

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA**



**“COMPARACIÓN DE PRESIONES DE DISEÑO Y EN OBRA DE
LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR
ASPERSIÓN COMUNIDAD ANGARA BAJO-LAMPA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

OBED ISAI PARI MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TOPÓGRAFO AGRIMENSOR

PROMOCIÓN: 2014 - II

PUNO - PERÚ

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA**

“COMPARACIÓN DE PRESIONES DE DISEÑO Y EN OBRA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN COMUNIDAD ANGARA BAJO-LAMPA”

TESIS

PRESENTADA POR:

OBED ISAÍ PARI MAMANI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO TOPÓGRAFO AGRIMENSOR
FECHA DE SUSTENTACIÓN: 16 DE ABRIL DE 2018**



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

- PRESIDENTE : 
M.Sc. Valeriano Condori Apaza
- PRIMER MIEMBRO : 
Dr. Victor Andrés Gonzales Gonzales
- SEGUNDO MIEMBRO : 
Ing. Victor Raúl Banegas Layme
- DIRECTOR DE TESIS : 
Ing. Victor Cipriano Flores Flores
- ASESOR DE TESIS : 
Ing. Arturo Joels Ventura Mamani
- ASESOR DE TESIS : 
Ing. William Fredy Condon Canahua

PUNO – PERÚ

2018

Área: Ciencias Naturales

Tema: Topografía, Geodesia, Cartografía y Catastro

DEDICATORIA

A mi padre Juan Francisco y a mi madre Martha, quienes velaron por mi desarrollo profesional.

A mis hermanos Abram, Zulema, Susana y Roxana, quienes supieron comprender la importancia de la realización de este trabajo de investigación

A mis seres queridos, quienes día a día me dieron su voz de aliento para emprender esta tarea.

Obed

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano por ser Alma Mater que me albergó durante mi vida estudiantil.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, por ser ejemplo de dedicación y sapiencia. En especial al Ing. Arturo Ventura Mamani, Ing. Víctor Raúl Banegas Layme, Ing. Valeriano Condori Apaza.

A mis jurados y director de investigación, quienes consolidaron aspectos importantes de la investigación.

Obed

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	8
ABSTRACT.....	9

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD DEL PROBLEMA	11
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2.1. Problema General.....	13
1.2.2. Problemas Específicos	13
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACION	13
1.4. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	15
1.5. VIABILIDAD DEL ESTUDIO.....	16
1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6.1. Objetivo General.....	17
1.6.2. Objetivos Específicos.....	17

CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	18
2.2. BASES TEÓRICAS	19
2.2.1. El agua	19
2.2.2. Tipos de riego	20
2.2.3. Definición de riego presurizado.....	21
2.2.4. Objetivos de riego	22
2.2.5. Eficiencia de riego	22

2.2.6. Eficiencia de conducción	24
2.2.7. Eficiencia de distribución	25
2.2.8. Levantamiento topográfico	25
2.2.9. Función del levantamiento topográfico	29
2.2.10. Instrumentos utilizados	30
2.2.11. Levantamiento topográfico en redes de distribución de agua para riego en zona rural	35
2.2.12. Software de modelación hidráulica y WATERCAD	37
2.2.13. WaterCAD	37
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	41
2.4. FORMULACIÓN DE HIPOTESIS	42

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO	43
3.2. POBLACIÓN	43
3.3. MUESTRA	44
3.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	44
3.4.1. Variable Independiente	44
3.4.2. Variable Dependiente.....	45
3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCION DE DATOS.....	46
3.5.1. Técnicas para el procesamiento de la información	46
3.5.2. Instrumentos de Recolección de Datos	46

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis comparativo de presiones mediante Watercad y mediciones de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo.....	54
4.1.1. Datos tomados en campo	54
4.1.2. Datos de cálculo hidráulico según Watercad	55
4.1.3. Diferencia de presiones de agua del Diseño WaterCAD y de las mediciones realizadas en campo (área de investigación) con instrumentos (balde hidráulico).	59
4.1.4. Resultados de compensación de las diferencias encontradas en las mediciones de las presiones mediante el Diseño WaterCAD y en el área de investigación (en campo).....	61



