5.83				79.04
21/03/13	161634		58.32			0.100	5.83				84.87
30/03/13	154820		58.32			0.100	5.83				90.70
31/03/13	154820		58.32			0.100	5.83				96.53
05/04/13	165076		58.32			0.100	5.83				102.36
06/04/13	165076		58.32			0.100	5.83				108.19
12/04/13	164076		111.78			0.100	11.18				119.37
24/05/13	169361		111.78			0.100	11.18				130.55
14/06/13	169927		102.06			0.100	10.21				140.76
05/07/13	170530		111.78			0.100	11.18				151.94
30/08/13	174569		111.78			0.100	11.18				163.12
27/09/13	179360		111.78			0.100	11.18				174.30
13/11/13	184765		106.92			0.100	10.69				184.99
20/11/13	186867		111.78			0.100	11.18				196.17
27/11/13	187329		111.78			0.100	11.18				207.35

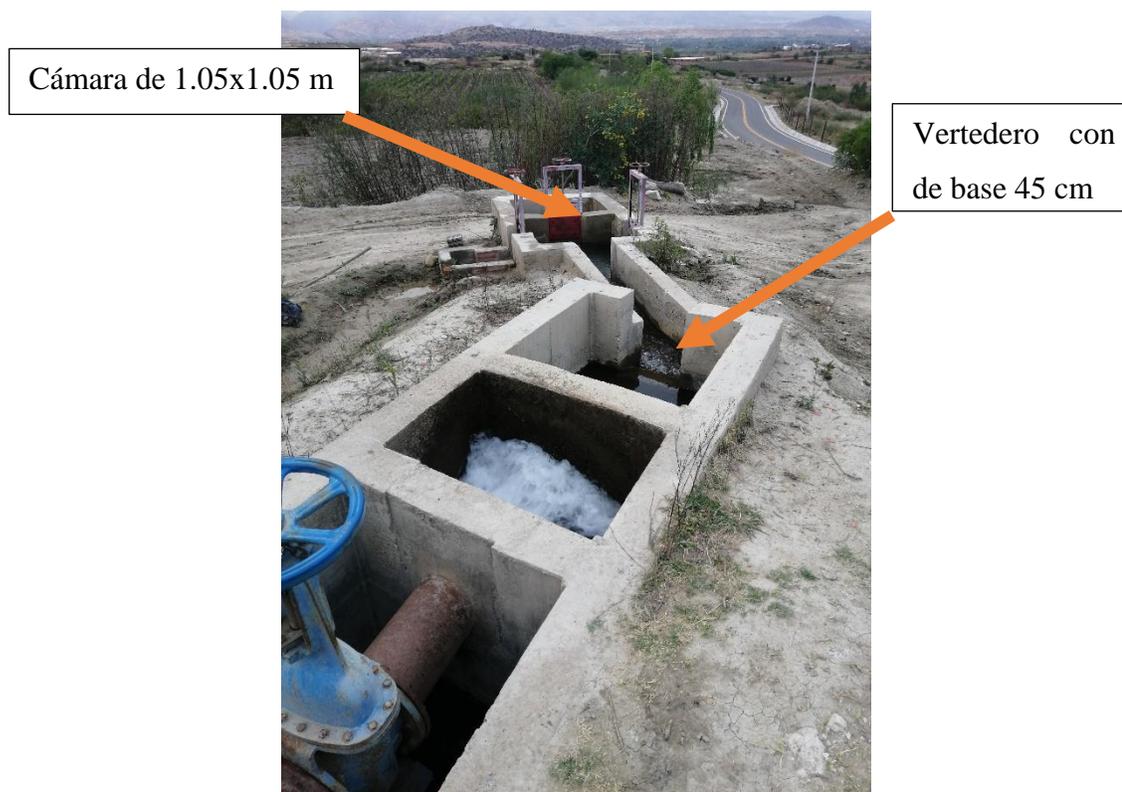
Fuente: Secretaria de San Jacinto

3.8. Validación de datos de dotación

Por la facilidad y las condiciones del lugar, se adecuaban al método volumétrico, considerando ser uno de los más precisos realizados en los laboratorios, se podría haber optado en medir los niveles del reservorio en intervalos de tiempo, pero era muy dificultoso bajar hasta el nivel agua, además de ellos nos iba lanzar datos erróneos debido a que el agua que ingresa era de manera constante, por ello dificultaba las condiciones de medición, sin embargo el método volumétrico nos mostró valores confiables pudiendo obtener varios datos de mejor representación.

Por lo tanto, se realizó las mediciones para poder confiar en valores establecidos por la Institución, por ello se procedió al aforo volumétrico en la cámara 1.06x1.06 m², ubicada a pie del reservorio para la estimación de caudales.

Foto N° 3.8 Sección de control a pie del reservorio



Fuente: Elaboración propia

Una vez abierta la válvula por el juez, el agua realiza el siguiente recorrido, disipa la energía en una cámara donde el agua pasa a otra cámara por debajo de ella y sube el nivel cuando va saliendo más el caudal, pasa por un vertedero de pared ancha con una base de 45 cm (Ver Foto N° 3.8) y pasa por un canal de longitud de 1.50 m y el agua llega a la cámara y cae en forma de chorro.

Llenado la cámara el agua pasa por una compuerta donde otra vez cae en forma de chorro a una cámara de ahogamiento de 4m de altura, donde en ella sale una tubería de 6 pulgadas de diámetro.

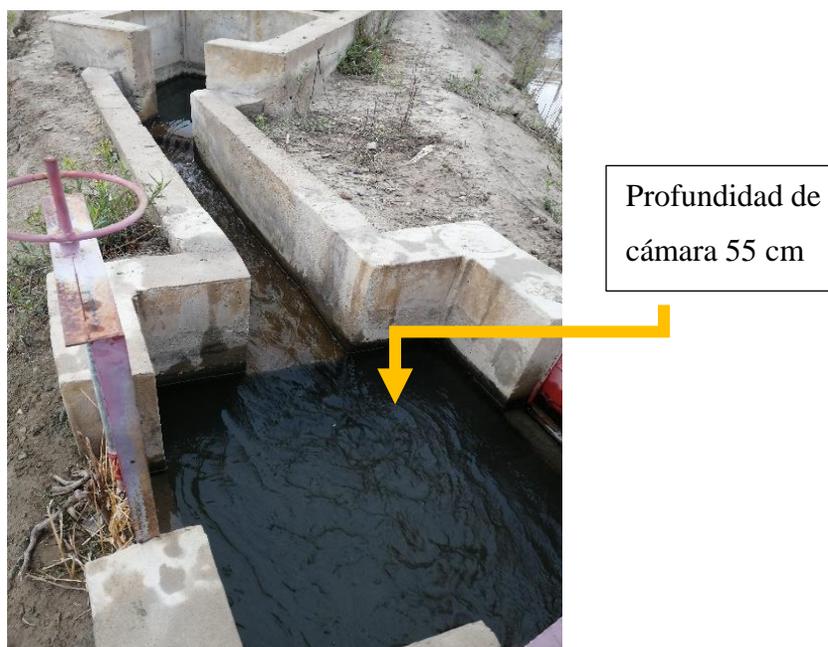
El aforo consistía en lo siguiente, en mes de septiembre se llegó a un acuerdo con los comunarios e institución para que no se dote de agua en el sistema durante la noche,

durante 1 semana y esta agua sea almacenada y en el día regar las persona que tenían los turnos en las noches paralelamente con los que riegan en el día, recalcar que se hizo el acuerdo para que el juez de agua pueda realizar el cerrado de la válvula durante la noche (por que tiene una cadena de seguridad) y nosotros podamos vaciar la cámara donde se iba a realizar el aforo y al otro día a horas 7:00 am el juez de agua pueda abrir la válvula para la posterior dotación de agua a los correspondientes turnos de los regantes.

El aforo se podía realizar una vez al día y un tiempo de 1min aproximadamente, por las siguientes razones:

- Los comunarios no dejaban que el agua vertida sea en su turno de riego por que a mayor tiempo ellos recibían más agua y no les convenía perder tiempo en su riego.
- El juez de agua solamente abría y regulaba la válvula para un caudal determinado del día y colocaba la cadena con un candado de seguridad y se retiraba inmediatamente.
- Una vez llenada la cámara no se podía seguir realizando el aforo, porque solamente se tenía una profundidad de 55 cm para poder obtener alturas del aforo volumétrico (Ver Foto N° 3.9).

Foto N° 3.9 Cámara 1.05x1.05 m, para el aforo volumétrico



Fuente: Elaboración propia

En fecha 29 de septiembre de la gestión 2019, se procedió a realizar uno de los aforos volumétricos, como ya se tenía el área de la cámara solo se tenía que obtener tiempos parciales a una determinada altura.

Con la ayuda de una regla metálica milimétrica ubicada perpendicular a la base de la cámara, de esta forma se dio inicio al aforo volumétrico, recalcando ser uno de los métodos más precisos adecuados al lugar.

Por intermedio de una segunda persona, quien se encargaba de cronometrar tiempos parciales de cada altura que oscilaban entre 1 a 2 pulgadas, la lectura se realizaba cuando el nivel del agua iba subiendo hasta llegar a la base de la compuerta y esta sea rebasada.

Foto N° 3.10 Aforo volumétrico en la cámara para determinación de caudales



Fuente. Elaboración propia

Obteniendo la altura parcial y con el área de la cámara se adquiere el volumen de agua, para luego dividir entre cada tiempo parcial y poder obtener el caudal puntual de ese instante (Ver Foto N° 3.10).

Se realizó ello con la finalidad de determinar el caudal que se está dotando en ese mismo instante para luego ser comparado por la lectura del juez de agua.

Aprovechando el vertedero se midió la altura de agua que pasa por la sección de control, para el posterior cálculo del coeficiente de descarga de ese vertedero y lograr obtener una ecuación calibrada de esa sección de control (Ver Foto N° 3.11).

Foto N° 3.11 Medición de la lámina de agua que pasa por el vertedero



Fuente: Elaboración propia

La forma de medición se la realizó durante varios días, siguiendo la misma logística de trabajo, lo cual generó poder obtener datos muy cercanos a lo real, tomando en cuenta un porcentaje de error debido a factores externos.

El primer día se obtuvo los datos de tirante de agua, alturas y tiempos parciales, expresados en la siguiente tabla (Ver Tabla 3.5):

Tabla N° 3.5 Datos del primer aforo volumétrico

H=	2.5	cm	lectura de juez de agua	
Y=	6.5	cm	tirante de agua medido	
VIERNES	FECHA	27/9/2019	HORA	6:50 a. m.
N°	Altura h (pulg)	Volumen (l)	Tiempo (seg)	Caudal (l/s)
1	1.00	28.34	3.19	8.88

2	1.00	28.34	2.25	12.59
3	1.00	28.34	3.05	9.29
4	1.00	28.34	2.43	11.66
5	1.00	28.34	2.93	9.67
6	1.00	28.34	2.72	10.42
7	1.00	28.34	2.64	10.73
8	1.00	28.34	1.98	14.31
9	1.00	28.34	3.40	8.33
10	1.00	28.34	2.69	10.53
11	1.00	28.34	2.77	10.23
12	1.00	28.34	2.58	10.98
13	1.00	28.34	2.99	9.48
14	1.00	28.34	2.93	9.67
15	1.00	28.34	2.93	9.67
16	1.00	28.34	2.45	11.57
17	1.00	28.34	2.06	13.76
			Q=	10.694
		Q=	38.50	(m³/hr)

Fuente: Elaboración propia

La lectura realizada por don Henry el juez de agua fue de 25.40 m³/hr y mediante el aforo se obtuvo 38.50 m³/hr con un margen de error del 10% debido a las perturbaciones que ocasionaba el chorro de agua que caía y afectaba de niveles de agua, también por que no se pudo realizar muchas mediciones y lograr obtener una muestra representativa de 10 datos por altura, donde se puede apreciar que existe una variación de datos entre lo medido y lecturado por parte del juez ya que el mismo realizó una lectura a ojímetro a base de su experiencia.

De la misma forma se realizaron todos los días para cada tipo de caudal establecido por la Institución (Ver Anexo “D”).

A continuación, se muestra una tabla de resumen de los aforos (Ver Tabla N° 3.6):

Tabla N° 3.6 Datos de aforos de caudales medidos

CAUDALES MEDIDOS EN CAMPO							
Altura	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
h (cm)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)				
3.50					15.40		

3.00		11.20	9.45	12.51		16.61
2.50	10.69				10.18	
2.00	12.14	13.58		13.54		
1.50	7.08		7.42		7.43	
1.00	7.32		7.77		8.05	
0.50	5.70	6.01			6.21	

Fuente: Elaboración propia

Se realizó 3 mediciones por cada altura para poder tener una mejor representatividad, excepto la de 3.5 cm de lectura, debido a condiciones de llenado rápido de la cámara .

Analizando los datos obtenidos para diferentes alturas de dotaciones, se decide trabajar con valores promedios (Ver Tabla N° 3.7), ya que no guardan relación los datos lecturados por el juez con los medidos. Pero si guardan coherencia con las alturas de lámina de agua que pasan por el vertedero, a mayor tirante mayor es el caudal, que servirá para posterior ajuste de la fórmula del vertedero.

Tabla N° 3.7 Datos promedios para cada lectura del juez de agua

PROMEDIO	
H (cm)	Q (l/s)
3.50	15.40
3.00	12.44
2.50	10.44
2.00	13.08
1.50	7.31
1.00	7.71
0.50	5.97

Fuente: Elaboración propia

Se realizó una calibración a los datos obtenidos, para ver cuales se ajustan a la curva.

3.9. Calibración de datos obtenidos

Para la calibración de datos medidos vs datos lecturados por juez de agua, se tomó 2 escenarios para ver que curva se ajustaba mejor:

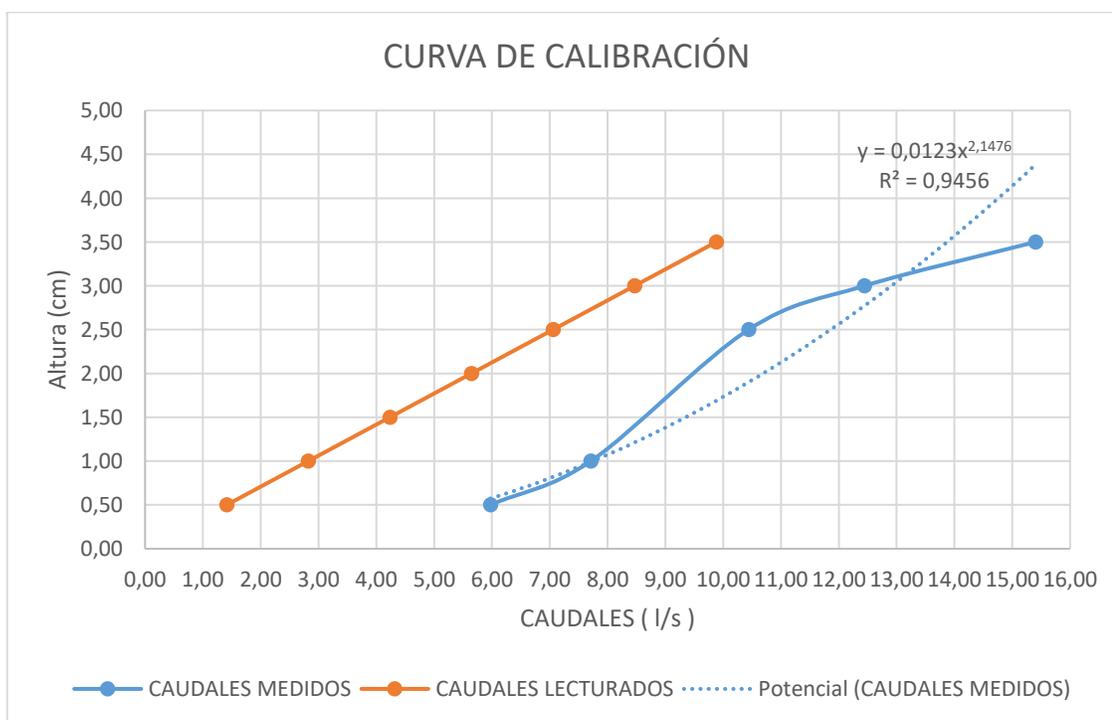
1. Primer escenario, se tomó en cuenta los siguientes datos, no se tomó los valores medios de 1.50 y 2.0 cm de altura (Ver Tabla N° 3.8):

Tabla N° 3.8 Datos tomados para el escenario N° 1

MEDIDO		LECTURADOS	
H (cm)	Q (l/s)	H (cm)	Q (l/s)
3.50	15.40	3.50	9.88
3.00	12.44	3.00	8.47
2.50	10.44	2.50	7.06
1.00	7.71	1.00	2.82
0.50	5.97	0.50	1.41

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.2 Curva de calibración para escenario N°1



Fuente: Elaboración propia

Para este escenario no se tomó en cuenta los caudales de las alturas de 1.50 y 2.00 cm, ya que corresponden a lecturas por don Miguel un segundo juez de agua, mismo que realiza las lecturas a ojómetro a base de su experiencia.

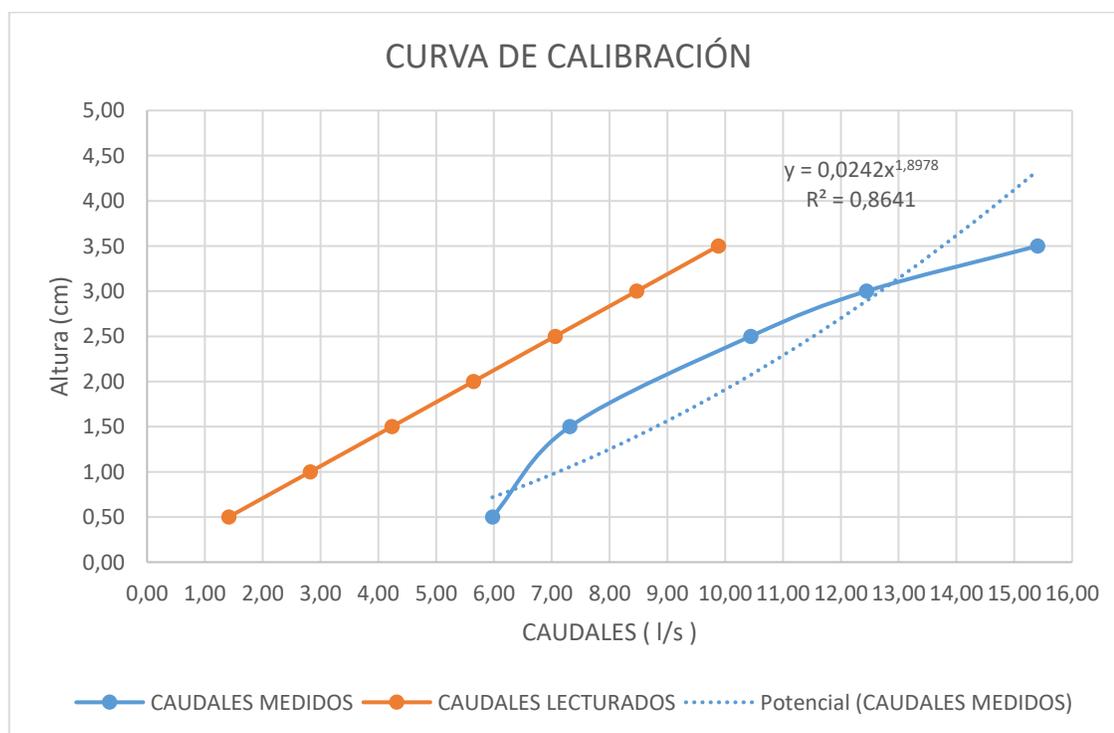
2. Segundo escenario, se tomó en cuenta los siguientes datos, no se tomó en cuenta los valores obtenido en las alturas de 1.0 y 2.0 cm (Ver Tabla N° 3.9):

Tabla N° 3.9 Datos tomados para el escenario N° 2

MEDIDO		LECTURADOS	
H (cm)	Q (l/s)	H (cm)	Q (l/s)
3.50	15.40	3.50	9.88
3.00	12.44	3.00	8.47
2.50	10.44	2.50	7.06
1.50	7.31	1.50	4.23
0.50	5.97	050	1.41

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.3 Curva de calibración para escenario N°2



Fuente: Elaboración propia

De los dos escenarios el que mejor se ajusta es el segundo escenario por la correlación de datos, y se puede visualizar que existe mucho error cuando se da el agua en valores medios y pequeños.

También se observa que no hay criterio técnico por el manejo y operatividad que realizan con experiencia y costumbres que tienen, y eso hace notar que el agua que entregan no es la real, porque existe una gran diferencia entre lo que creen que es con lo real, y esa agua no es contabilizada generando pérdidas económicas al sistema de riego San Jacinto, haciendo notar también que la estructura de control nunca fue calibrada ni ajustada, dando como resultados valores no reales.

De tal forma se busca generar la ecuación del vertedero, para su posterior buen manejo y operatividad del sistema de estudio.

3.10. Calibración del vertedero actual

De acuerdo al aforo volumétrico para la determinación de caudales y alturas de agua que pasan encima por el vertedero, con la finalidad de determinar el coeficiente de descarga (Ver anexo “D”), se procede a calcular mediante la fórmula de vertedero:

$$Q = C * L * H^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

Q = Caudal (l/s) que se ha obtenido en los aforos volumétricos.

L = Ancho del veredero, en este caso constante 45 cm.

H = Altura de agua que pasa por el vertedero, dato medido para cada caudal.

Despejando la variable “C”, que es el coeficiente de descarga del vertedero:

$$C = \frac{Q}{L * H^{\frac{3}{2}}}$$

Se obtiene la siguiente tabla:

Tabla N° 3.10 Valores del coeficiente de descarga

Aforo N°	Tirante (cm)	Caudal (l/s)	Coeficiente (adm)
1	6.50	10.694	1.434
2	7.00	11.199	1.344

3	6.00	9.455	1.430
4	7.50	12.511	1.354
5	8.50	15.403	1.381
6	6.50	10.184	1.366
7	9.00	16.611	1.367
8	7.50	13.118	1.419
9	5.50	7.728	1.331
10	4.50	5.988	1.394
11	5.00	7.313	1.453
Promedio=			1.388

Fuente: Elaboración propia

Para su consiguiente validación de la formula, queda despejado el caudal bajo la siguiente expresión, con las siguientes unidades de los demás datos:

$$Q = 0.01388 * L * H^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

Q= Caudal (l/s).

L= Ancho del canal (cm).

H=Altura del tirante de agua sobre el vertedero (cm).

3.10.1. Ajuste de datos en la formula

Con las alturas de agua medidas y formula calibrada, se obtiene los siguientes caudales, con la finalidad de saber el error que se obtiene utilizando la formula ajustada (Ver Tabla N° 3.11):

Tabla N° 3.11 Porcentaje de error en la formula ajustada

Altura de agua (cm)	Caudal	Caudal	Diferencia	Error (%)
	ajustado (l/s)	medido (l/s)		
6.50	10.354	10.694	0.340	3.175

7.00	11.572	11.199	-0.373	3.327
6.00	9.183	9.455	0.272	2.875
7.50	12.833	12.511	-0.322	2.577
8.50	15.484	15.403	-0.081	0.525
6.50	10.354	10.184	-0.170	1.671
9.00	16.870	16.611	-0.258	1.556
7.50	12.833	13.118	0.285	2.172
5.50	8.059	7.728	-0.331	4.286
4.50	5.964	5.988	0.024	0.396
5.00	6.986	7.313	0.327	4.473
Promedio=				2.458

Fuente: Elaboración propia

Con la fórmula del vertedero ajustada se observa un error aproximado de 2.458 % en función a los valores obtenidos en la estructura de control, para luego obtener datos confiables en la repartición de dotaciones de agua, de esa forma realizaremos mejores mediciones en el reparto de derechos de agua.

Esto llevara consigo un mejor manejo y operatividad de la sección de control, colocando una regla milimetrada en el vertedero, donde sea visible para que el juez de agua pueda ver el tirante de agua, introducir a la formula y saber que caudal se está dotando en ese mismo instante.

3.11. Balance hídrico actual

Con el fin de establecer un equilibrio entre la demanda y las aportaciones de agua en la zona de estudio entre la cantidad de agua requerida por la cedula de cultivo propuesta en forma de riego dentro el área de influencia del proyecto y las cantidades reales aportadas, es necesario analizar mes a mes los déficit y excesos para lograr ajustes posteriores en caso necesario, una vez definido los balances mensuales se establece un balance anual para mostrar si actualmente existe déficit o no.

Para ello como actividad fundamental se evaluó y determinó el agua disponible en la zona, por intermedio de aforos volumétricos.

Única forma de la determinación de oferta hídrica disponible por las condiciones del lugar que se adecuaban al método.

3.11.1. Oferta Mensual de Agua

La fuente de gran importancia para el sistema riego de Tarija es la represa de San Jacinto, donde la oferta disponible para regar depende totalmente de las aguas almacenadas en la represa.

La zona de estudio forma parte del sistema de riego del Proyecto Múltiple San Jacinto, por ende, al lugar de sitio, donde se encuentra un reservorio, llegan aguas reguladas.

Por ello para realizar las mediciones pertinentes se consideró el año de agua disponible, analizando si nuestros datos iban a corresponder a un año húmedo o seco.

Se tomó la estación más próxima a la represa San Jacinto, en este caso la estación SAN JACINTO SUD para poder ver los 44 años de registro de lluvia total caída en esa zona y dar representatividad a nuestros datos de medición, los datos se muestran en el Anexo “E”, dando como resultados la siguiente tabla (Ver Tabla N° 3.12).

Tabla N° 3.12 Resumen del registro de precipitación en periodo hidrológico de la estación San Jacinto Sud

Precipitación total (mm)	
18-19	523.50
MAX	876.00
PROM	586.93
MIN	338.20

Fuente: Estación San Jacinto sud

Los aforos de oferta realizados en el lugar, corresponden a aguas almacenadas y reguladas en la represa durante la época de lluvia de los años 2018 y 2019 dando como altura de lluvia total en ese periodo de 523.50 mm, valor que es inferior al promedio de lluvias totales anuales del registro de datos de 44 años, y que nuestras mediciones incumben a un año promedio, tomándolo como condiciones normales y no así a un año húmedo o seco.

Dado ese antecedente, la oferta en el lugar de estudio, dato proporcionado por la Institución de San Jacinto que nos aseguraba que era 4 l/s, dato que no se podía confiar, por ello se procedió a realizar aforos en la llegada del reservorio para constatar ese valor, previo ante ello, se realizó algunas entrevistas con los regantes de la zona, consultando los meses donde más se escaseaba el agua para su riego, dieron como resultado los meses de agosto a octubre, y mediante un estudio ABRO 3.1 se determinó el mes de octubre como máxima demanda hídrica, por lo tanto, se realizó las mediciones en ese mes, con la finalidad de determinar un caudal promedio mínimo durante el día, en la época más crítica de deficiencia de agua en la zona y temporada donde la planta requiere de este recurso.



Fuente: Elaboración propia

Para ello se dió el proceso de medición, se disponía de una tubería de llegada de 8 pulgadas de diámetro, ubicada al ingreso del reservorio, prolongada y colgada de unos 3 metros de la entrada y 0,5 metros del coronamiento, distancia eficiente y segura para medir, y de esa forma se garantizó de que el agua de llegada, caiga como un chorro directamente hacia el balde, por ende, se comenzó a aforar mediante el método volumétrico el día martes 01

de octubre del 2019, con la ayuda de una segunda persona, cronómetro, hoja de anotación y un balde con marca a los 20 litros de volumen. Para posterior obtener el caudal por la relación de volumen y tiempo (Ver Foto N° 3.12).

Las mediciones se realizaron durante la mañana de 6:00 am a 8:00 am, al medio a las 12:30 pm, y en la noche de 6:00 pm a 8:00 pm aproximadamente, durante el lapso del mes de octubre.

Donde la variación de caudales de llegada dependía totalmente del uso de agua que realizaban los regantes aguas arriba. Por ser un sistema ubicado en la cola del Proyecto Múltiple San Jacinto, al lugar de estudio llegaba el agua sobrante de todo el sistema de riego.

También se identificó del caudal de llegada durante el riego por el día se estabilizaba después que el juez de agua regulaba las compuertas aguas arriba y este cambio ocurría cuando se iba dotando el agua en la zona de Chañarís, aproximadamente alrededor de horas 7:00 am y cuando se regaba en la noche el cambio de caudal era a horas 7:00 pm.

Se midió en cada aforo aproximadamente entre 22 a 25 veces los tiempos parciales, eliminando datos incoherentes máximos y mínimos para realizar un promedio muestral de 20 medidas, tomando en cuenta fecha, hora y un volumen permanente de 20 litros. Cada tiempo parcial culminaba cuando el balde se llenaba en la marca, podemos mencionar que existía un error de paralaje del 5% por causales de la vista que se observa con una inclinación de 45° aproximadamente y la caída del chorro de agua.

A continuación, se describirá el proceso para la obtención de datos en una semana de aforo consecutivo de mediciones, tanto día como noche, comenzando con el día martes 01/10/19.

3.11.2. Aforo día

Para los datos de aforo día, se tomó como inicio la primera medición una vez estabilizado el caudal de llegada, que era cuando el juez ya había regulado las compuertas aguas arriba a horas de 7:00 am a 8:00 am y el fin de aforo día, hemos tomado medidas antes de que el juez de agua comience a cerrar las compuertas aguas arriba y permita que llegue más agua al reservorio a horas de 6:00 pm a 7:00 pm (Ver Foto N° 3.13).

Foto N° 3.13 Aforo día para la determinación de la oferta



Fuente: Elaboración propia

En fecha 01 de octubre del 2019, se inicia la determinación de la oferta hídrica disponible en la zona, a continuación, se presenta una tabla con los correspondientes datos obtenidos, tanto como mañana (Ver Tabla N° 3.13), medio día (Ver Tabla N° 3.14) y tarde (Ver Tabla N° 3.15):

MARTES 01/10/19

➤ **MAÑANA**

Tabla N° 3.13 Datos medidos en la Mañana del 01/10/19

FECHA:	1/10/2019	HORA:	7:03:00 a. m.
N°	Volumen (l)	Tiempo (seg)	Caudal (l/s)
1	20	8.98	2.23
2	20	9.01	2.22
3	20	8.56	2.34
4	20	8.17	2.45
5	20	7.90	2.53
6	20	8.68	2.30
7	20	8.50	2.35

8	20	8.26	2.42
9	20	8.33	2.40
10	20	8.14	2.46
11	20	8.46	2.36
12	20	9.03	2.21
13	20	8.10	2.47
14	20	9.02	2.22
15	20	8.94	2.24
16	20	8.76	2.28
17	20	8.26	2.42
18	20	8.75	2.29
19	20	8.65	2.31
20	20	8.72	2.29
			2.34

Fuente: Elaboración propia

➤ MEDIO DÍA

Tabla N° 3.14 Datos medidos en Medio día del 01/10/19

FECHA:	1/10/2019	HORA:	12:18:00p. m.
N°	Volumen (l)	Tiempo (seg)	Caudal (l/s)
1	20	8.74	2.29
2	20	9.23	2.17
3	20	8.27	2.42
4	20	9.23	2.17
5	20	8.78	2.28
6	20	9.10	2.20
7	20	8.11	2.47
8	20	8.72	2.29
9	20	9.10	2.20
10	20	9.06	2.21
11	20	8.82	2.27
12	20	9.27	2.16
13	20	8.51	2.35
14	20	8.19	2.44
15	20	8.18	2.44
16	20	8.47	2.36
17	20	8.79	2.28
18	20	8.45	2.37
19	20	8.55	2.34
20	20	7.93	2.52
			2.31

Fuente: Elaboración propia

➤ **TARDE****Tabla N° 3.15 Datos medidos en la tarde del 01/10/19**

FECHA:	1/10/2019	HORA:	6:18:00 p. m.
N°	Volumen (l)	Tiempo (seg)	Caudal (l/s)
1	20	9.70	2.06
2	20	8.92	2.24
3	20	9.15	2.19
4	20	8.85	2.26
5	20	7.82	2.56
6	20	9.33	2.14
7	20	7.97	2.51
8	20	8.24	2.43
9	20	8.85	2.26
10	20	9.66	2.07
11	20	7.72	2.59
12	20	9.35	2.14
13	20	8.39	2.38
14	20	7.79	2.57
15	20	9.02	2.22
16	20	7.49	2.67
17	20	8.63	2.32
18	20	8.17	2.45
19	20	8.72	2.29
20	20	6.41	3.12
			2.37

Fuente: Elaboración propia

En las horas donde no se pudo medir, se consideró como constante el caudal en esos tiempos, para constatar lo dicho se dejaba marcas de agua para al regresar al próximo aforo verificar que el nivel del agua en la tubería se mantenía tal y como se había dejado (Ver Foto N° 3.14).

3.11.3. Aforo noche

Para los datos de aforo noche, fueron dos veces, uno en la madrugada (Ver Tabla N° 3.16) y otro en la noche (Ver Tabla N° 3.17), donde se tomó en cuenta el cambio brusco que existía cuando el juez de agua emitía los derechos de riego de los comunarios aguas arriba,

las mediciones de la madrugada eran aproximadamente entre 6:00 am entre las 7:00 am, y de la noche entre 7:00 pm a 8:00 pm (Ver Foto N° 3.15).

Foto N° 3.14 Marca de agua para verificar el caudal constante en el día



Fuente: Elaboración propia

Para todos los días se tomó esa logística de medición.

Foto N° 3.15 Aforo noche para la determinación de la oferta



Fuente: Elaboración propia

MARTES 01/10/19**➤ MADRUGADA****Tabla N° 3.16 Datos medidos en la madrugada del 01/10/19**

FECHA:	1/10/2019	HORA:	6:26:00 a. m.
N°	Volumen (l)	Tiempo (seg)	Caudal (l/s)
1	20	1.74	11.49
2	20	1.54	12.99
3	20	1.42	14.08
4	20	1.30	15.38
5	20	1.42	14.08
6	20	1.69	11.83
7	20	1.63	12.27
8	20	1.59	12.58
9	20	1.43	13.99
10	20	1.59	12.58
11	20	1.43	13.99
12	20	1.30	15.38
13	20	1.80	11.11
14	20	1.44	13.89
15	20	1.65	12.12
16	20	1.68	11.90
17	20	1.88	10.64
18	20	1.53	13.07
19	20	1.58	12.66
20	20	1.50	13.33
			12.97

Fuente: Elaboración propia

➤ NOCHE**Tabla N° 3.17 Datos medidos en la Noche del 01/10/19**

FECHA:	1/10/2019	HORA:	7:18:00 p. m.
N°	Volumen (l)	Tiempo (seg)	Caudal (l/s)
1	20	1.83	10.93
2	20	1.92	10.42
3	20	1.51	13.25
4	20	1.67	11.98
5	20	1.59	12.58

6	20	1.66	12.05
7	20	1.60	12.50
8	20	1.68	11.90
9	20	1.73	11.56
10	20	1.75	11.43
11	20	1.86	10.75
12	20	1.81	11.05
13	20	1.54	12.99
14	20	1.94	10.31
15	20	1.81	11.05
16	20	1.68	11.90
17	20	1.55	12.90
18	20	1.73	11.56
19	20	1.74	11.49
20	20	1.74	11.49
			11.70

Fuente. Elaboración propia

En las horas de media noche no se midió, se consideró como constante el caudal en esos tiempos, para constatar lo dicho se dejaba marcas de agua para al regresar a la madrugada al aforo poder verificar que el nivel del agua en la tubería se mantenía (Ver Foto N° 3.16).

Foto N° 3.16 Marca de agua para constatar caudal constante en la noche



Fuente. Elaboración propia

Haciendo un total de 60 mediciones durante el día y 40 durante la noche aproximadamente. de cada hora medida se determinó el promedio. donde el aforo día era muy diferente al de la noche. de tal forma que se trabajó de manera aislada dichos datos obtenidos. y se obtuvo el promedio día y noche (Ver Tabla N° 3.18):

Tabla N° 3.18 Caudal promedio en fecha 01/10/19

PROMEDIO	MARTES
Q (l/s) Día	2.34
Q (l/s) Noche	12.34

Fuente. Elaboración propia

De todas las mediciones durante la semana (Ver Anexo “B”), se obtiene la siguiente tabla de resumen (Ver Tabla N° 3.19):

Tabla N° 3.19 Caudales aforados promedios

CAUDALES PROMEDIOS DIARIOS (l/s)							
	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
Día	2.34	3.65	3.13	4.69	2.80	6.21	5.88
Noche	12.34	13.25	9.76	11.06	8.16	10.26	10.89

Fuente: Elaboración propia

Para poder trabajar con un valor representativo, trabajaremos con el caudal promedio día y noche (Ver Tabla N° 3.20).

Tabla N° 3.20 Caudales promedios día y noche

CAUDAL PROMEDIO		
Día	4.10	l/s
Noche	10.82	l/s

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta que los tiempos de cerrado de válvulas y reparto de dotaciones aguas arriba del reservorio oscilaba alrededor de las 12 horas (Ver Anexo “B”), por razones que no existe un control minucioso de reparto de dotaciones de agua, ya que el juez de agua puede retrasarse o adelantarse, se tomó la decisión de trabajar con un tiempo de 12 horas

día como noche, dando el total de 24 horas al día por las condiciones que el caudal ingresaba de manera continua día como noche.

La finalidad de los aforos era poder determinar cuánto de agua contamos para poder regar, por ello se procedió a trabajar con volúmenes de agua, considerando 12 horas en el día y 12 horas en la noche, partiendo de que:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Despejamos volumen y se obtiene:

$$V = Q * T$$

Donde:

V= Volumen de agua (m³).

Q= Caudal (m³/seg).

T= Tiempo (seg).

$$\text{VOLUMEN DÍA} \quad V = \frac{4.10 * 12 * 3600}{1000} = 177.15 \text{ m}^3$$

$$\text{VOLUMEN NOCHE} \quad V = \frac{10.82 * 12 * 3600}{1000} = 467.30 \text{ m}^3$$

$$\text{VOLUMEN TOTAL DÍA} \quad V = 177.15 + 467.30 = 644.45 \text{ m}^3$$

Dando como resultado **644.45 m³** de agua que nos estaría llegando al reservorio en promedio cada día, dicho valor lo tomamos como constante para todos los días del año, como situación crítica.