4.1.5. Prueba de hipótesis	62
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS.....	66
ANEXOS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de Ubicación.....	49
Figura 2. Mapa Satelital.....	50
Figura 3. Ventana de Bentley WaterCAD	50
Figura 4. Ingreso de información.....	51
Figura 5. Gráfica de nodos.....	51
Figura 6. Presión en metros columna de agua de datos tomados en campo	54
Figura 7. Presión en metros columna de agua según WaterCad.....	55
Figura 8. Cota Terreno (elevación al punto).....	57
Figura 9. Caudal del flujo	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población	43
Tabla 2. Matriz de Operacionalización de variables.....	45
Tabla 3. Nodos y tiempos	48
Tabla 4. Prueba Anova.....	53
Tabla 5. Presión en metros columna de agua de datos tomados en campo	54
Tabla 6. Presión en metros columna de agua según WaterCad	55
Tabla 7. Cota Terreno (elevación al punto)	56
Tabla 8. Caudal del flujo.....	57
Tabla 9. Mediciones en campo	59
Tabla 10. Mediciones mediante Watercad.....	59
Tabla 11. Comparación de presiones en metros columna de agua	60
Tabla 12. Correlación Pearson entre datos de cálculo hidráulico según Watercad datos tomados en campo	60
Tabla 13. Estadísticos de datos hallados según WaterCad y datos de campo	61
Tabla 14. Análisis Anova.....	62

RESUMEN

La investigación sobre el problema de presiones de diseño y en obra de la red de distribución de sistema de riego, fue ejecutada en la Comunidad Angara Bajo, Lampa, en el año 2016. Se planteó como objetivo: comparar las presiones mediante WaterCAD y mediciones de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo. En relación a la metodología se trata de una investigación con un nivel aplicativo, ya que se utilizó un software denominado WaterCAD, el diseño fue comparativo, ya que se analizó los datos de ambas variables, con la finalidad de determinar la precisión de procedimientos y efectividad en cuanto a los resultados. Los métodos utilizados fueron el hipotético y deductivo, porque se plantearon hipótesis y se infirieron resultados. En cuanto a la muestra, se trabajó con 4 líneas y 8 nodos, que se repitieron en los cálculos de las dos propuestas. Se arribó a la siguiente conclusión: Los cálculos de las presiones mediante WaterCad y mediciones en campo de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo, presentan diferencias poco significativas, ya que las presiones más altas en ambos casos se ubican en los mismos nodos. Así en el nodo 159 se ubican las presiones de 40 y 39 presión metros columna de agua. Sin embargo, la precisión y efectividad se encuentra cuando se usa el software WaterCAD, ya que según la prueba, el P-valúe (Probabilidad de error) es de 0,00 que es menor al nivel de significancia 0,05. Se sugiere utilizar software como Watercad para realizar trabajos con mayor exactitud en la comparación de las presiones, en otros contextos y con otros datos.

Palabras clave: Cota, flujo, mediciones, presiones, Watercad.

ABSTRACT

The research on the problem of design and on-site pressures of the irrigation system distribution network was carried out in the Angara Bajo, Lampa Community, in 2016. The objective was to: compare the pressures using WaterCAD and measurements of the distribution network in the Angara Bajo Community. In relation to the methodology, it is a research with an application level, since a software called WaterCAD was used, the design was comparative, since the data of both variables was analyzed, in order to determine the accuracy of procedures and effectiveness in terms of results. The methods used were the hypothetical and deductive, because hypotheses were raised and results inferred. As for the sample, we worked with 4 lines and 8 nodes, which were repeated in the calculations of the two proposals. The following conclusion was reached: The calculations of the pressures by WaterCad and field measurements of the distribution network in the Angara Bajo Community, present insignificant differences, since the highest pressures in both cases are located in the same nodes. Thus, in node 159, the pressures of 40 and 39 meters of water pressure are located. However, the accuracy and effectiveness is found when using the WaterCAD software, since according to the test, the P-value (Probability of error) is 0.00 which is less than the level of significance 0.05. It is suggested to use software such as Watercad to perform more accurate work comparing pressures, in other contexts and with other data.

Keywords: Dimension, flow, measurements, pressures, Watercad,

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la investigación: “Comparación de presiones mediante Watercad y mediciones de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo”, se abordaron aspectos relacionados a la comparación de dos métodos para calcular presiones.

En lo que concierne a la organización de la investigación, en el capítulo I, se describe el problema de investigación, indicando evidencias objetivas que demuestran su validez. Luego se formula el problema definiéndolo de manera general y específica. Los objetivos señalan el propósito de la investigación en lo que concierne a la medida de presiones de metros columna de agua.