Tabla N° 3.21 Volúmenes de agua a nivel mensual

Mes	Vol (m ³)
ENERO	19,977.88
FEBRERO	18,044.53
MARZO	19,977.88
ABRIL	19,333.43

MAYO	19,977.88
JUNIO	19,333.43
JULIO	19,977.88
AGOSTO	19,977.88
SEPTIEMBRE	19,333.43
OCTUBRE	19,977.88
NOVIEMBRE	19,333.43
DICIEMBRE	19,977.88

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta que se realizaron las mediciones en el mes de octubre, donde aún no existía ninguna precipitación, se obtuvo la oferta de agua disponible para cada mes (Ver Tabla N° 3.21).

Para poder darle mucha más confiabilidad a nuestros datos trabajaremos con el **93.319%**, este valor obtenido fue obtenido con la finalidad de poder regar 20 hectáreas, ya que si íbamos a tomar el 100% de los caudales se podía irrigar 20,69 hectáreas y el conflicto social iba a nacer a consecuencia de quien iba a aumentar esa fracción de hectárea, por ello se uniformizo la demanda para 20 hectáreas y reducimos nuestra oferta con finalidad de darle mayor representatividad en la determinación de la oferta disponible (Ver Tabla N° 3.22).

Tabla N° 3.22 Volúmenes de agua mensuales al 93.32 %

MES	VOL al 93.319% (m ³)
ENERO	18,643.16
FEBRERO	16,838.98
MARZO	18,643.16
ABRIL	18,041.76
MAYO	18,643.16
JUNIO	18,041.76
JULIO	18,643.16
AGOSTO	18,643.16

SEPTIEMBRE	18,041.76
OCTUBRE	18,643.16
NOVIEMBRE	18,041.76
DICIEMBRE	18,643.16

Fuente: Elaboración propia

Considerando el mes más crítico de octubre, se diseñará con una oferta disponible de **18,643.16 m³** para el mes de máxima demanda.

3.12. Demanda de Agua

Para la demanda, la Institución cuenta con un registro de datos históricos en los determinados KARDEX de cada beneficiario, allí se guarda registro de todas las veces que se dotaba el agua a los regantes, para su posterior cobro (Ver Figura N° 3.4).

Figura N° 3.4 Registro de KARDEX de todos los beneficiarios

KARDEX ROMERO GALLARDO PASTOR (2) COLPANAS... Hasta 31/12/17

FECHA	Nota / Recibo	Factura	Volum. Entre	Sus. Precio	Sus. Total	Bs. Precio	Bs. Total	Pagos	Saldos
								Sus. Bs.	Sus. Bs.
08/01/14	200778		318.78		0.100	31.88			31.88
19/12/14	225456		218.00		0.100	21.80			53.48
08/01/15	223947		58.32						
08/01/15	223947		58.32						
17/07/15	238632		124.20						
24/07/15	238841		118.80						
14/08/15	232043		118.80						
11/09/15	242058		118.80						
18/09/15	242016		118.80						
16/10/15	248397		111.78						
06/11/15	252422		118.80						
15/11/15	252822		129.60						

KARDEX TOLABA VERA LEOCADIO COLPANAS... Hasta 31/12/17

FECHA	Nota / Recibo	Factura	Volum. Entre	Sus. Precio	Sus. Total	Bs. Precio	Bs. Total	Pagos	Saldos
								Sus. Bs.	Sus. Bs.
08/01/13	157056		111.78		0.100	11.18			410.27
15/01/13	157316		111.78		0.100	11.18			421.45
12/03/13	158115		111.78		0.100	11.18			432.63
					0.100	11.18			443.81
					0.100	11.18			454.99
					0.100	11.18			466.17
					0.100	10.69			476.86
					0.100	11.18			488.04
					0.100	6.62			494.66
					0.100	6.62			501.28
					0.100	11.18			512.46
					0.100	11.18			523.64

KARDEX VELASQUEZ ALVAREZ DE REYES DELINA COLPANAS... Hasta 31/12/17

FECHA	Nota / Recibo	Factura	Volum. Entre	Sus. Precio	Sus. Total	Bs. Precio	Bs. Total	Pagos	Saldos
								Sus. Bs.	Sus. Bs.
03/01/13	156789		66.24		0.100	6.62			88.56
31/01/13	157454		66.24		0.100	6.62			95.18
08/03/13	157981		66.24		0.100	6.62			101.80
15/05/13	161259		66.24		0.100	6.62			108.42
21/05/13	161851		66.24		0.100	6.62			115.04
04/04/13	162658		66.24		0.100	6.62			121.66
11/04/13	162976		111.78		0.100	11.18			132.84
18/04/13	163298		66.24		0.100	6.62			139.46
25/04/13	163670		111.78		0.100	11.18			150.64
02/05/13	163990		66.24		0.100	6.62			157.26
09/05/13	169328		66.24		0.100	6.62			163.88
06/06/13	169765		66.24		0.100	6.62			170.50
					44.72				
21/03/13	161634				55.90				
30/03/13	154820				67.08				
31/03/13	154820				78.26				
04/04/13	165076				89.44				
08/04/13	165076				100.62				
13/04/13	164070				111.78				
24/05/13	169381				111.78				

KARDEX IRDO IMAR JAVIER COLPANAS... Hasta 31/12/17

FECHA	Nota / Recibo	Factura	Volum. Entre	Sus. Precio	Sus. Total	Bs. Precio	Bs. Total	Pagos	Saldos
								Sus. Bs.	Sus. Bs.
17/08/13	174141		111.78		0.100	11.18			55.41
31/08/13	174617		111.78		0.100	11.18			66.59
14/09/13	178530		111.78						77.77
21/09/13	177644		111.78		0.100	11.18			88.95
05/10/13	179820		111.78		0.100	11.18			100.13
13/10/13	180285		111.78		0.100	11.18			111.31
20/10/13	182558		111.78		0.100	11.18			122.49
06/11/13	184442		111.78		0.100	11.18			133.67
16/11/13	185872		111.78		0.100	11.18			144.85
30/11/13	187597		111.78		0.100	11.18			156.03

Fuente: Secretaria San Jacinto

Se analizó un periodo de años 2013-2017, con la finalidad de determinar la demanda real en riego tradicional, tomando como muestra representativa a todos que realizaban el

regadío de la vid, tomando en cuenta su historial de datos completos y su uso regular de este recurso hídrico para su producción anual (Ver Anexo “C”), y su área de influencia de plantación de los años ya mencionados, dando como resultado en promedio anual la demanda para una hectárea de vid, bajo usos y costumbres de la zona mediante riego tradicional y conducción por gravedad (Ver Tabla N° 3.23):

Tabla N° 3.23 Resultados de demanda real con datos letrados por la institución

N°	Nombres	2013	2014	2015	2016	2017
1	Angel Tapia Rodriguez		2032.48	2361.32	1967.25	2136.67
2	Avelino Aguilera Tapia		8538.65	7558.38	5547.04	7311.52
3	Delina Velasquez Alvarez	3938.25	3682.44	5335.35	4829.41	4835.33
4	Estela Reyes Velasquez		2771.61	2049.15	1815.39	
5	Gonzalo A.Rodriguez Gallardo	9646.16	6985.97	6317.34	7724.87	
6	Imar J. Sanguino Gallardo	1271.79	1476.02	1317.99	1553.87	1852.49
7	Leocadio Tolaba Vera	6944.61	6019.60	6043.41	6566.28	5233.52
8	Leonardo Reyes Tapia					13137.87
9	Nelson G. Flores Montes	2354.55	2243.47	2878.45	1804.08	2372.73
10	Pastor Romero Gallardo			2677.77	2477.14	2061.45
11	Roman Aguilera Tapia			12323.33	10650.81	11361.27
12	Sebastian Tolaba	4267.06	2563.21	2694.64	2647.40	2738.29
13	Teresa Y. Reyes Alvarado	2913.81	3621.06	2322.56	2160.14	2533.51
	PROMEDIO	4476.60	3993.45	4489.97	4145.31	5052.24
			4,431.52	m³/año/ha		

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se analizó la demanda teórica, influenciada por varios factores entre los más importantes podemos citar los siguientes: Tipo de cultivo bajo riego, el clima, los suelos, la humedad y fertilidad, el medio ambiente o la situación de las condiciones locales, los métodos y prácticas culturales de cultivo y de riego, etc.

Donde interviene de manera sustancial el programa ABRO 3.1., para la determinación de la demanda de aguapara el cultivo de la vid.

La demanda de agua para riego del área del proyecto se determinó sobre la base de los requerimientos del uso consuntivo de la célula actual como de la propuesta con el proyecto.

3.12.1. Célula de Cultivo

El plan de cultivos propuestos, es la base para estimar la demanda de agua, que se halla sustentado por la célula de cultivos actuales

Para plantear la célula de cultivos como proyecto se han interrelacionado los siguientes aspectos. Frecuencias, tamaño de las parcelas correspondiente a cada usuario, clasificación de suelos según su aptitud para riego, condiciones climáticas, vocación de cultivos económicos en la comunidad en función a la oferta y demanda, rotación de cultivos, asistencia técnica y capacitación de agricultor, de acuerdo a las condiciones agro climatológicas se mantendrá la actual célula de cultivos, donde se percibe un predominio del cultivo frutícola como la vid.

Vid: La zona es por excelencia productora de vid, incluso en la misma área del proyecto, se encuentra el Centro Nacional Vitivinícola de Tarija CENAVIT, entidad dedicada a la investigación, promoción y apoyo a la producción, transformación y comercialización.

Foto N° 3.17 Célula de cultivo, La Vid



Fuente: Elaboración propia

El cultivo de la vid, si bien inicialmente requiere de una fuerte inversión en la implantación y manejo del cultivo hasta que el mismo entra en producción del 100% a los 5 años de su plantación, hasta alcanzar a los 15 años de una buena producción, a partir del año 16 hasta el año 25 la producción va bajando, no es la misma, por las condiciones agro ecológicas propicias para la producción, mercado y otras ventajas comparativas, se constituye en el principal cultivo de la zona y en particular del área del proyecto (Ver Foto N° 3.17).

3.13. Demanda Teórica mediante ABRO 3.1.

Para el análisis de la eficiencia de riego se consideró el método de riego superficial a gravedad, por los métodos de surcos tomando en cuenta las condiciones de altura y cercanía del lugar se utilizó la estación de CeNaVit . El requerimiento neto de riego o uso consuntivo de la especie seleccionada se obtuvo a partir del programa ABRO 3.1 en función de la Evapotranspiración Total Real de los cultivos propuestos, multiplicado por la superficie bajo riego, obteniéndose la dotación de agua al perímetro de riego o demanda bruta (Ver anexo “F”), expresado en la siguiente tabla (Ver Tabla N° 3.24).

Tabla N° 3.24 Demanda teórica a nivel mensual mediante ABRO 3.1. para 1 ha

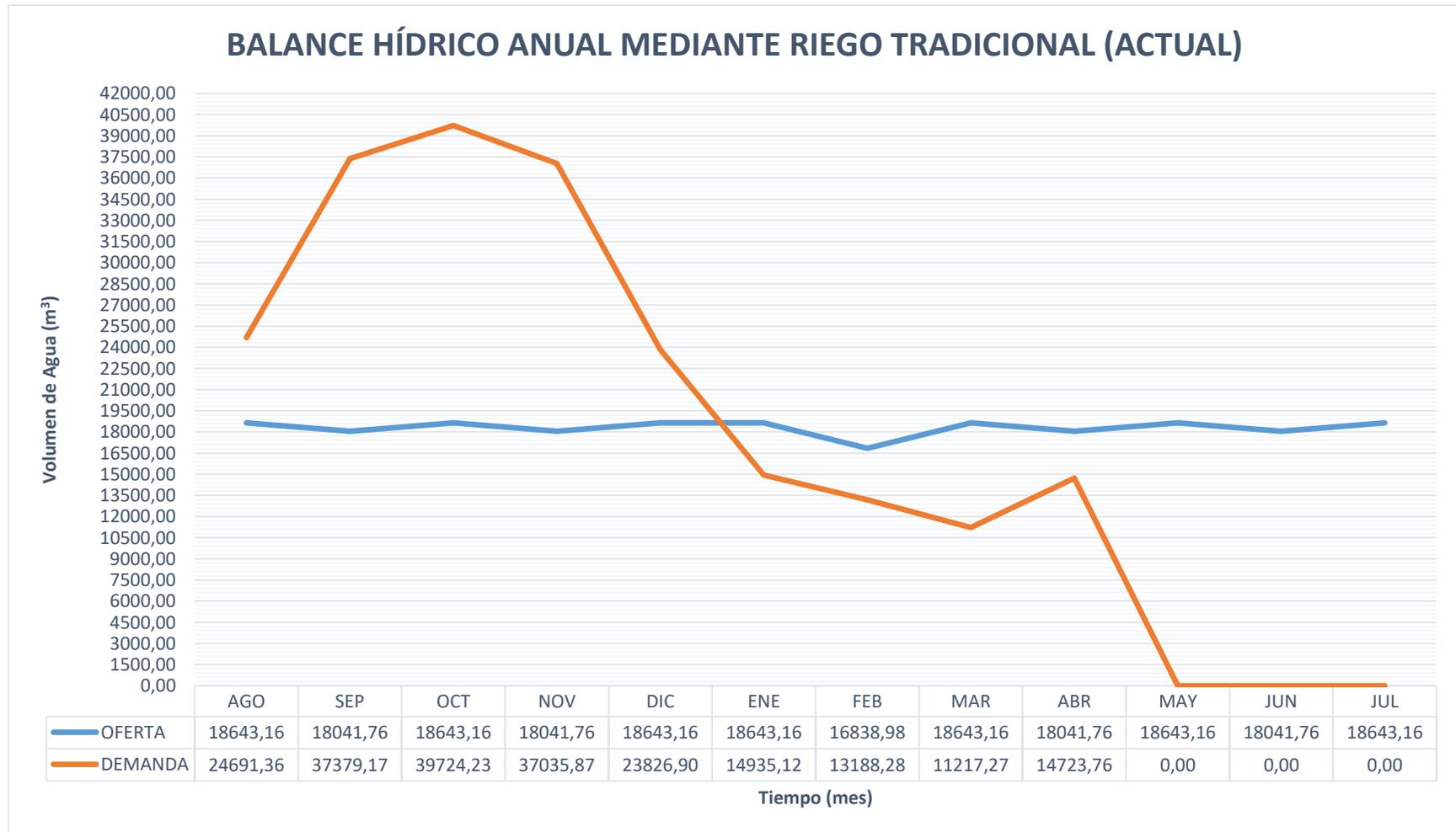
Demanda anual de agua (m³/ha)	
AGOSTO	1,790.89
SEPTIEMBRE	2,711.15
OCTUBRE	2,881.24
NOVIEMBRE	2,686.25
DICIEMBRE	1,728.19
ENERO	1,083.26
FEBRERO	956.56
MARZO	813.60
ABRIL	1,067.93
MAYO	0.00
JUNIO	0.00
JULIO	0.00
TOTAL=	15,719.07

Fuente: ABRO 3.1.

Obteniendo la demanda teórica se descarta la demanda real por resultados incoherentes, existiendo un 354.71% de la demanda teórica entre demanda real, esto debido a la mala medición de caudales de reparto y dando, así como resultado déficit en la zona de estudio con el riego actual.

Se realizó el balance hídrico actual para las 13.7872 has, tomando en cuenta oferta hídrica disponible ya obtenida mediante los aforos entre la demanda teórica, para demostrar los meses deficitario (Ver Figura N° 3.5).

Figura N° 3.5 Balance Hídrico mediante riego por gravedad para las 13.79 has actuales



Fuente: Elaboración propia

Según la figura N° 3.5 evidentemente los meses Agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre existe déficit de agua (Ver Tabla N° 3.25), para poder abarcar las 13.7872 has cultivadas actualmente.

Tabla N° 3.25 Meses con déficit actuales

MES	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Déficit	-6048.20	-19337.40	-21081.08	-18994.10	-5183.75	3708.03	3650.69	7425.89	3318.00	18643.16	18041.76	18643.16

Fuente: Elaboración propia

Con el reservorio actual de capacidad de 4,000 m³, los meses de marzo, mayo, junio y julio dicho deposito rebalsaría en los meses ya mencionados, esto debido que los comunarios de aguas arriba y aguas abajo del reservorio no realizan el riego, siendo un agua regulada que siempre ha llegado y llegara esa cantidad, trae consigo el almacenamiento de esta oferta en el reservorio hasta ocasionar el rebalse.

Culminado el análisis se deduce esencialmente un mal manejo operación del recurso hídrico, generando derroche en épocas de lluvia donde esa agua podría ser utilizada en comunidades aguas abajo o poder almacenar dichos volúmenes en otros depósitos para luego ser utilizados en épocas de estiaje.

4. PROPUESTA DE PROYECTO

La propuesta de proyecto presentada como alternativa de optimizar a lo máximo el agua en la zona de estudio, se basa fundamentalmente en la demanda bajo riego tecnificado a goteo, por ello se plantea un diseño agronómico, hidráulico para una hectárea tipo, elección del filtro y accesorios, regulación horaria para determinar un reservorio ideal con el agua disponible para todos los beneficiados y el presupuesto para la ejecución de una hectárea tipo.

4.1. Diseño agronómico

El diseño agronómico es el componente fundamental en cualquier proyecto de riego, ya que en él se basarán los posteriores cálculos hidráulicos. De nada servirán unos cálculos hidráulicos muy precisos o una perfecta elección de los automatismos, si se parte de un diseño agronómico equivocado.

Mediante el diseño agronómico obtenemos el número de emisores de la instalación y la disposición de los mismos y, además, nos proporciona una serie de datos básicos para el diseño hidráulico, como el caudal por emisor y planta, la duración del riego, etc.

El diseño agronómico se desarrolla en dos fases:

1ª. Cálculo de las necesidades de agua.

2ª. Determinación de la dosis, frecuencia y tiempo de riego. Número de emisores por planta y caudal del emisor.

4.1.1. Necesidades de agua

Las necesidades de agua se calculan mediante la siguiente expresión:

$$N_{\text{agua}} = ET_c * K_l * K_a * K_r$$

Siendo:

ET_c → evapotranspiración del cultivo (mm/día).

K_l → coeficiente de corrección por efecto de la localización.

K_a → coeficiente de corrección por variaciones climáticas locales.

$K_r \rightarrow$ coeficiente de corrección por advección.

A continuación, vamos a calcular el valor de los distintos coeficientes que aparecen en la expresión anterior.

4.1.2. Cálculo de ET_o

La ET_o , evapotranspiración del cultivo de referencia se ha calculado a partir de los datos: temperaturas promedio máximas y mínimas mensuales, la humedad relativa atmosférica, la velocidad del viento y la radiación solar o las horas de insolación, de la estación Meteorológica de CeNaVit.

Se utilizó la fórmula propuesta por el ABRO 3.1, Penman Monteith, por ser ésta metodología la que mejor estima los efectos del clima sobre el desarrollo de los cultivos. El cálculo se realiza aplicando la siguiente expresión:

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)}$$

Mediante el programa ABRO 3.1, se obtiene la siguiente tabla:

Tabla N° 4.1 Evapotranspiración mediante el programa ABRO 3.1

	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Días	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31
ET_o (mm/día)	3.14	3.30	4.10	4.81	5.06	5.18	5.07	4.90	4.74	4.28	3.79	3.39
ET_o (mm/mes)	94.25	102.15	127.03	144.23	156.85	155.26	157.07	152.00	132.85	132.76	113.63	105.14

Fuente: ABRO 3.1.

La evapotranspiración del mes de máxima demanda corresponde al mes de octubre, con un valor de $ET_o = 5.06$ mm/día.

4.1.3. Cálculo de ET_c

La ET_c , evapotranspiración del cultivo, se calcula mediante la expresión:

$$ET_c = K_c * ET_o$$

donde Kc es un coeficiente exclusivo de cada cultivo, que describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando. Depende del marco de plantación, del sistema de conducción, del tipo de poda, de las características varietales y del método empleado para la lucha contra las malas hierbas.

Valores de Kc para el cultivo de la vid mediante programa ABRO 3.1.

Tabla N° 4.2 Coeficiente de cultivo de la vid

	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Kc (Vid)	0.00	0.00	0.45	0.60	0.70	0.70	0.70	0.65	0.62	0.50	0.30	0.00

Fuente: ABRO 3.1

Tal y como se recoge en la tabla N° 4.2, el valor de Kc varía a lo largo del año, alcanzando su valor máximo en los meses de octubre, noviembre y diciembre. Para el mes de octubre, el valor de Kc es 0,70. Por tanto, la evapotranspiración del cultivo será:

$$ET_c = 0.70 * 5.06 = \mathbf{3.542 \text{ mm/día}}$$

4.1.4. Efecto de la localización (kl)

Se han propuesto numerosos procedimientos que corrigen la ETc por el efecto de la localización. Se han seleccionado como más prácticos los que se basan en la fracción de área sombreada por el cultivo, a la que denominamos A y que se define como la “fracción de la superficie del suelo sombreada por la cubierta vegetal a mediodía en el solsticio de verano, respecto a la superficie total”. A efectos prácticos, se puede considerar como la proyección sobre el terreno de la masa vegetal del cultivo.

En nuestro caso, al tratarse de espaldera vertical de un solo plano, tenemos un plano continuo de vegetación, por lo que no se puede asemejar a una plantación arbórea ni tampoco a un cultivo herbáceo.

La fracción de área sombreada es:

$$A = \frac{a \times b}{S_r \times S_p}$$

$$S_r = 2.40 \text{ m.}$$

$$S_p = 1.20 \text{ m.}$$

$$b = 1.00 \text{ m.}$$

$$a = 2.00 \text{ m}$$

$$A = 0.69 \text{ m}^2$$

Estos métodos para corregir la ET_c suponen que, a efectos de la evapotranspiración, el área sombreada se comporta casi igual que la superficie del suelo en riegos no localizados, mientras que el área no sombreada elimina agua con una intensidad mucho menor. Diversos autores han estudiado la relación entre K_l , coeficiente de corrección por efecto de la localización, y A , obteniendo las fórmulas siguientes:

Aljibury	$K_l = 1.34 A$	$K_l = 0.931$
Decroix	$K_l = 0.1 + A$	$K_l = 0.794$
Hoare	$K_l = A + 0.5 (1 - A)$	$K_l = 0.847$
Keller	$K_l = A + 0.15 (1 - A)$	$K_l = 0.740$

Se desprecian los valores extremos y se calcula la media aritmética de los centrales, obteniendo **$K_l = 0.821$**

4.1.5. Correcciones por condiciones locales

Se deben realizar dos tipos de correcciones para tener en cuenta la variación climática y la variación por advección.

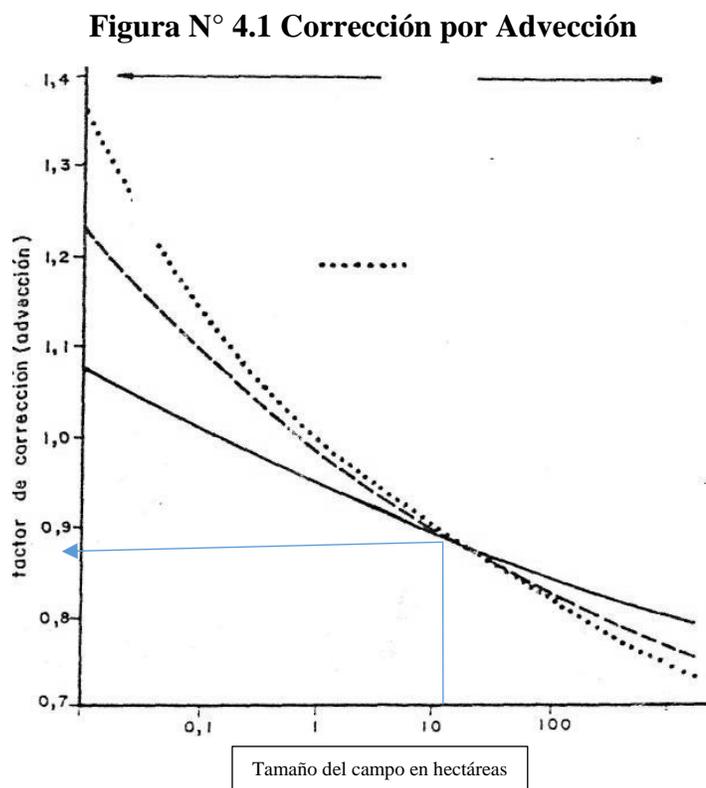
4.1.6. Variación climática (K_a)

La ET_o calculada equivale al valor medio del período estudiado, por lo que debe mayorarse multiplicándola por un coeficiente, pues de lo contrario las necesidades calculadas serían también un valor medio, lo que quiere decir que para aproximadamente la mitad de los años el valor calculado sería insuficiente. Para corregir esta variación se adopta el criterio de Hernández Abreu, aplicando un coeficiente de corrección por variaciones climáticas locales K_a , cuyo valor está comprendido entre 1.15 y 1.20.

Tomaremos un valor $Ka = 1.20$ en previsión de años con mayor demanda climática que el año medio.

4.1.7. Variación por advección (Kr)

La corrección a aplicar depende de la superficie que se va a poner en regadío. La superficie de las parcelas es de 20 ha, por lo que le corresponde un valor aproximado del coeficiente de corrección por advección de $Kr = 0.87$.



Fuente: "Riegos Localizados de Alta Frecuencia". Fernando Pizarro.

4.1.8. Necesidades netas (Nn)

Una vez calculados todos los factores, las necesidades de agua serán:

$$N_{\text{agua}} = ETc * KI * Ka * Kr = 3.542 * 0.821 * 1.20 * 0.87 = \mathbf{3.036 \text{ mm/día}}$$

Las necesidades netas de agua pueden calcularse mediante la siguiente expresión:

$$Nn = N_{\text{agua}} - Pe - Gw - \Delta w$$

Donde:

Nn: Necesidades netas.

Pe: Precipitación efectiva.

Gw: Aporte capilar

Δw : Almacenamiento de agua del suelo

La **Precipitación efectiva (Pe)** según el Programa de Desarrollo Agropecuario Sostenible de la Cooperación Técnica Alemana (CR PROAGRO/GTZ), se define como la proporción de agua retenida en la capa radicular con relación a la cantidad de lluvia caída. Su magnitud depende, por un lado, de las características del terreno (condiciones físicas, grado de humedad, pendiente, cobertura de cultivo, etc) y por otra de las características de precipitación (altura de caída de agua, intensidad, duración y frecuencia)

El Programa Nacional de Riego, en función a las características agroecológicas de las regiones de altiplano, valles y chaco; considera que no son efectivas las precipitaciones menores a 12, 15 y 20 mm respectivamente. Las lluvias mensuales, resultantes de la diferencia, son efectivas al 70, 75 y 80%. Siendo adoptadas las siguientes expresiones para el cálculo de la precipitación efectiva:

- Altiplano : $(pp \text{ mm/mes} - 12) * 0.70$
- Valles : $(pp \text{ mm/mes} - 15) * 0.75$
- Chaco : $(pp \text{ mm/mes} - 20) * 0.80$

Donde:

$pp =$ precipitación media mensual en mm.

En nuestro caso corresponde a la zona de los valles, dicho dato se obtiene del balance realizado en el ABRO 3.1 (Ver Anexo "F"), datos introducidos de la estación climatológica de CeNaVit por las condiciones de datos hidrológicos, altura y cercanía a la zona se opta por usar dicha estación:

$$P \text{ efectiva} = (38.77 - 15) * 0.75 = 17.83 \text{ mm/mes}$$

Como el mes de octubre tienes 31 días calendario **P efectiva= 0.575 mm/día.**

El aporte capilar Gw puede ser importante cuando la capa freática está próxima, pero en

nuestro caso no está lo suficientemente próxima como para considerar aportes de este tipo, por lo que no debe tenerse en cuenta.

En cuanto a la variación de almacenamiento de agua del suelo Δw , generalmente no se tiene en cuenta para el cálculo de las necesidades punta, ya que los riegos localizados pretenden mantener el potencial hídrico del suelo próximo a cero, lo que logran reponiendo con alta frecuencia el agua extraída.

Por tanto, en nuestro caso, se cumplirá que:

$$N_n = N_{\text{agua}} - P \text{ efectiva}$$

$$N_n = 3.036 - 0.575 = \mathbf{2.542 \text{ mm/día}}$$

4.1.9. Necesidades totales (Nt)

Las necesidades totales se calculan a partir de las necesidades netas, considerando los siguientes factores:

- Pérdidas de agua por percolación.
- Necesidades de lavado.
- Falta de uniformidad de riego.

$$N \text{ totales} = N \text{ brutas} = \frac{N_n}{CU * (1 - K)}$$

Donde:

N_n = Necesidades netas

CU= Coeficiente de uniformidad

K= Coeficiente del lavado

El coeficiente de uniformidad se toma el valor de **0.90**

El coeficiente de lavado se toma el mayor de las siguientes expresiones:

$$K = 1 - Ea$$

$$K = LR$$

Donde:

Ea = Eficiencia de aplicación

LR = Necesidades de lavado

La eficiencia de aplicación para el riego a goteo asumimos **0.95**

$$K=1 - 0.95 = 0.05$$

La necesidad del lavado viene dada por la siguiente expresión:

$$LR = \frac{CEi}{2 * CEe * f}$$

Donde:

CEi = Conductividad del agua de riego (0.04012 mmhos/cm) (Ver Anexo “G”)

CEemax = Conductividad eléctrica máxima del estrato (1.280 mmhos/cm) (Ver Anexo “H”)

Nota: Los estudios de suelos y estudios de agua para el análisis del proyecto fueron facilitados por la Institución San Jacinto, quien se encarga de todo el Sistema de Riego donde se implementaron muchos proyectos y por ello realizan estudios de forma continua, mismos estudios actualizados se adjuntan en los anexos ya mencionados.

f = Coeficiente de eficiencia de lavado. Se toma 85%.

$$LR = \frac{0.04012}{2 * 1.280 * 0.85} = 0.0184$$

Como siempre se elige el mayor valor, tenemos K = 0.05

Por lo tanto, la necesidad total o bruta es:

$$Nt = Nb = \frac{2.542}{0.90 * (1 - 0.05)} = 2.974 \text{ mm/dia}$$

$$Nb = 92.182 \text{ mm/mes}$$

Nuestro marco de plantación es de 2.4x1.2 m, por lo que las necesidades totales por cepa serán **8.564 litros/cepa y día**.

4.1.10. Número de emisores por cepa. tiempo, intervalo y dosis de riego

4.1.11. Elección del emisor y su disposición

El emisor que se usa de mayor frecuencia en la ciudad de Tarija, es la manguera ciega con gotero integrado PC autocompensante de la marca DRIPIN-DRIPSA, Industria Argentina, distribuidor de Tarija TODO RIEGO, que tiene las siguientes características:

- Caudal nominal = 4 l/h
- Presión nominal = 10-10.2 m.c.a
- Exponente de descarga = 0.54
- Coeficiente variación de fábrica = 0.025 CLASE A
- Diámetro de paso = 1 mm

4.1.12. Área mojada por un emisor (Ame)

En la forma y dimensiones del bulbo húmedo interviene la textura y estratificación del suelo, el caudal del emisor y el tiempo de riego.

El área mojada por un emisor puede calcularse mediante el empleo de fórmulas, tablas y por pruebas de campo. En nuestro caso, utilizaremos por la experiencia de la Institución TODO RIEGO, que indica el radio mojado en el valle central de Tarija, por el tipo de suelo está alrededor de **Rm = 55 cm**

$$Ame = \pi * Rm^2 = 0.95 m^2$$

4.1.13. Separación máxima entre emisores (Se)

Para determinar la condición de solape o separación máxima de entre emisores, utilizamos la siguiente expresión:

$$Se = Rm * \left(2 - \frac{a}{100}\right)$$

Donde:

Se = separación máxima entre emisores (m).

a = porcentaje de solape, que debe ser como mínimo 18%, se inicia el tanteo con 20%.

R_m = Radio mojado por un emisor (m).

Sustituyendo datos: $Se = 0.99 \text{ m}$

Redondeamos a una separación **$Se = 0.60 \text{ m}$** , porque se usa con mayor frecuencia en sistemas de riego tecnificado actuales además que la manguera de riego llega de fábrica con esa separación máxima, y sustituyendo en la expresión anterior, obtenemos el solape entre los bulbos húmedos de dos goteros consecutivos:

$$a = 90.91 \%$$

Al obtenerse un valor superior, se acepta como válido la condición de solape, además con eso garantizamos mayor concentración de nutrientes en las raíces secundarias por su ubicación superficial del suelo.

4.1.14. Número de emisores por cepa (e)

Para calcular el número de emisores por cepa utilizamos la siguiente expresión:

$$e > \frac{P * Sp}{100 * Ame}$$

Donde:

e = número de emisores por cepa.

P = porcentaje de superficie mojada, cuyo valor oscila entre un 20 % para árboles con clima húmedo y un 70 % para cultivos herbáceos, adoptamos un $P = 65\%$, para empezar a tantear.

Sp = superficie ocupada por planta (m^2). Para un marco de 1.20x2.40 m, la superficie es $Sp = 2.88 \text{ m}^2$.

Esta relación garantiza que el área mojada por todos los emisores que riegan una misma planta sea mayor que las necesidades mínimas definidas por P .

Sustituyendo valores: $e > 1.97$

Tomamos $e = 2$ por lo que se dispondrán **2 emisores por planta**.

Por tanto, cada planta recibirá un caudal de: $2*4 \text{ l/h} = 8 \text{ l/h}$.

4.1.15. Porcentaje de superficie mojada (P)

Cálculo del área mojada por emisor con los solapes

Para calcular el Ame con los solapes utilizamos la siguiente expresión:

$$Ame = \left[\pi - 2 * \left(\alpha - \left(1 - \frac{a}{200} \right) * \text{sen } \alpha \right) \right] * Rm^2$$

Siendo:

$$\alpha = \text{arctg} * \sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{a}{200} \right)^2} - 1}$$

Para $a = 90.91 \%$ y $Rm = 0.55 \text{ m}$, se obtiene $\alpha = 0.99 \text{ rad}$ y $Ame = 0.63 \text{ m}^2$.

Cálculo de porcentaje e superficie mojada

Teniendo en cuenta que:

$$e = \frac{P * Sp}{100 * Ame} \rightarrow P = \frac{100 * e * Ame}{Sp}$$

Sustituyendo valores obtenemos $P = 43.45 \%$. Este valor es superior al mínimo, por lo que consideramos valido.

4.1.16. Tiempo de riego (Tr)

Para calcular el tiempo de riego utilizamos la siguiente expresión:

$$Tr = \frac{Nt * I}{e * q_a}$$

Tr = tiempo de riego (horas).

Nt = Necesidades totales de agua; en nuestro caso, $8.564 \text{ l/cepa y día}$.

I = Intervalo de riego (días).

q_a = Caudal de los emisores; en nuestro caso, 4 l/h.

e = número de emisores/cepa; en nuestro caso es 2.

La frecuencia o intervalo de riego es generalmente la variable que más se puede modificar. En diseño se suele tomar un valor mínimo $I = 1$, aunque en la práctica pueden darse valores inferiores a la unidad que indican más de un riego diario, lo que exige un cierto automatismo en la instalación.

En nuestro caso, tomaremos $I = 2$, es decir, un riego cada dos días.

Sustituyendo valores, obtenemos **$T_r = 2.14$ horas**. Por tanto, el tiempo de riego es de 2 horas y 9 minutos.

4.1.17. Cuadro resumen del diseño agronómico

En nuestro caso, se va a regar durante los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril.

En el siguiente cuadro se recoge un resumen del diseño agronómico (Ver Tabla N° 4.3). Siguiendo el mismo procedimiento que hemos realizado para el mes de octubre, se han obtenido los valores correspondientes:

Tabla N° 4.3 Calendario de riego a nivel anual

CALENDARIO DE RIEGO										
	Días	31	30	31	30	31	31	28	30	30
		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Evapotranspiración Eto	(mm/día)	4.10	4.81	5.06	5.18	5.07	4.90	4.74	4.28	3.79
Evapotranspiración Eto	(mm/mes)	127.0	144.2	156.8	155.3	157.1	152.0	132.8	132.8	113.6
Coefficiente de cultivo	Kc	0.45	0.60	0.70	0.70	0.70	0.65	0.62	0.50	0.30
Evapotranspiración de cultivo ETc	(mm/día)	1.85	2.89	3.54	3.63	3.55	3.19	2.94	2.14	1.14
Precipitación	mm	1.19	7.61	38.77	45.58	88.05	100.6	84.11	68.88	12.86
Precipitación efectiva	mm	0.00	0.00	17.83	22.94	54.79	64.22	51.83	40.41	0.00
Evapotranspiración ETR	(mm/día)	1.85	2.89	2.97	2.86	1.78	1.11	1.09	0.79	1.14
Evapotranspiración ETR	(mm/mes)	57.20	86.58	91.97	85.84	55.23	34.52	30.46	23.79	34.11
Factor por localización	Kl	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Factor por variación climática	Ka	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Factor por advección	Kr	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Necesidades netas de riego	(mm/día)	1.58	2.47	2.54	2.45	1.53	0.95	0.93	0.68	0.97
Necesidades totales de riego	(mm/día)	1.85	2.89	2.97	2.87	1.79	1.12	1.09	0.79	1.14
Necesidades totales de riego	(mm/mes)	57.29	86.78	92.18	86.04	55.35	34.59	30.53	23.84	34.19
Intervalos de riego I	Días	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Necesidades por cepa	(l/cepa)	5.33	8.33	8.56	8.26	5.14	3.21	3.14	2.29	3.28
Tiempo de riego	Horas/día	1.33	2.08	2.14	2.06	1.29	0.80	0.78	0.57	0.82
Volumen de agua para 1 ha	m ³ /mes	572.94	867.77	921.82	860.36	553.55	345.94	305.26	238.44	341.88

Fuente: Elaboración propia

4.2. Diseño Hidráulico

Para el diseño hidráulico tomamos una hectárea tipo para referencia, ubicada en la zona central del sistema de riego actual (Ver Foto N° 4.1), con datos de pendientes obtenidas por el programa google earth.