El capítulo II tiene una serie de apartados que están vinculados a la teorización de la investigación. Inicialmente se da cuenta de los diferentes antecedentes que preceden al trabajo, de forma concreta y objetiva, luego se construye un marco teórico vinculado a las variables de investigación, también se establece la definición de términos básicos. Se concluye el capítulo con la construcción de hipótesis que más adelante han sido confirmadas.

En el capítulo III, se procede a sistematizar el diseño metodológico para el tratamiento de datos, explicando el tipo y diseño de investigación, haciendo hincapié en las técnicas e instrumentos de investigación, la población y muestra, el plan de recolección y tratamiento de datos y el diseño estadístico.

En el capítulo IV, se muestra los resultados de la investigación a través del análisis e interpretación de los datos recogidos y el mismo proceso de relación entre ambas variables de estudio con sus respectivas dimensiones.

La investigación culmina con el planteamiento de las conclusiones de forma coherente y obedeciendo a lo planteado en las definiciones, objetivos e hipótesis. También se realizan recomendaciones que sean útiles no sólo a la población beneficiaria, sino también a poblaciones pertenecientes a otras realidades. Igualmente se da cuenta de las referencias bibliográficas según el estilo A.P.A. (American Psychological Association) y finalmente, se exponen los anexos que han servido para recoger información de la investigación.

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD DEL PROBLEMA

La información topográfica para la elaboración de proyectos de riego tecnificado que incluye planos de ubicación con curvas de nivel, indicando la ubicación y detalles de los servicios existentes y cualquier referencia importante, requiere del uso de softwares actuales, con la finalidad de facilitar la sistematización de datos.

En cuanto al procesamiento de medición de presiones, los softwares antiguos no indican cálculos exactos ni información amplia, en relación a las expectativas profesionales de Topografía y Agrimensura, evidenciándose la ausencia de un recurso tecnológico más desarrollado.

En esta perspectiva, el Diseño WaterCAD, es un recurso útil para determinados cálculos en diseños de riego; sin embargo, su regular difusión, aún no ha permitido que su manejo se estandarice. En consecuencia, se requiere el uso en toda obra de riego.

En cuanto a la utilidad del software WaterCAD en el procesamiento de medición de presiones, permite obtener resultados aproximados con un nivel de significancia aceptable en relación a las mediciones realizadas en campo; además establecer las compensaciones en cuanto a las diferencias encontradas respecto a l cálculo del software y las mediciones en campo.

También es tedioso procesar información validada con métodos clásicos para realizar el reconocimiento general delas presiones de riego, en cuanto al los procedimientos de instalación de tuberías, válvulas e hidrantes en el terreno de estudio y la evaluación de sus características.

En cuanto a la red distribución el uso del software WaterCAD nos da un cálculo aproximado de confiabilidad a los cálculos o mediciones que se realizó en el área de investigación, tomando en cuenta datos reales que a veces no coinciden en campo, generando consecuencias como una menor área de riego.

El diseño de las redes de distribución debe proyectarse en circuito abierto. Su dimensionamiento debe realizarse en base a cálculos hidráulicos que aseguren caudal y presión adecuado en cualquier punto de la red debiendo garantizar en lo posible una mesa de presiones paralela al terreno.

Por otro lado la complejidad también pasa por el análisis hidráulico del sistema de distribución, para ello puede utilizarse el método de Hardy Cross o cualquier otro equivalente. Para el cálculo hidráulico de las tuberías, puede utilizarse fórmulas racionales. En caso de aplicarse la fórmula de Hazen y Williams, deben utilizarse los coeficientes de fricción. Para el caso de tuberías no contempladas, se deberá justificar técnicamente el valor utilizado del coeficiente de

fricción. Las tuberías y accesorios a utilizar deberán cumplir con las normas técnicas peruanas vigentes y aprobadas por el ente respectivo.

Finalmente, con la finalidad de optimizar resultados se propone utilizar el software WATERCAD haciendo una comparación con las mediciones realizadas en campo de la red de distribución (línea matriz) en riego tecnificado en la Comunidad de Angara Bajo. Por ello se plantean las siguientes interrogantes:

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿Cuáles son los resultados de la comparación de presiones mediante WaterCAD y mediciones de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Cuál es la diferencia de presiones de agua del Diseño WaterCAD y de las mediciones realizadas en campo (área de investigación)?