Foto N° 4.1 Hectárea tipo para el diseño



Fuente: Google Earth

Con pendientes de forma horizontal y vertical, se logró obtener pendientes promedios (Ver Tabla 4.4):

Tabla N° 4.4 Pendientes del terreno de la hectárea tipo

Pendientes del terreno					
	Cota máx.	Cota min.	Longitud.	Pend (m/m).	Pend (%).
Vertical	1754	1752	64.5	0.031	3.101
	1753	1751	64.3	0.031	3.110
	1751	1747	64.4	0.062	6.211
	1750	1745	64.0	0.078	7.813
	1750	1745	64.3	0.078	7.776
				Prom =	5.602

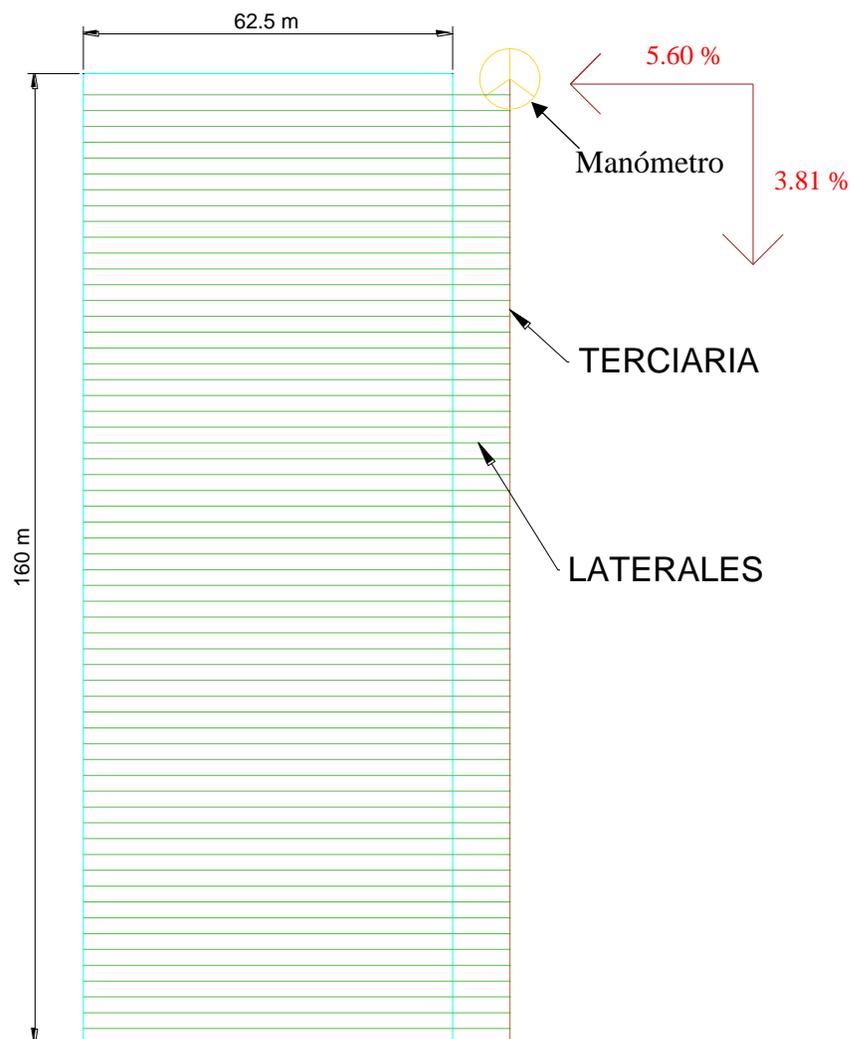
Horizontal	1752	1744	160	0.050	5.000
	1753	1746	160	0.044	4.375
	1753	1747	161	0.037	3.727
	1754	1749	159	0.031	3.145
	1754	1749	160	0.031	3.125
			Prom =	3.814	

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Hectárea Tipo 160x62.5 m

De acuerdo la figura N° 4.2, las características de la hectárea tipo son las siguientes:

Figura N° 4.2 Hectárea tipo



Fuente: Elaboración propia

La máxima diferencia de presión que puede haber en la subunidad es la que se produce cuando la diferencia de caudales entre los emisores que arrojan el caudal máximo y mínimo es del 10 % del caudal nominal.

La ecuación de un emisor es:

$$q = K * H^x$$

Siendo:

q = caudal del emisor

K = coeficiente del emisor

H = presión nominal

x = exponente de descarga.

La máxima variación de presión que puede existir entre dos emisores cualquiera de la subunidad viene definida por las pérdidas de carga de las tuberías y por las diferencias de cotas. Su expresión es:

$$\frac{\Delta P_s}{\gamma} = \frac{\Delta P_{max}}{\gamma} - \frac{\Delta P_{min}}{\gamma} = \frac{1}{x} * 0.10 * H$$

La pérdida de carga admisible ΔH_s viene determinada por la máxima diferencia de presión y por la diferencia de cotas.

$$\Delta H_s = \frac{\Delta P_s}{\gamma} \pm Z_l \pm Z_t$$

siendo Z_l el desnivel de la tubería lateral y Z_t el desnivel de la tubería terciaria. El signo + corresponde a desniveles descendentes y el signo - a desniveles ascendentes, tanto para la terciaria como para los ramales portagoteros.

$$\frac{\Delta P_s}{\gamma} = \frac{0.1}{0.54} * 10 = 1.852 \text{ m. c. a}$$

Z_l = desnivel de tubería lateral $61 * 5.602 / 100 = 3.42 \text{ m}$

Z_t = desnivel de tubería terciaria $160 * 3.814 / 100 = 6.10 \text{ m}$

Sustituyendo los datos, obtenemos la pérdida de carga máxima que se permitirá en la subunidad.

$$\Delta H_s = 1.852 + 3.42 + 6.10 = 11.37 \text{ m. c. a.}$$

4.2.2. Cálculo de la tubería lateral

Datos de partida:

Longitud del lateral: $L_1 = 61 \text{ m}$

Número de salidas: 102 salidas = 102 emisores (separados 60 centímetros)

Caudal nominal de un emisor: $q_a = 4 \text{ l/h}$

Caudal de un lateral: $q_l = 102 * 4 \text{ l/h} = 408 \text{ l/h}$

Las pérdidas localizadas según información de TODO RIEGO, se establece que por tubería de 100m de longitud, la pérdida por emisores es 0.50 m, por lo tanto:

$$L_1 = 61 \text{ m} \qquad h_e = 0.306 \text{ m}$$

La pérdida de carga en el lateral se obtiene mediante la expresión:

$$h_l = h_e + (F * J * L)$$

siendo:

$$F = \text{coeficiente de Christiansen} \quad \rightarrow F = \begin{cases} l_o = S_o \\ n = 102 \\ \beta = 1.75 \end{cases}$$

Para los valores anteriores, la tabla del coeficiente de Christiansen nos da un valor de $F = 0.369$.

$L = \text{longitud del lateral} \rightarrow L = 61 \text{ m}$

Para calcular la pérdida de carga unitaria utilizaremos la expresión de Blasius:

$$J = 0.473 * \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Siendo:

Q = Caudal del lateral en l/h.

D = Diámetro interior de la tubería en mm.

Según especificaciones técnicas de DRIPSA la manguera de goteo que se utilizara tiene un $\varnothing_{ext} = 15.6$ mm y $\varnothing_{int} = 13.4$ mm.

$$J = 0.473 * \frac{408^{1.75}}{13.4^{4.75}} = 0.078$$

La pérdida de carga en el lateral será:

$$h_l = h_e + (F * J * L) = 0.306 + (0.369 * 0.078 * 61) = 2.052 \text{ m. c. a.}$$

4.2.3. Cálculo de la tubería terciaria

Datos de partida:

Longitud del lateral: $L_t = 160$ m

Número de salidas: 66.67 salidas = 67 líneas de cultivo (separados 2.40 metros)

Caudal de un lateral: $q_l = 408$ l/h.

Caudal de la terciaria: $q_t = 67 * 408$ l/h = 27336 l/h.

Las pérdidas de carga localizadas en la terciaria se dan en los puntos de conexión de las tuberías laterales con la terciaria.

A partir de los resultados obtenidos por Howell y Barinas (1978), Montalvo determina la longitud equivalente de la conexión lateral-terciaria en función del número de laterales (N) y del caudal de un lateral (q_l) mediante la siguiente expresión:

$$L_e = 0.10 * q_l^{0.30} * N^{0.26}$$

Sustituyendo datos: $\rightarrow L_e = 0.10 * 408^{0.30} * 67^{0.26} = 1.81$ m

Para calcular la pérdida de carga en la terciaria se toma como longitud:

$$L = L_t + L_l = 160 + 1.81 = 161.81 \text{ m.}$$

En esta longitud quedan incluidas las pérdidas de carga localizadas debido a las conexiones de las laterales con la terciaria.

La pérdida de carga en la terciaria se obtiene mediante la expresión:

$$h_l = F * J * L$$

siendo:

$$F = \text{coeficiente de Christiansen} \rightarrow F = \left\{ \begin{array}{l} l_o = S_o \\ n = 67 \\ \beta = 1.75 \end{array} \right\}$$

Para los valores anteriores, la tabla del coeficiente de Christiansen nos da un valor de $F = 0.372$.

$L =$ longitud equivalente de la terciaria $\rightarrow L = 161.81 \text{ m}$

Para calcular la pérdida de carga unitaria utilizaremos la expresión de Blasius:

$$J = 0.473 * \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Siendo:

$Q =$ Caudal de la terciaria en l/h.

$D =$ Diámetro interior de la tubería en mm.

Para primer tanteo asumimos un diámetro de 2", con $\varnothing_{\text{int}} = 50 \text{ mm}$

$$J = 0.473 * \frac{27336^{1.75}}{50^{4.75}} = 0.234$$

La pérdida de carga en la terciaria será:

$$h_l = F * J * L = 0.372 * 0.234 * 161.81 = 14.08 \text{ m. c. a}$$

La pérdida de carga en toda la subunidad será:

$$h_s = h_l + h_t = 2.05 + 14.08 = 16.03 \text{ m.c.a}$$

Verificamos que:

$$h_s < \Delta H_s$$

$$16.03 < 11.37 \text{ NO CUMPLE}$$

Por lo tanto, cambiamos diámetro de la terciaria, por ser la que produce mayores pérdidas.

Realizamos un segundo tanteo con una tubería de diámetro 2 ½”, con $\varnothing_{\text{int}} = 62.5 \text{ mm}$

$$J = 0.473 * \frac{27336^{1.75}}{62.5^{4.75}} = 0.081$$

La pérdida de carga en la terciaria será:

$$h_t = F * J * L = 0.372 * 0.081 * 161.81 = 4.88 \text{ m. c. a}$$

La pérdida de carga en toda la subunidad será:

$$h_s = h_l + h_t = 2.05 + 4.88 = 6.93 \text{ m.c.a}$$

Verificamos que:

$$h_s < \Delta H_s$$

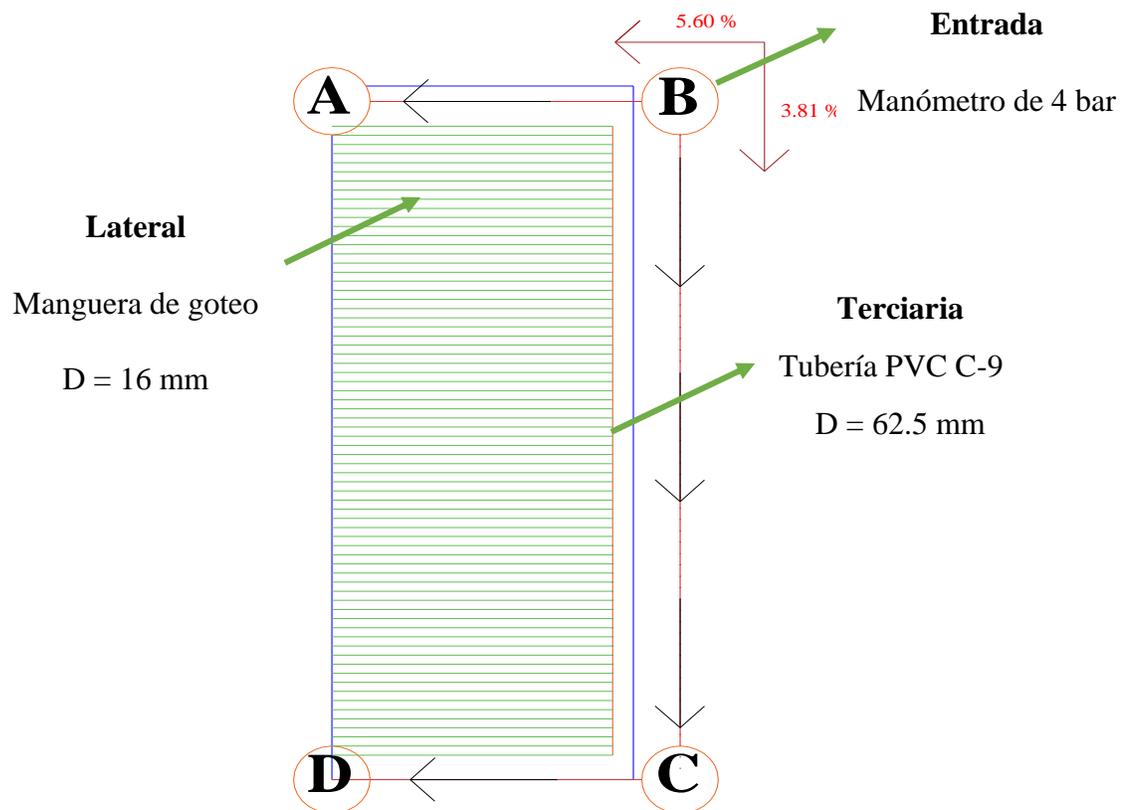
$$6.93 < 11.37 \text{ CUMPLE}$$

Por lo tanto, en la subunidad se colocará una tubería terciaria de PVC (CLASE-9) de 62.5 mm y 102 tuberías laterales de Polietileno de Baja Densidad, manguera ciega con gotero integrado PC DRIPIN-DRIPSA de diámetro nominal 16mm y un espesor nominal de pared de 1.1 mm.

4.2.4. Estudio de presiones

De acuerdo a las pendientes del terreno, se presenta el siguiente esquema para el estudio de presiones, donde el Punto “B”, es el punto de ingreso de la aducción, además de ello, debido a las condiciones del terreno es el punto más crítico, donde se colocará manómetros para controlar las presiones de entrada a la parcela, los demás, gracias a las pendientes, satisfacen las condiciones de presiones, siendo el punto “D” el más lejano:

Figura N° 4.3 Esquema de presiones



Fuente. Elaboración propia

El punto más alejado del regulador de presión es D, siendo B el punto más desfavorable.

$$\frac{H_{min}}{hd} = \left[\frac{CU}{1 - \frac{1.27 * CV}{\sqrt{e}}} \right]^{\frac{1}{x}}$$

Siendo:

ha: presión nominal del emisor 10 m.c.a.

CU: coeficiente de uniformidad 0.90.

CV: coeficiente de variación de fabricación 0.025

x: exponente de descarga 0.54.

e: número de emisores por cepa 2.

$$h_{min} = 10 * \left[\frac{0.9}{1 - \frac{1.27 * 0.025}{\sqrt{2}}} \right]^{0.54} = 8.58 \text{ m. c. a.}$$

En el punto B: $\frac{P_b}{\gamma} = 8.58 \text{ m. c. a.}$

Desniveles (Z) y Perdidas (h):

$$\text{Laterales: } Z_l = 61 * 0.056 = 3.42 \text{ m.} \quad h_l = 2.05 \text{ m.}$$

$$\text{Terciaria: } Z_t = 160 * 0.0381 = 6.10 \text{ m.} \quad h_t = 4.88 \text{ m.}$$

En el punto A: $\frac{P_a}{\gamma} = \frac{P_b}{\gamma} + Z_l - h_l = 8.58 + 3.42 - 2.05 = 9.95 \text{ m. c. a.}$

En el punto C: $\frac{P_c}{\gamma} = \frac{P_b}{\gamma} + Z_t - h_t = 8.58 + 6.10 - 4.88 = 9.80 \text{ m. c. a.}$

En el punto D: $\frac{P_d}{\gamma} = \frac{P_c}{\gamma} + Z_l - h_l = 9.80 + 3.42 - 2.05 = 11.17 \text{ m. c. a.}$

4.2.5. Presiones máximas y mínimas

La presión máxima corresponde al punto D y la mínima al B.

$$h_{max} = 11.17 \text{ m.c.a.} \quad h_{min} = 8.58 \text{ m.c.a.}$$

La presión nominal del emisor es de 10 m.c.a. Para garantizar que la presión media se corresponda con la nominal, se realiza el siguiente cálculo:

$$\frac{h_{max} - h_{min}}{2} = \frac{11.17 - 8.58}{2} = 1.29$$

Por tanto, las presiones máximas y mínimas serán:

$$h_{máx} = h_a + 1.29 = 11.29 \text{ m. c. a.}$$

$$h_{mín} = h_a - 1.29 = 8.71 \text{ m. c. a.}$$

La presión que se requiere en el regulador de presión será:

$$11.29 - 11.27 = 0.12 \text{ m. c. a.} \rightarrow \frac{PRP}{\gamma} = 8.58 + 0.12 = 8.71 \text{ m. c. a.}$$

4.2.6. Caudales máximo y mínimo

La ecuación de un emisor es: $q = K * h^x$

$$qa = K * ha^x \rightarrow K = \frac{qa}{ha^x} = \frac{4}{10^{0.54}} = 1.15$$

Por tanto, los caudales, máximos y mínimos son:

$$qmax = k * hmax^x = 1.15 * 11.29^{0.54} = 4.27 \text{ l/h}$$

$$qmin = k * hmin^x = 1.15 * 8.71^{0.54} = 3.71 \text{ l/h}$$

4.2.7. Tolerancia de caudales

Se debe cumplir que:

$$\frac{qmax - qmin}{qa} < 10\% qa$$

$$\frac{4.27 - 3.71}{4} = 0.14 < 0.40$$

Por tanto, se cumple la condición anterior.

4.2.8. Coeficiente de uniformidad absoluta (CUa)

El coeficiente de uniformidad absoluta definido por Karmeli y Keller viene dado por la siguiente expresión:

$$CUa = \left[1 - \frac{1.27 * CV}{\sqrt{e}} \right] * \frac{1}{2} * \left[\frac{qmin}{qa} + \frac{qa}{qmax} \right]$$

$$CUa = \left[1 - \frac{1.27 * 0.025}{\sqrt{2}} \right] * \frac{1}{2} * \left[\frac{3.71}{4} + \frac{4}{4.27} \right] = 0.9112$$

$$CUa = 91.12 \% > 90 \%$$

En el cálculo de las necesidades totales de agua se había tomado un 90 %. Tenemos un valor del coeficiente de uniformidad absoluta ligeramente superior, por tanto, cumple, pero dicho valor no se mantiene constante a lo largo del tiempo, por lo que habrá que determinarlo periódicamente.