¿Cómo se determina el método de compensación de las diferencias encontradas en las mediciones de las presiones mediante el Diseño WaterCAD y en el área de investigación?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACION

La presente investigación es original porque el problema que se plantea busca aportar aspectos novedosos (Portillo & Roque, 2003, pág. 24); es decir, se propone algo distinto, innovador y creativo.

La investigación es creativa porque contiene el estilo del tesista y aportes innovadores, considerando renovar la ciencia a través de nuevas discusiones, nuevas alternativas de estudio y potencialidad, intentando abrir nuevos caminos para su discusión.

El problema de investigación es vigente (Portillo & Roque, 2003), se establece un lazo de diálogo entre el investigador autor y el investigador lector, desprendiéndose la necesidad de su contemporaneidad en el tiempo y en el ambiente. Es decir, lo "actual" se encuentra en esa actitud, siempre implícita en toda investigación objetiva, de problematizar el propio discurso científico (Gomez, 1992).

La investigación fue factible de realización porque se contó con disponibilidad de recursos financieros, humanos y materiales, los cuales determinaron, en última instancia, los alcances de la investigación (Rojas, 2013, pág. 79).

Dependiendo de las particularidades del problema y del proceso de investigación, puede considerarse alternativamente una viabilidad legal, técnica, financiera, de gestión, económica, institucional y medioambiental.

El impacto de la investigación está relacionado con la trascendencia, alcance, y proyección de la investigación. Se evidencia de dos maneras: cuando busca dar un aporte para ampliar el conocimiento científico del problema y cuando la investigación busca contribuir al bienestar social del hombre (Portillo & Roque, 2003, pág. 24).

La investigación es práctica porque su aporte de información puede resolver problemas, en el levantamiento topográfico a través del uso de software efectivos, lo cual evita consecuencias negativas; previene y corrige errores; reduce costos; mejora la eficacia y eficiencia; aporta con nueva tecnología y procesos (Vara, 2012).

También aporta teóricamente al conocimiento científico por entender los problemas, con adaptaciones teóricas a nuevos contextos, entender problemas antiguos con nuevas formas creativas, ampliar conceptos o corregir ambigüedades en la teoría, nuevas aplicaciones de conceptos y teorías a otras realidades, etc. (Vara, 2012).

Metodológicamente la investigación es importante por su aporte de nuevos instrumentos de medición, nuevas técnicas de análisis, herramientas de evaluación, manuales de procedimientos, adaptaciones a instrumentos previos, adaptaciones, innovaciones tecnológicas, nuevos esquemas de operaciones, modelos de capacitación, etc. (Vara, 2012).

1.4. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

De carácter bibliográfico

Una de las debilidades es la escasa bibliografía en lo concerniente a las presiones de diseño y en obra de una red de distribución de sistema de riego, por ser una propuesta innovadora, citada en pocos libros, artículos científicos y editoriales internacionales.

De carácter metodológico

Se opta por el método hipotético-deductivo, hecho que significa ceñirse a determinados esquemas epistemológicos rígidos, ya que este método consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos. Es decir, no se puede trabajar fuera de este esquema, si así fuera, la investigación sería catalogada como arbitraria y anómala.

De carácter formalizador-exploratorio:

Para identificar la existencia real del problema, no se acudió a la aplicación actual de un instrumento exploratorio (diagnóstico), sino sólo se utilizó los datos que evidenciaban problema en la zona de obra de la red de distribución de sistema de riego, es decir en la Comunidad Angara Bajo, Lampa.

De carácter cronológico

El tiempo utilizado fue corto para realizar la formalización de la idea-problema, para la profundización de la idea a través del trabajo de campo (datos empíricos observando, midiendo y registrando los indicadores y variables de estudio) y para el procedimiento analítico de la idea-problema de investigación.

1.5. VIABILIDAD DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación está íntegramente relacionado con la actividad topográfica, y es una fuente de desarrollo del país en lo económico, infraestructuras y desarrollo social, de la misma manera es importante a nivel local, debido a que la Comunidad Angara Bajo, requiere de este sistema para cubrir las necesidades que tiene.

1.6.OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Objetivo General

Comparar las presiones mediante WaterCAD con las mediciones de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo.