Cumpliendo todas las condiciones hidráulicas en el diseño del sistema de riego para una hectárea tipo, se deduce que, para regar una hectárea de vid con una frecuencia de 2 días para el mes de octubre, se requiere (Ver Tabla N° 4.5):

Tabla N° 4.5 Caudal y tiempo de riego para una hectárea tipo

Caudal =	27,336 l/h	7.59 l/s
Tiempo =	2.14 hr	128.50 min

Fuente: Elaboración propia

4.3. Elección del filtro y accesorios

➤ Filtro

Se recomienda usar un filtro por parcela a fin de realizar una mejor operación en cuanto el colocado de fertilizantes como la limpieza del filtro, pero en este caso como será un sistema único y evitar gastos económicos se plantea colocar un solo filtro a pie del reservorio a 2 metros de la válvula de control debido a que todo el sistema funcionara a presión por lo tanto todo será a tubería, con ello llevara consigo que las cámaras existentes no serán usadas para el proyecto.

Figura N° 4.4 Características del filtro elegido

CONFIGURACIÓN FILTRO	Conexión	Modelo	Conexión			Dimensiones							
			A	B	C	H		W		X			
						mm	in	mm	in	mm	in		
	2"	2NR 2NA 2NV 2NW	BSP NPT RANURADA RANURADA	BSP NPT RANURADA BSP	BSP NPT BSP RANURADA	595	23.4	310	12.2	133	5.2		
	2"Super	2SR 2SA 2SV 2SW	BSP NPT RANURADA RANURADA	BSP NPT RANURADA BSP	BSP NPT BSP RANURADA	720	28.3	310	12.2	133	5.2		
	3"C	3CR 3CA 3CV 3CW	BSP NPT RANURADA RANURADA	BSP NPT RANURADA BSP	BSP NPT BSP RANURADA	610	24	336	13.2	147	5.8		
	3"	3NR 3NA 3NV 3NW	BSP NPT RANURADA RANURADA	BSP NPT RANURADA BSP	BSP NPT BSP RANURADA	735	28.9	336	13.2	147	5.8		
	4"	4NL 4NB	RANURADA BRIDA	RANURADA BRIDA	- -	950	37.4	341	13.4	-	-		
	4"Super	4SL 4SB	RANURADA BRIDA	RANURADA BRIDA	- -	1200	47.2	341	13.4	-	-		
	6"	6NB	BRIDA	BRIDA	-	1200	47.2	531	20.9	-	-		

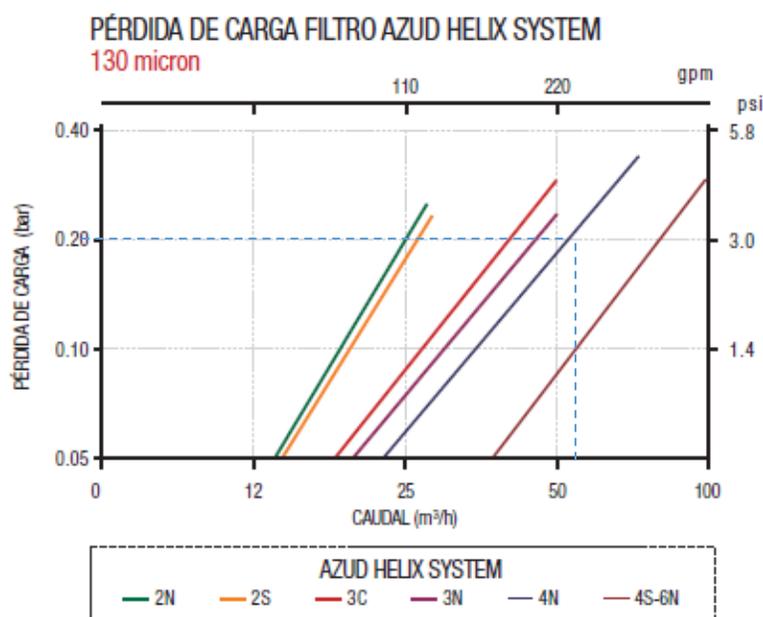
Fuente: www.azud.com

El caudal de diseño para una hectárea es 7.59 l/s, pero de acuerdo al manejo que se realizara en el sistema, se regaran 2 hectáreas paralelamente por lo tanto el caudal que

saldrá del depósito es de 15.18 l/s equivalente a 54.65 m³/hr, bajo esas condiciones de caudal, nos apersonamos a la tienda de TODO RIEGO, que indico para ese caudal se recomienda utilizar el filtro con las siguientes características (Ver Figura 4.4).

- Filtro anillas AZUD HELIX SYSTEM roscado de 4" bridas, caudal máx. 70 m³/hr y 120 mesh. Cierre abrazadera metálica, Vol/filtrado 2396 cm². Pn-10, limpieza manual.
- La pérdida que genera el filtro, según las características es (Ver Figura N° 4.5).

Figura N° 4.5 Pérdida de carga del filtro Helix System



Fuente: www.azud.com

Evidentemente para un caudal de 54.65 m³/hr se observa una pérdida generada por el filtro es de 0.20 bar equivalente a 2.04 m.c.a. Esta pérdida de carga será tomada en cuenta para el sistema de aducción para los cálculos de presiones dinámicas, por que influye el filtro en la oposición del flujo.

➤ **Accesorios**

En cuanto a los accesorios hablamos de los manómetros que son esenciales para la medición de presión en cada entrada de la parcela, esto con la finalidad regular las válvulas y poder garantizar la presión necesaria para el buen funcionamiento (Ver Foto N° 4.2).

Foto N° 4.2 Manómetro para medición de presiones



Fuente: <http://www.manómetros.com>

Se dispondrá de total 20 manómetros, se distribuirá en cada parcela 1 manómetro de 4 bar, suficiente para medir una presión de 10 m.c.a.

Otro de los accesorios muy importantes son las llaves de cierre de paso cumpliendo uno de las funciones sobresalientes para una buena operación en el sistema del proyecto, estas deben ir conjuntamente a los manómetros para regular los mismos.

4.4. Regulación Horaria

Teniendo cuenta los volúmenes de oferta que ingresan al reservorio y las demandas que salen del mismo, se procedió a realizar el balance a nivel horario por que la demanda es diaria para realizar el riego a goteo (Ver Figura N° 4.6).

Figura N° 4.6 Flujoograma hidráulico



Fuente: Elaboración propia

El caudal para regar una hectárea de vid es 27,336 l/hr, en un tiempo de 2.14 horas cada 2 días, para abastecer a todos los regantes el manejo y demanda diaria es la siguiente (Ver Tabla N° 4.6):

Tabla N° 4.6 Demanda diaria para 10 hectáreas

Demanda diaria a nivel horario								
Riego día N°1	1sector = 1 ha	Caudal (l/hr/sector)	Caudal total (l/hr/sector)	Hrs de riego por sector	Tiempos de riego (hrs)		Vol de Agua (m ³ /tiempo total de riego)	Vol de Agua (m ³ /hr de riego)
					inicio	fin		
1	2.00	27336	54672	2.14	8:00:00 a. m.	10:09:00 a. m.	117.053	54.672
2	2.00	27336	54672	2.14	10:09:00 a. m.	12:18:00 p. m.	117.053	54.672
3	2.00	27336	54672	2.14	12:18:00 p. m.	2:27:00 p. m.	117.053	54.672
4	2.00	27336	54672	2.14	2:27:00 p. m.	4:36:00 p. m.	117.053	54.672
5	2.00	27336	54672	2.14	4:36:00 p. m.	6:45:00 p. m.	117.053	54.672
Total =	10.00			10.70			585.263	585.263

10 hectáreas a regar por día , y 20 hectáreas a regar para I=2días

Fuente: Elaboración propia

De esa forma se distribuye los turnos de riego durante el día N°1 para la zona alta, de la misma manera será para el día N°2, cambiando solamente a la zona baja.

La oferta disponible en la zona que se calculó en el capítulo III, es la siguiente:

Tabla N° 4.7 Oferta diaria expresada en volumen

Oferta				
Caudal (l/s) día	Caudal (l/s) noche	Vol de Agua hora día (m ³)	Vol de Agua hora noche (m ³)	% de Probabilidad
4.10	10.82	13.78	36.34	93.319

Fuente: Elaboración propia

Para que exista un equilibrio de oferta y demanda diaria, se propone un reservorio de las siguientes dimensiones:

Tabla N° 4.8 Dimensiones para el reservorio ideal

Dimensiones reservorio			
a (m)	b (m)	h (m)	V (m ³)
10.00	10.00	5.00	500.00

Fuente: Elaboración propia

Para poder llenar el reservorio ideal y optimo, se debe de llenar en un tiempo de 16 horas con 40 minutos. Una vez llenado se procede con la regulación horaria, tomando en cuenta agua que entra en el día como en la noche, de una oferta constante.

Los valores de oferta están en unidad de volumen, dependiendo del tiempo de inicio y fin corresponde a una demanda tanto día como noche.

Tabla N° 4.9 Regulación horaria durante 1 día

REGULACIÓN HORARIA									
Volumen inicial		50.15							
	Inicio	Fin	Demanda m ³	Oferta día m ³	Oferta noche m ³	Delta Volumen	Volumen almacenado		
Día	3:21:06 p. m.	4:00:00 p. m.	0.00	8.82	0.00	8.82	8.82		
	4:00:00 p. m.	5:00:00 p. m.	0.00	13.78	0.00	13.78	22.59		
	5:00:00 p. m.	6:00:00 p. m.	0.00	13.78	0.00	13.78	36.37		
	6:00:00 p. m.	7:00:00 p. m.	0.00	13.78	0.00	13.78	50.15		
	31-Sep	7:00:00 p. m.	8:00:00 p. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	86.49	
		8:00:00 p. m.	9:00:00 p. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	122.83	
		9:00:00 p. m.	10:00:00 p. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	159.17	
		10:00:00 p. m.	11:00:00 p. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	195.51	
Noche		11:00:00 p. m.	12:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	231.85	
		12:00:00 a. m.	1:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	268.19	
		1:00:00 a. m.	2:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	304.53	
	1-Oct		2:00:00 a. m.	3:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	340.86
			3:00:00 a. m.	4:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	377.20
			4:00:00 a. m.	5:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	413.54
			5:00:00 a. m.	6:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	449.88

	6:00:00 a. m.	7:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	486.22
	7:00:00 a. m.	8:00:00 a. m.	0.00	13.78	0.00	13.78	500.00
	8:00:00 a. m.	9:00:00 a. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	459.10
	9:00:00 a. m.	10:00:00 a. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	418.21
	10:00:00 a. m.	11:00:00 a. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	377.31
	11:00:00 a. m.	12:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	336.42
Día	12:00:00 p. m.	1:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	295.52
	1:00:00 p. m.	2:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	254.63
	2:00:00 p. m.	3:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	213.73
	3:00:00 p. m.	4:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	172.83
	4:00:00 p. m.	5:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	131.94
	5:00:00 p. m.	6:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	91.04
	6:00:00 p. m.	7:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	50.15
	7:00:00 p. m.	8:00:00 p. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	86.49
	8:00:00 p. m.	9:00:00 p. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	122.83
	9:00:00 p. m.	10:00:00 p. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	159.17
Noche	10:00:00 p. m.	11:00:00 p. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	195.51
	11:00:00 p. m.	12:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	231.85
2-Oct	12:00:00 a. m.	1:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	268.19
	1:00:00 a. m.	2:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	304.53

	2:00:00 a. m.	3:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	340.86
	3:00:00 a. m.	4:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	377.20
	4:00:00 a. m.	5:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	413.54
	5:00:00 a. m.	6:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	449.88
	6:00:00 a. m.	7:00:00 a. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	486.22
	7:00:00 a. m.	8:00:00 a. m.	0.00	13.78	0.00	13.78	500.00
	8:00:00 a. m.	9:00:00 a. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	459.10
	9:00:00 a. m.	10:00:00 a. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	418.21
	10:00:00 a. m.	11:00:00 a. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	377.31
	11:00:00 a. m.	12:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	336.42
Día	12:00:00 p. m.	1:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	295.52
	1:00:00 p. m.	2:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	254.63
	2:00:00 p. m.	3:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	213.73
	3:00:00 p. m.	4:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	172.83
	4:00:00 p. m.	5:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	131.94
	5:00:00 p. m.	6:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	91.04
	6:00:00 p. m.	7:00:00 p. m.	54.67	13.78	0.00	-40.90	50.15
	7:00:00 p. m.	8:00:00 p. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	86.49
Noche	8:00:00 p. m.	9:00:00 p. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	122.83
	9:00:00 p. m.	10:00:00 p. m.	0.00	0.00	36.34	36.34	159.17

Fuente: Elaboración propia

De esta forma demostramos que, para poder regar 20 hectáreas de vid, tan solo es necesario tener un reservorio de 500 m³ donde se identifica un equilibrio entre oferta y demanda.

Se almacenará un volumen de 50.15 m³ para compensar pérdidas por evaporación, infiltración entre otros, durante el lapso del mes de octubre.

4.5. Rol de turnos con Proyecto

Teniendo en cuenta que las áreas son totalmente consolidadas, se procede a mostrar el nuevo rol de turnos, primeramente, se clasifico por sectores a cada comunario, como presenta la siguiente tabla:

Tabla N° 4.10 Lista de comunarios con su respectivo sector

N°	NOMBRES Y APELLIDOS	SECTOR
1	Ambrocio A. Aguilera Tapia	1b
2	Ángel Tapia Rodríguez	10b
3	Asunción Gutiérrez Ruiz	1a
4	Avelino Aguilera Tapia	10a
5	Delina Velásquez Álvarez	4b
6	Sandra Rita Reyes	2a
7	Emilio Tejerina Ruiz	3a
8	Estela Reyes Velásquez	2b
9	Gonzalo A. Rodríguez G.	9b
10	Imar J. Sanguino Gallardo	5a
11	Leandro Colodro Sánchez	5b
12	Leocadio Tolaba Vera	7a
13	Leonardo Reyes Tapia	8a
14	Nelson G. Flores Montes	3b
15	Pastor Romero Gallardo	8b
16	Román Aguilera Tapia	9a
17	Sebastián Tolaba	7b
18	Teresa Y. Reyes Alvarado	4a
19	Víctor Sánchez Ruiz	6b
20	Franz Reyes	6a

Fuente: Elaboración propia

Una vez teniendo nombrados los sectores, se procede al rol de turnos, en función al día de riego que toca a cada uno, tanto la zona alta como la baja (Ver Tabla N° 4.11 y 4.12).

Tabla N° 4.11 Rol de turno del día N°1

Rol de turnos día N°1				
Horas	Tiempo de Riego		Sectores a regar	Vol total de Agua m ³
	inicio	fin		
2.14	8:00:00 a. m.	10:09:00 a. m.	1a-1b	117.05
2.14	10:09:00 a. m.	12:18:00 p. m.	2a-2b	117.05
2.14	12:18:00 p. m.	2:27:00 p. m.	3a-3b	117.05
2.14	2:27:00 p. m.	4:36:00 p. m.	4a-4b	117.05
2.14	4:36:00 p. m.	6:45:00 p. m.	5a-5b	117.05

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 4.12 Rol de turnos del día N°2

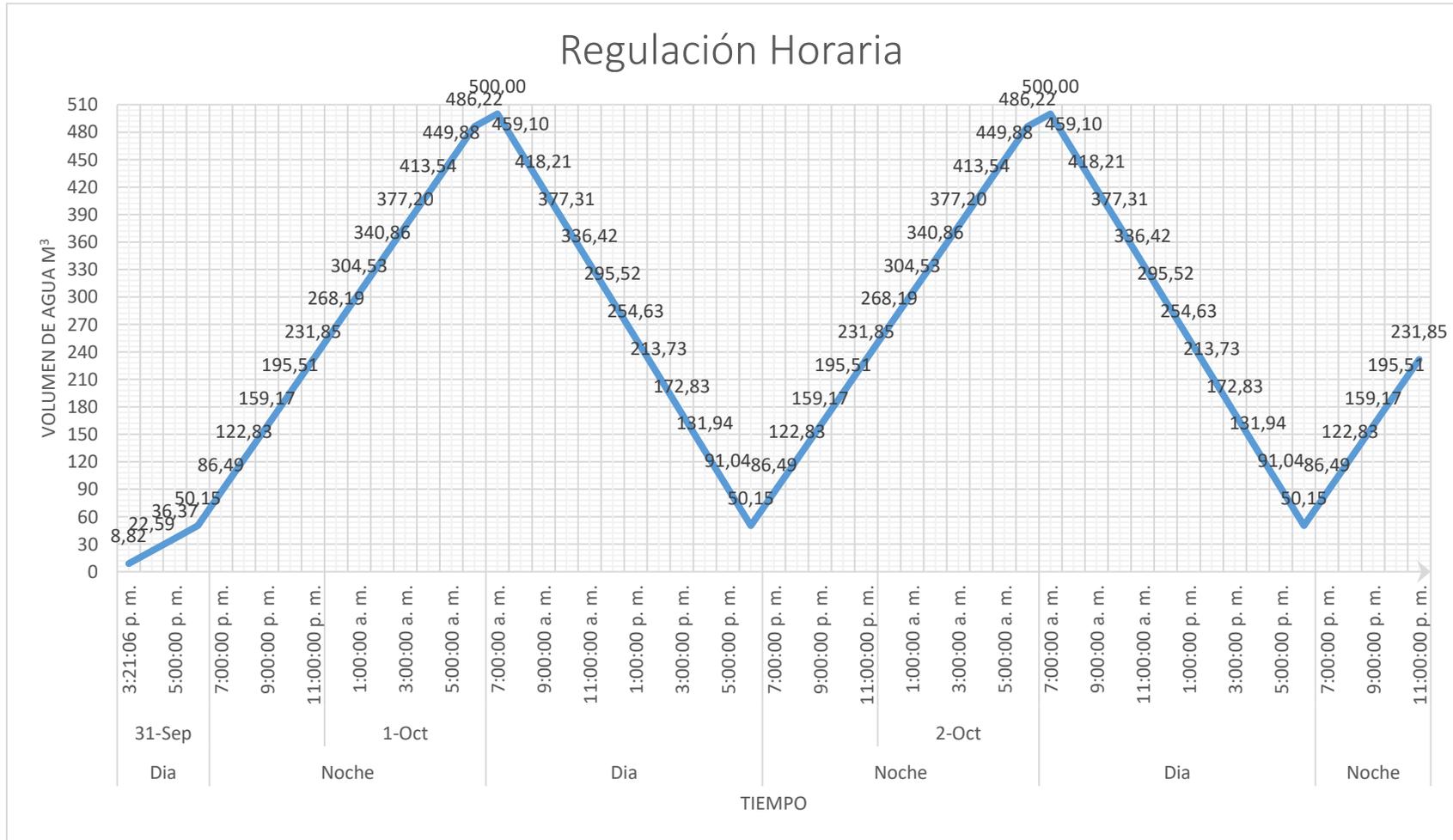
Rol de turnos día N°2				
Horas	Tiempo de Riego		Sectores a regar	Vol total de Agua m ³
	inicio	fin		
2.14	8:00:00 a. m.	10:09:00 a. m.	6a-6b	117.05
2.14	10:09:00 a. m.	12:18:00 p. m.	7a-7b	117.05
2.14	12:18:00 p. m.	2:27:00 p. m.	8a-8b	117.05
2.14	2:27:00 p. m.	4:36:00 p. m.	9a-9b	117.05
2.14	4:36:00 p. m.	6:45:00 p. m.	10a-10b	117.05

Fuente: Elaboración propia

El comportamiento tanto como día N° 1 y N° 2 es el mismo, lo que varía es los sectores y la zona a regar, por ello se recomienda un buen manejo del sistema tanto en la operación como en el mantenimiento, también se observa que 2 sectores se regaran simultáneamente y que el riego solo se realizara durante el día.

A continuación, se mostrará el comportamiento del reservorio ideal a nivel horario, tomando en cuenta una demanda constante y una oferta variable tanto como día y noche (Ver Figura N° 4.7).

Figura N° 4.7 Comportamiento horario del reservorio



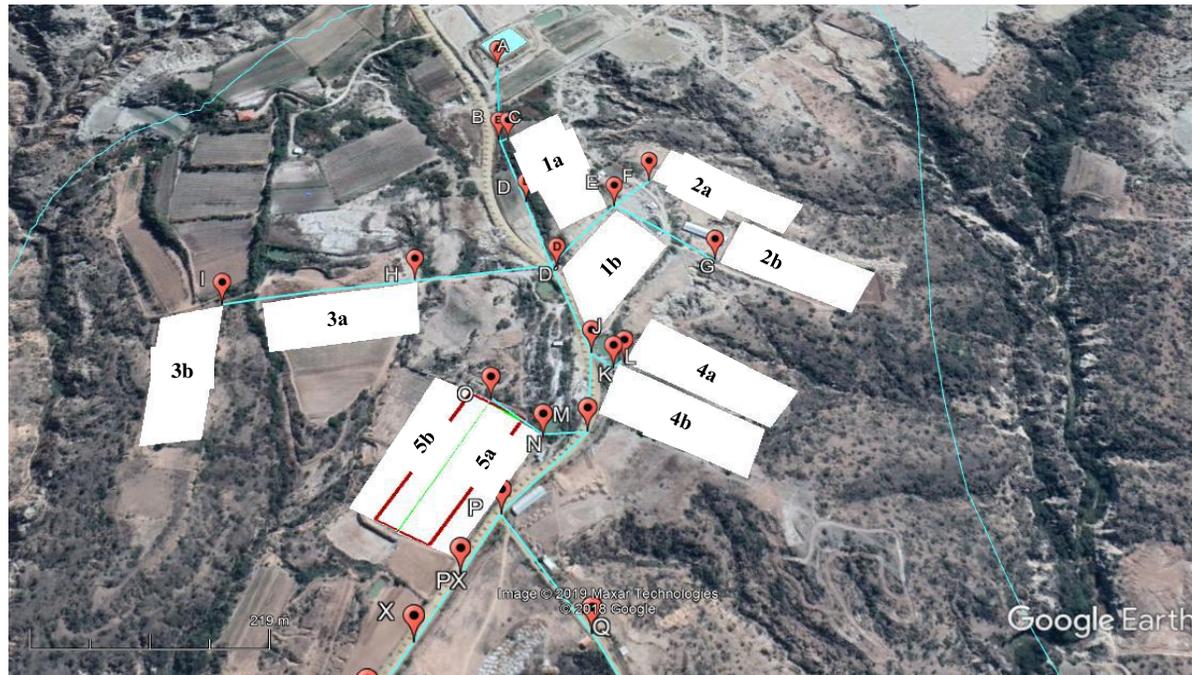
Fuente: Elaboración propia

4.6. Ubicación y disposición de las zonas de riego

El riego por hectárea es con una frecuencia de 2 días, pero como el reservorio va a trabajar diariamente de forma continua, por ello se plantea que el día N°1 se riegue la zona alta (Ver Foto N° 4.3) y el día N°2 la zona baja (Ver Foto N° 4.4), haciendo un total de 20 hectáreas a regar

4.6.1. Zona Alta

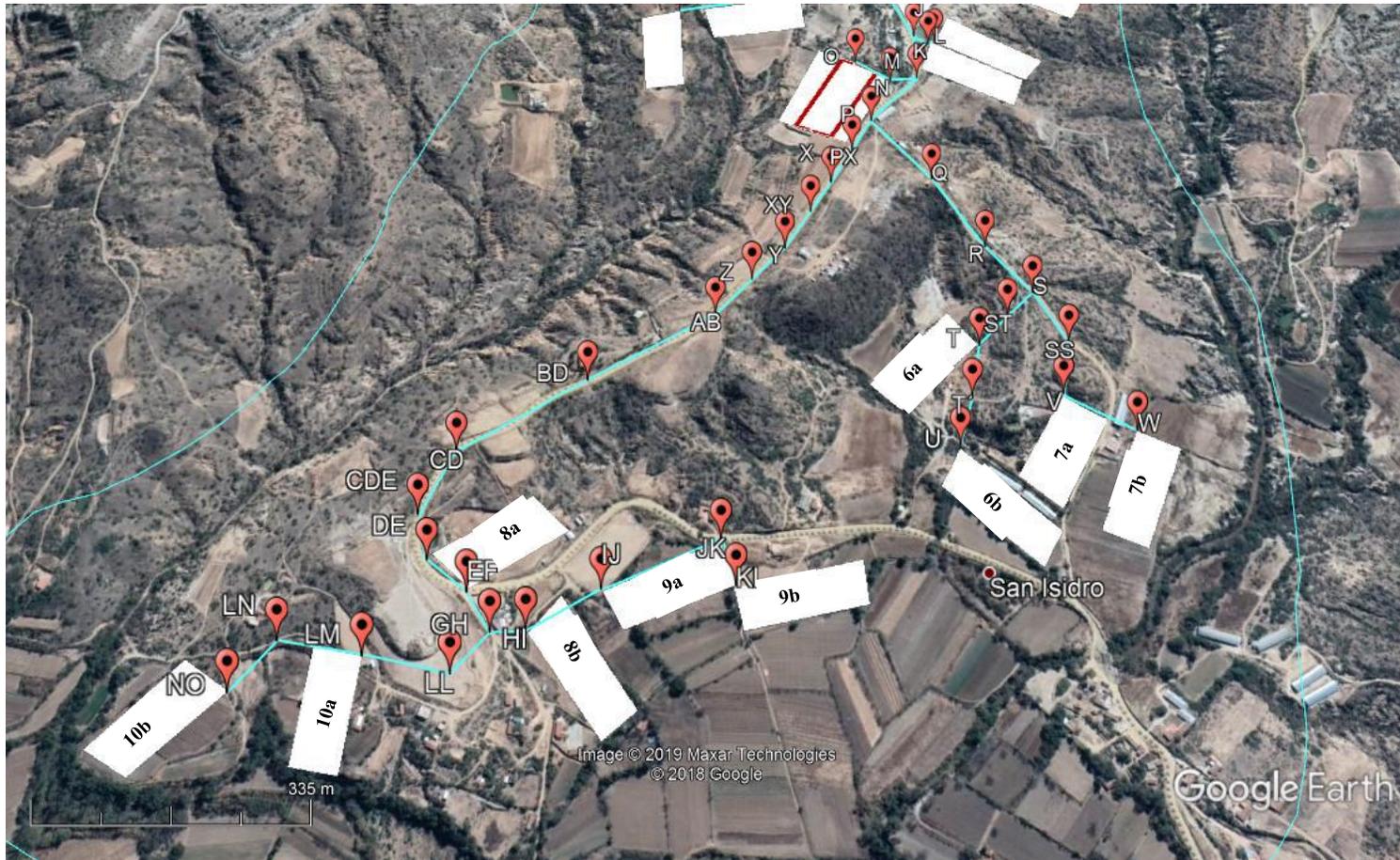
Foto N° 4.3 Croquis de la distribución de áreas en la zona alta del sistema



Fuente: Google Earth (Elaboración propia)

4.6.2. Zona Baja

Foto N° 4.4 Croquis de la distribución de áreas en la zona baja del sistema



Fuente: Google Earth (Elaboración propia)

4.6.3. Aducción del sistema de riego

La aducción de la red tiene la finalidad de poder saber la presión con que se llega a cada hectárea de los beneficiarios, y poder visualizar el buen funcionamiento, aprovechando el desnivel que existe entre el reservorio y las zonas de áreas de cultivo (Ver Tabla N° 4.13).

El punto C, donde se encuentra la primera hectárea, llega a ser el punto crítico debido a cercanía del punto de inicio, para garantizar su buen funcionamiento, esa hectárea será en primera en regarse cuando el reservorio se encuentre lleno.

Tabla N° 4.13 Planilla de aducción del sistema de riego

TRAMO		LONG (m)	CAUDAL TRAMO (l/s)	DIAMET PULG	VEL 0.3 - 2 (m/s)	PÉRDIDA DE CARGA			COTA TERRENO		Alt de excav (m)	COTA TUBERIA		PRES ESTATICA		PRES DINAMICA >10mca		CLASE TUB
DE	A					hf (m)	hl (10%hf) (m)	Acum (m)	Entrada (m.s.n.m)	Salida (m.s.n.m)		Entrada (m.s.n.m)	Salida (m.s.n.m)	Entrada (m.c.a.)	Salida (m.c.a.)	Entrada (m.c.a.)	Salida (m.c.a.)	
Filtro			15.19			2.04	2.04	2.04										
A	B	97.00	15.19	6.00	0.86	0.426	0.043	0.47	1775	1767	0.00	1775.00	1767.00	4.00	12.00	4.00	9.49	C-9
B	C	10.00	7.59	3.00	1.72	0.356	0.036	0.86	1767	1767	0.80	1767.00	1766.20	12.00	12.00	9.49	9.10	C-9
B	D	99.00	15.19	6.00	0.86	0.435	0.043	0.95	1767	1764	0.80	1767.00	1763.20	12.00	11.00	9.10	8.01	C-9
D	D'	94.70	15.19	6.00	0.86	0.416	0.042	1.40	1764	1761	0.80	1764.00	1760.20	11.00	18.00	8.01	14.56	C-9
D'	E	108.00	15.19	6.00	0.86	0.474	0.047	1.93	1761	1762	0.80	1761.00	1761.20	11.00	17.00	14.56	13.03	C-9
E	F	57.60	7.59	3.00	1.72	2.049	0.205	4.18	1762	1758	0.80	1762.00	1757.20	17.00	21.00	13.03	14.78	C-9
E	G	132.00	7.59	3.00	1.72	4.697	0.470	7.09	1762	1753	0.80	1762.00	1752.20	17.00	26.00	13.03	16.87	C-9
D'	H	149.00	15.19	4.00	1.93	4.715	0.471	6.59	1761	1756	0.80	1761.00	1755.20	18.00	23.00	14.56	14.37	C-9
H	I	206.00	7.59	4.00	0.97	1.806	0.181	8.58	1756	1755	0.80	1756.00	1754.20	23.00	24.00	14.37	13.38	C-9
D'	J	123.00	15.19	6.00	0.86	0.540	0.054	2.00	1761	1758	0.80	1761.00	1757.20	18.00	21.00	14.56	16.96	C-9
J	K	29.00	15.19	3.00	3.44	3.725	0.372	6.10	1758	1756	0.80	1758.00	1755.20	21.00	23.00	16.96	14.86	C-9

K	L	12.90	7.59	3.00	1.72	0.459	0.046	6.60	1756	1756	0.80	1756.00	1755.20	23.00	23.00	14.86	14.36	C-9
J	M	92.80	15.19	6.00	0.86	0.408	0.041	2.45	1758	1755	0.80	1758.00	1754.20	23.00	24.00	16.96	19.51	C-9
M	N	45.40	15.19	3.00	3.44	5.832	0.583	8.86	1755	1755	0.80	1755.00	1754.20	24.00	24.00	19.51	13.10	C-9
N	O	66.80	7.59	3.00	1.72	2.377	0.238	11.48	1755	1753	0.80	1755.00	1752.20	24.00	26.00	13.10	12.48	C-9
M	P	120.00	15.19	6.00	0.86	0.527	0.053	7.18	1755	1752	0.80	1755.00	1751.20	24.00	27.00	19.51	17.78	C-9
P	Q	143.00	15.19	4.00	1.93	4.525	0.452	12.16	1752	1748	0.80	1752.00	1747.20	27.00	31.00	17.78	16.80	C-9
Q	R	139.00	15.19	4.00	1.93	4.398	0.440	17.00	1748	1735	0.80	1748.00	1734.20	31.00	44.00	16.80	24.96	C-9
R	S	101.00	15.19	4.00	1.93	3.196	0.320	20.51	1735	1736	0.80	1735.00	1735.20	44.00	43.00	24.96	20.45	C-9
S	ST	56.40	15.19	3.00	3.44	7.244	0.724	28.48	1736	1730	0.80	1736.00	1729.20	43.00	49.00	20.45	18.48	C-9
ST	T	64.10	15.19	3.00	3.44	8.233	0.823	37.54	1730	1723	0.80	1730.00	1722.20	49.00	56.00	18.48	16.42	C-9
T	T'	86.30	7.59	3.00	1.72	3.071	0.307	40.92	1723	1719	0.80	1723.00	1718.20	49.00	60.00	18.48	17.04	C-9
T'	U	77.70	7.59	2.50	2.48	6.718	0.672	48.31	1719	1710	0.80	1719.00	1709.20	60.00	69.00	17.04	18.65	C-9
S	SS	94.10	15.19	4.00	1.93	2.978	0.298	23.79	1720	1729	0.80	1720.00	1728.20	43.00	50.00	18.65	24.17	C-9
SS	V	88.30	15.19	3.00	3.44	11.34	1.134	36.26	1736	1726	0.80	1736.00	1725.20	50.00	53.00	24.17	14.70	C-9
V	W	111.00	7.59	3.00	1.72	3.949	0.395	40.61	1726	1719	0.80	1726.00	1718.20	53.00	60.00	14.70	17.35	C-9
P	PX	69.90	15.19	6.00	0.86	0.307	0.031	7.52	1752	1751	0.80	1752.00	1750.20	27.00	28.00	17.78	18.44	C-9
PX	X	72.70	15.19	6.00	0.86	0.319	0.032	7.87	1751	1719	0.80	1751.00	1718.20	31.00	60.00	16.80	50.09	C-9
X	XY	67.70	15.19	6.00	0.86	0.297	0.030	8.20	1719	1750	0.80	1719.00	1749.20	44.00	29.00	24.96	18.76	C-9
XY	Y	80.60	15.19	6.00	0.86	0.354	0.035	8.59	1750	1751	0.80	1750.00	1750.20	43.00	28.00	20.45	17.37	C-9
Y	Z	78.40	15.19	6.00	0.86	0.344	0.034	8.97	1751	1747	0.80	1751.00	1746.20	29.00	32.00	18.48	20.99	C-9
Z	AB	79.90	15.19	4.00	1.93	2.528	0.253	11.75	1747	1745	0.80	1747.00	1744.20	32.00	34.00	20.99	20.21	C-9
AB	BD	208.00	15.19	4.00	1.93	6.582	0.658	18.99	1745	1737	0.80	1745.00	1736.20	32.00	42.00	20.99	20.97	C-9
BD	CD	207.00	15.19	4.00	1.93	6.550	0.655	26.19	1737	1731	0.80	1737.00	1730.20	42.00	48.00	20.97	19.77	C-9
CD	CDE	100.00	15.19	4.00	1.93	3.164	0.316	29.67	1731	1729	0.80	1731.00	1728.20	48.00	50.00	19.77	18.29	C-9

CDE	DE	64.40	15.19	4.00	1.93	2.038	0.204	31.91	1729	1726	0.80	1729.00	1725.20	50.00	53.00	18.29	19.05	C-9
DE	EF	72.30	15.19	4.00	1.93	2.288	0.229	34.43	1726	1720	0.80	1726.00	1719.20	53.00	59.00	19.05	22.53	C-9
EF	GH	61.00	15.19	4.00	1.93	1.930	0.193	36.55	1720	1716	0.80	1720.00	1715.20	59.00	63.00	22.53	24.41	C-9
GH	HI	45.40	15.19	4.00	1.93	1.437	0.144	38.13	1716	1710	0.80	1716.00	1709.20	63.00	69.00	24.41	28.83	C-9
HI	IJ	108.00	15.19	4.00	1.93	3.417	0.342	41.89	1710	1707	0.80	1710.00	1706.20	69.00	72.00	28.83	28.07	C-9
IJ	JK	170.00	15.19	4.00	1.93	5.379	0.538	47.81	1707	1710	0.80	1707.00	1709.20	72.00	69.00	28.07	19.15	C-9
JK	KL	66.50	7.59	2.50	2.48	5.750	0.575	54.13	1710	1706	0.80	1710.00	1705.20	69.00	73.00	19.15	16.83	C-9
GH	LL	70.20	15.19	4.00	1.93	2.221	0.222	39.00	1716	1718	0.80	1716.00	1717.20	63.00	61.00	24.41	19.96	C-9
LL	LM	116.00	15.19	4.00	1.93	3.671	0.367	43.03	1718	1718	0.80	1718.00	1717.20	61.00	61.00	19.96	15.93	C-9
LM	LN	113.00	7.59	3.00	1.72	4.021	0.402	47.46	1718	1714	0.80	1718.00	1713.20	61.00	65.00	15.93	15.50	C-9
LN	NO	80.40	7.59	3.00	1.72	2.861	0.286	50.60	1714	1707	0.80	1714.00	1706.20	65.00	72.00	15.50	19.36	C-9

Fuente: Elaboración propia

Las casillas celestes son las que indican el punto de presión de llegada para cada beneficiario, donde la presión mínima que debe entrar a la parcela es de 8.58 m.c.a. según el diseño hidráulico realizado dando como resultado que el punto C (crítico) llega a cumplir los requisitos de manera satisfactoria y los diámetros de las tuberías empleadas en la aducción, garantizaran un buen manejo del sistema de riego.

A continuación, se mostrará el esquema de la aducción de la red (Ver Figura N° 4.8).

Figura N° 4.8 Esquema general de la Aducción



Fuente: Google Earth (Elaboración propia).

4.7. Análisis de posibles escenarios en función a una oferta variable

Como la demanda se mantendrá constante, y bajo las condiciones que se tomó la oferta se determinó que el proyecto va regar 20 hectáreas óptimamente, sin embargo, se debe realizar un análisis que pasaría si nuestra oferta no se comportaría como lo tomamos en cuenta, por ello se hizo 3 análisis de oferta:

- **Análisis N° 1.-** suponiendo un caudal mínimo de llegada de 4.10 l/s tanto día como noche:

Tabla N° 4.14 Análisis N° 1 con caudal de 4.10 l/s

		Escenario N° 1									
		31	30	31	30	31	31	28	30	30	
Unidad		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
Oferta	m ³	10,983.34	10,629.04	10,983.34	10,629.04	10,983.34	10,983.34	9,920.43	10,629.04	10,629.04	
Demanda 20ha		11,556.17	17,503.01	18,593.06	17,353.42	11,165.10	6,977.55	6,157.07	4,809.39	6,895.68	
Déficit		-572.84	-6,873.98	-7,609.72	-6,724.38	-181.76	4,005.78	3,763.37	5,819.65	3,733.36	
Porcentaje	%	4.96	39.27	40.93	38.75	1.63					
Hectáreas a regar	ha	11.81									
Demanda	m ³	6,826.49	10,339.43	10,983.34	10,251.06	6,595.48	4,121.80	3,637.12	2,841.01	4,073.43	
Caudal necesario	l/s	0.214	2.652	2.841	2.594	0.068					

Fuente: Elaboración propia

Suponiendo si nos llega un caudal de 4.10 l/s se observa que existiría un déficit de agua en los meses de agosto hasta diciembre, caso contrario solo se puede regar óptimamente 11.81 hectáreas, reduciendo 8.19 has.

- **Análisis N° 2.-** suponiendo un caudal máximo de 10.82 l/s tanto como día y noche:

Tabla N° 4.15 Análisis N° 2 con caudal de 10.82 l/s

		Escenario N° 2									
		31	30	31	30	31	31	28	30	30	
		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
Oferta	m ³	28,972.42	28,037.82	28,972.42	28,037.82	28,972.42	28,972.42	26,168.63	28,037.82	28,037.82	
Hectáreas a regar	ha	31.16									
Demanda	m ³	18,007.27	27,273.87	28,972.42	27,040.76	17,397.88	10,872.69	9,594.18	7,494.17	10,745.11	

Fuente: Elaboración propia

Es evidente que se pueden incrementar más hectáreas de vid, en este caso el agua máxima disponible nos alcanzaría para poder regar 31.16 hectáreas, incrementando 11.16 has más.

➤ Análisis N° 3.- suponiendo un caudal promedio de 7.46 l/s tanto día como noche:

Tabla N° 4.16 Análisis N° 3 para un caudal de 7.46 l/s

		Escenario N° 3									
		31	30	31	30	31	31	28	30	30	
		AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
Oferta	m ³	19,977.88	19,333.43	19,977.88	19,333.43	19,977.88	19,977.88	18,044.53	19,333.43	19,333.43	
Demanda 20 ha	m ³	11,556.17	17,503.01	18,593.06	17,353.42	11,165.10	6,977.55	6,157.07	4,809.39	6,895.68	
Sobrante	m ³	8,421.70	1,830.42	1,384.82	1,980.01	8,812.78	13,000.32	11,887.47	14,524.04	12,437.75	
Porcentaje	%	72.88	10.46	7.45	11.41	78.93					
Hectáreas a regar	ha	21.49									
Demanda	m ³	12,416.88	18,806.65	19,977.88	18,645.91	11,996.68	7,497.24	6,615.65	5,167.59	7,409.27	

Fuente: Elaboración propia

Se observa que tomamos como situación de caudal promedio, se puede abastecer de las 20 hectáreas presentadas en el proyecto y además de ello se puede incrementar 1.49 has, tomando como la oferta precedente de un caudal promedio.

Estos datos presentados, dan a conocer al beneficiario antes que realice una inversión de algunos riesgos que puede tener el proyecto.

4.8. Costos para la ejecución de una hectárea tipo

De acuerdo a información de la tienda TODO RIEGO, que proporciono los precios de todos artefactos necesarios para la implementación de un sistema de riego por goteo, se deduce la siguiente tabla de resumen (Ver Tabla N° 4.17):

Tabla N° 4.17 Costos para la ejecución de una hectárea tipo

<u>N° Ítem</u>	<u>ITEM</u>	<u>Unidad</u>	<u>N° de veces</u>	<u>Largo (m)</u>	<u>Total</u>	<u>Precio unitario</u>	<u>Precio total Bs</u>
Riego Goteo para 1 hectárea							20,357.15
1	Terciaria Tubería PVC CLASE 9 D=2 1/2"	Pza	1.00	160.80	27.00	120.00	3,240.00
2	Laterales Manguera de riego autocompensada c/60 cm	m	67.00	61.20	4,101.00	3.50	14,353.50
3	Mini válvulas 16x16 + Goma 16mm y terminal	Pza	67.00		67.00	9.00	603.00
4	Manómetro de 4 Bares	Pza	1.00		1.00	100.00	100.00
5	Llave de paso PVC 2 1/2"	Pza	1.00		1.00	210.00	210.00
6	Otros accesorios (10% del 1+2+3+4+5)	Glb	1.00		1.00	1,850.65	1,850.65

Fuente: Elaboración propia

4.9. Costos para la implementación de la Aducción

Para poder implementar una hectárea de riego tecnificado costara aproximadamente 20,357.15 bs, sumado a ello se debe realizar aporte para el filtro que tiene un costo de 2,610.00 bs y para la aducción tomando en cuenta las distancias del recorrido de las tuberías, hasta llegar a las áreas consolidadas de vid (Ver Tabla N° 4.18).

Tabla N° 4.18 Costo de las tuberías para la aducción

<u>N° Ítem</u>	<u>ITEM</u>	<u>Unidad</u>	<u>N° de veces</u>	<u>Largo (m)</u>	<u>Total Acumulado</u>	<u>Precio unitario</u>	<u>Precio total Bs</u>
ADUCCIÓN							292,435.20
1	Tuberías PVC CLASE 9	Pza					243,696.00
	Tubería PVC D=6"		1.00	1,126.80	188.00	625.00	117,500.00
	Tubería PVC D=4"		1.00	2,134.30	356.00	271.00	96,476.00
	Tubería PVC D=3"		1.00	955.20	160.00	167.00	26,720.00
	Tubería PVC D=2 1/2"		1.00	144.20	25.00	120.00	3,000.00
2	Varios (20% de 1)	Glb	1.00	1.00	1.00	48,739.20	48,739.20

Fuente: Elaboración propia

Por la predominación de tuberías para la implementación de la Aducción, se requiere 243,696.00 bs para la compra de las tuberías PVC CLASE 9, sumado a ello un 20% del subtotal de las tuberías de un 48,739.00 bs que involucra excavación, relleno, compactado y todos los accesorios necesarios para que se ejecute la Aducción del Sistema, haciendo un total de 292,435.20 bs.

Por lo tanto, el Sistema en su conjunto al ser un Proyecto Integral en beneficio de todos los 20 comunarios requiere de:

$$1. - \text{Sistema de Riego} = 20 * 20,357.15 = \mathbf{407,143.00 \text{ bs}}$$

$$2. - \text{Filtro Azud de 4"} = \mathbf{2,610.00 \text{ bs}}$$

$$3. - \text{Aducción} = \mathbf{292,435.20 \text{ bs}}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Sistema de Riego (1 + 2 + 3)} &= 407,143.00 + 2,610.00 + 292,435.20 \\ &= \mathbf{702,188.20 \text{ bs}} \end{aligned}$$

$$\text{Costos por hectárea} = \frac{702,188.20}{20} = \mathbf{35,109.41 \text{ bs/ha}}$$

Para la implementación del proyecto su presupuesto es de 35,109.41 bs/ha.

4.10. Beneficios para el usuario

Técnicos. - Los beneficios técnicos de este método de riego por goteo son totalmente importantes para la producción, de los cuales se presentan a continuación:

- El gran beneficio para los usuarios del lugar es el de poder incrementar más hectáreas de cultivo, ya que por su rentabilidad del mismo es de vital importancia aumentar áreas de vid, con la misma cantidad de agua que ellos disponen.
- Reduce de manera importante la evaporación del agua en el suelo.
- Permite automatizar completamente el sistema de riego, con los consiguientes ahorros en mano de obra. El control de las dosis de aplicación es más fácil y completo.
- Permite el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego sin pérdidas por lixiviación con posibilidad de modificarlos en cualquier momento del cultivo, es

decir es el sistema más adaptado a la fertirrigación, de esta forma podrán aumentar y mejorar la producción.

Entre otros beneficios que generan mayor rentabilidad en la economía del usuario, tenemos los beneficios **económicos**, para ello se hizo la diferencia del pago por consumo de agua mediante el riego actual que ellos realizan entre el proyecto a presentarse como alternativa de solución.

Actualmente la Institución de San Jacinto cobra como **tarifa estándar de 0.10 bs por cada m³ de agua para riego**, por lo tanto, se hizo un análisis del consumo anual de 1 hectárea (Ver Tabla N° 4.19):

Tabla N° 4.19 Costo de agua para regar 1 ha sin proyecto

SIN PROYECTO		
Rol de turno	1	N° veces/semana
Derecho de agua	1	cm
Hectáreas a regar	1	ha
Caudal para 1cm	2.82	l/s
Horas de riego	11	hrs
Volumen entregado	111.78	m ³
Total a pagar	11.18	bs
Total semanas al año	52	semanas
TOTAL = 581.256		bs

Fuente: Elaboración propia

De tal forma se realizó con la situación con proyecto, ya que se contaba con caudales de demanda y tiempos de riego (Ver Tabla N° 4.20):

Tabla N° 4.20 Costo de agua para regar 1 ha con proyecto

CON PROYECTO		
Caudal de demanda	7.59	l/s
Caudal de demanda	27.34	m ³ /hr
Frecuencia de Riego	2	días

Mes	Días del mes	Tiempo de riego (hrs)	Volumen de entrega (m ³)	Costo bs
AGO	31	1.33	564.14	56.41
SEP	30	2.08	853.97	85.40
OCT	31	2.14	907.16	90.72
NOV	30	2.06	846.67	84.67
DIC	31	1.29	544.75	54.47
ENE	31	0.80	340.44	34.04
FEB	28	0.78	300.40	30.04
MAR	30	0.57	234.65	23.47
ABR	30	0.82	336.44	33.64
TOTAL=				492.86

Fuente: Elaboración propia

Existe una diferencia de 84.79 bs representando un 15.21 % menos, no es un valor significativo, porque actualmente la Institución de San Jacinto está realizando un cobro por dotaciones de agua no cercano a la realidad, haciendo notar que existen pérdidas de dinero por parte de la Institución en cuanto a los cobros por dotaciones de agua para riego.

También se hizo un análisis en cuanto a la significancia del costo del proyecto en función al ingreso que los beneficiarios tienen por el cultivo de la vid.

De acuerdo a un estudio de la zona de San Isidro, donde están involucrados los agricultores de la vid, se pudo recopilar los siguientes datos (Ver Tabla N° 4.21):

Tabla N° 4.21 Costo y rendimiento de la vid para 1 ha

PRODUCTIVIDAD ANUAL DE UVA DE MESA		
Rendimiento	20.80	Tn/Ha
(%) Pérdidas post-cosecha	5	%
(%) Producción Comercializada	95	%
Precio de venta	5,426.73	Bs/Tn

Fuente: Asociación de productores ecológicos de uva de mesa (APECO)

Por ello se evaluó la ganancia que tienen los agricultores por la producción anual de vid en función de ingresos e inversión.

Considerando 25 años de vida por una planta de vid y vida útil del proyecto, de los cuales los primeros 5 años la planta no produce al 100%, a partir del año N° 6 la producción es al 100% hasta el año N° 15, y posterior la productividad baja hasta alcanzar el año N° 25. Por lo tanto, se considera 10 años de producción al 100% (Arlando, 2019).

Tabla N° 4.22 Ganancia por hectárea de vid

CON PROYECTO		
Superficie a producir	20	Ha
Cantidad Producida	416	Tn
Cantidad Comercializada	395.20	Tn
Ingreso	2144,643.70	Bs/Ha
Ingreso Unitario por hectárea anual	107,232.18	Bs
Costos por inversión del producto	42,689.00	Bs
Ingreso neto por hectárea anual	64,543.18	Bs/Ha
Años de producción al 100%	10	años
Ganancia total	645,431.85	Bs

Fuente: Elaboración propia

Con dichos datos se analizó 2 escenarios de cuanto significa la inversión que van a realizar los usuarios para poder ser parte del proyecto.

- Escenario N° 1, los usuarios solo realizan el aporte por el filtro de 130.50 bs más el costo de una hectárea con riego tecnificado, sin tomar en cuenta la aducción, ya que San Jacinto al ser la Institución encargada de todo el sistema de Riego existe la expectativa que ellos lo realicen dicha aducción.

Tabla N° 4.23 Inversión del escenario N° 1

Para 10 años de producción al 100%		
Inversión para Riego Goteo + Aporte del filtro	20,487.65	Bs/Ha
Inversión Anual	2,048.77	Bs/Ha/Año
Porcentaje de inversión anual	3.17	%

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza que la cantidad a aportar, significa un 3.17 % en función a la ganancia que genera el cultivo de la vid.

- Escenario N° 2, los usuarios deben invertir por todo el Proyecto en sí conjunto.

Tabla N° 4.24 Inversión del escenario N° 2

Para 10 años de producción al 100%		
Inversión para el proyecto	35,109.41	Bs/Ha
Inversión Anual	3,510.94	Bs/Ha/Año
Porcentaje de inversión anual	5.44	%

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la inversión es un valor pequeño en función a lo que ellos ganan, por lo tanto, con ello se puede deducir que el proyecto es viable en todos los ámbitos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De acuerdo al análisis realizado en el proyecto, se llegó a las siguientes conclusiones:

- ✓ A base del diagnóstico realizado los derechos de cada comunario son de 1.00 cm a 0.50 cm, y los turnos son durante el día como en la noche, donde en el día se riega el doble que, en la noche, para poder almacenar agua durante la noche y poder regar en el día.
- ✓ Existe un mal control en el registro de datos, para la cobranza de dotaciones de agua, ya que no existían registros de años de algunos comunarios siendo que se regaba, pero no se registraba dicho dato de consumo.
- ✓ Por experiencia de la Institución, el derecho de turno de 1cm, corresponde a una hectárea de riego de vid, por lo tanto, en el sector se irriga una hectárea con un caudal de 7.71 l/s.
- ✓ Existe un mal manejo de dotación de agua en la zona de estudio, debido a la distribución de turnos de cada día, dando la misma cantidad en el mismo tiempo a los comunarios ubicados en la zona alta y alas de la zona baja.
- ✓ Los comunarios de la zona alta son los más beneficiados, riegan más hectáreas por el transporte del agua en corta distancia y los comunarios de la zona baja parte terminal del sistema riegan 50% menos, la mitad se pierde en el recorrido que realiza el agua para llegar a su destino.
- ✓ Para el buen control de las aguas que se dotan se calibro el vertedero en la sección de control, se obtuvo la fórmula calibrada y ajustada de:

$$Q = 0.01388 * L * H^{\frac{3}{2}}$$

- ✓ Actualmente el sistema de riego tradicional irriga 13.787 has, entre vid y un 5% entre hortalizas y otros, de las cuales 6.93 ha son áreas regadas óptimamente, según balance hídrico ABRO 3.1.
- ✓ El sistema de riego actual con riego tradicional presenta un déficit de agua del 24% en el mes de agosto, 52% en el mes de septiembre, 53% en el mes de octubre, 51% en el mes de noviembre y 22% en mes de diciembre.

- ✓ Los meses de mayo a julio la capacidad reservorio que existe en el lugar, no abastece para satisfacer las demandas de los meses de agosto a diciembre.
- ✓ El caudal de oferta disponible durante el día es de 4.10 l/s y en la noche 10.82 l/s en temporada de octubre para un año en condiciones normales, ni año seco ni año húmedo.
- ✓ Mediante regulación horaria determinamos que podemos regar 20 hectáreas mediante riego tecnificado, cambiando usos y costumbres, aumentando de esa manera un área incremental de 13.07 hectáreas, siendo el 288.50 % de área óptima regable.
- ✓ El depósito ideal para poder regar las 20 has, es de 10x10x5 m, ocho veces menor al depósito existente en la zona, bajo las condiciones existentes, para el proyecto se mantendrá el reservorio existente, ya que abastece por demasía su almacenamiento.
- ✓ Cada 2.14 horas se regarán 2 hectáreas de manera simultánea, haciendo las rotaciones 5 veces al día, durante el día N°1 se regará la zona alta y el día N°2 la zona baja.
- ✓ El costo de materiales para la ejecución de una hectárea tipo con riego tecnificado es de 20,357.15 bs, tomando en cuenta materiales existentes en la zona y el precio del filtro para todos los beneficiarios es de 2,610.00 bs.
- ✓ El presupuesto de la Aducción donde predominan las tuberías clase 9, de todo el sistema con proyecto está a 292,435.20 bs, optimizado al máximo e involucrando excavación, relleno, compactado y todos los accesorios necesarios para su ejecución.
- ✓ La preinversión de cada comunarios para ser parte del proyecto es de 35,109.41 bs/ha, para poder beneficiarse del mismo.

5.2. Recomendaciones

Una vez realizado la propuesta de proyecto se deduce las siguientes recomendaciones:

- ✓ Se debe colocar una regla milimétrica en el vertedero de control, para poder medir caudales salientes del reservorio y a la vez usar el vertedero existente como medición de dotaciones de agua, con la ecuación ajustada, mediante un sensor de nivel con acumulador de información para mejorar el control del sistema actual.
- ✓ Se recomienda implementar esta nueva tecnología, con la finalidad de poder optimizar el recurso hídrico.
- ✓ Se sugiere trabajar con goteros autocompensantes, por las variaciones de presión que pueda existir en la zona.
- ✓ Para una mejor distribución de dotación de agua, se debe tomar en cuenta la superficie a regar, ubicación y tiempo de tal forma que se pueda equilibrar un mejor reparto, sin afectar los derechos de turno.
- ✓ Considerar mayor tiempo de riego, para los regantes ubicados en la parte final del sistema Colpanas Blancas para satisfacer las demandas, debido a las pérdidas ocasionadas por el transporte del agua en la situación actual del proyecto.
- ✓ San Jacinto debe de contar con una nueva estructura de control ajustada y calibrada, para que los valores sean reales y a la vez mayor control, más asesoramientos y capacitaciones por la Institución.
- ✓ La Institución de San Jacinto debe garantizar de que llegue el caudal 4.10 l/s día y 10.82 l/s noche en condiciones normales, evitando la manipulación de las tomas de aguas arriba del reservorio sean causales de llegar un caudal menor al mencionado.
- ✓ Se debe colocar un filtro al pie del reservorio, después de la sección de control para todo el sistema de riego.
- ✓ Implementar la aducción del sistema, con tuberías, para reducir perdidas y decrementar el déficit actual con riego tradicional en la zona de estudio.
- ✓ Se debe implementar otros depósitos con la finalidad de poder almacenar el agua restante de los meses marzo, abril, mayo, junio, julio y esta agua ser utilizada en los meses donde existe déficit hídrico.

- ✓ Si no se puede implementar depósitos de almacenamiento, se debe realizar siembras de hortalizas (lechuga, beterrabas, etc.), considerando cultivos resistentes al frío, ya que existe agua durante estos meses que no son aguas aprovechadas.
- ✓ Para el sistema actual considerar otra fuente más para satisfacer el déficit solamente en los meses de agosto a diciembre, época crítica donde los comunarios carecen de oferta, tomando en cuenta las situaciones donde se vacía el reservorio existente.
- ✓ Contar con una asistencia técnica donde puedan recibir un servicio de conocimientos tanto teóricos como prácticos para los usuarios del proyecto, de tal manera que puedan lograr un buen manejo y mantenimiento del sistema, entendiendo al sistema como la integridad de los recursos para conseguir una producción buena considerando al recurso humano, agua, suelos y semillas.
- ✓ Realizar topografía real de las áreas de cultivo para poder realizar un proyecto solvente a diseño final y puesto en construcción.
- ✓ Se recomienda continuar este proyecto a diseño final para poder tomarlo como modelo tipo en el sistema de riego del Proyecto Múltiple San Jacinto.