1.6.2. Objetivos Específicos

Determinar la diferencia de las presiones de agua con el Diseño WaterCAD y las mediciones realizadas en campo (área de investigación).

Analizar métodos de compensación de las diferencias encontradas en las mediciones de las presiones mediante el Diseño WaterCAD en el área de investigación (en campo).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

Gómez, asegura en su investigación que el levantamiento topográfico se refiere al establecimiento de puntos de control horizontal y vertical. En efecto, se requiere por una parte una cantidad suficiente de puntos de control vertical e igualmente suficientes puntos de control horizontal para los casos de verificación y replanteo en el desarrollo del proyecto y posterior construcción (Gómez, 2010).

Por su parte, Pastor & Vigil, señala en su investigación que el diseño de proyectos, ejecución de las obras y replanteo de las mismas de las diversas áreas de desarrollo como la construcción, minería, agricultura, etc. deben tener como herramienta necesaria y básica un levantamiento topográfico para representar gráficamente el terreno sobre el cual se construirá tanto en su forma planimétrica como en su forma altimétrica en una relación de semejanza o una escala determinada (Pastor & Vigil, 2012).

Anchapuri, en el estudio: “Determinación del diámetro óptimo en redes de distribución de agua potable por el Método Hardy Cross en el centro poblado de Lampa Putuma Pomata-Chucuito-Puno”, planteó como objetivo: determinar el diámetro óptimo en redes de distribución de agua potable por el método Hardy-Cross en el Centro Poblado de Lampa Putuma Distrito de Pomata. En cuanto a la metodología, se cuenta con el método Hardy Cross método iterativo de cálculo de caudales en los tramos de la red de distribución mallada y el software waterCAD, herramientas con los que se realizó la modelación para el diseño económico de redes de distribución y posteriormente minimizar los costos de construcción, operación y de mantenimiento de dichos sistemas

que cumplan con los requerimientos hidráulicos (como la velocidad de flujo, caudal demandado, y presiones requeridas), alcanzando a la siguiente conclusión: Se determinó la eficiencia del diseño de sistema en agua potable con los diámetros óptimos en el Centro Poblado de Lampa Putuma. Se hizo el análisis de velocidad, presión y caudal en los tres diámetros 2", 2.5" y 3" mediante la modelación del software waterCAD el cual determino cumpliendo restricciones de presión dinámica de 10m columna de agua y con presión estática máxima de 50m columna de agua de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones. Así considerándose los diámetros óptimos de 0.5", 1", 1.5", 2" y 3", que cumple con la eficiencia hidráulica y a la vez se obtuvo los resultados del paquete estadístico llegando a un resultado (Anchapuri, 2018).

2.2.BASES TEÓRICAS

2.2.1. El agua

Vásquez (1992) indica que el agua es un recurso natural que constituye un elemento fundamental para la vida en general y, por tanto, es un bien invaluable para la humanidad.

Una actividad indispensable que el hombre tiene que realizar para conseguir sus alimentos es la agricultura, y esto solo se hace con agua de buena calidad cualquiera que sea su origen o fuente.

Frente a la necesidad de alimentar a una población en constante crecimiento, la agricultura actual, requiere ser eficiente técnica, social y económicamente y para lo cual necesita entre tantos aspectos, de un buen manejo de los recursos que usa indudablemente del agua. Para lo cual se requiere a su vez conocer los principios científicos del riego y el dominio de las prácticas correspondientes para captar,

conducir, regular y usar el agua, con la finalidad de conseguir, no sólo su ahorro, sino el máximo beneficio social y económico dentro del contexto espacial socio-económico. Todo lo antes mencionado, tiene aún más validez en un país como el nuestro, con características de semi aridez en gran parte de su territorio, así mismo sometido a periodos frecuentes de sequía, con grandes repercusiones de orden económico social y político.

En otras palabras, el recurso agua, no sólo es importante para la supervivencia humana, sino para que gocen de calidad de vida, de una distribución como derecho humano.

2.2.2. Tipos de riego

a) Riego por Gravedad

El riego por gravedad, también llamado riego de superficie, consisten en la distribución del agua a través de canales o surcos, que se disponen a lo largo del área de cultivo.

Para realizar este tipo de riego, el agricultor debe contar con un embalse o estanque lo suficientemente grande. En él se acumula toda el agua, que por medio de largas acequias se dirigirá a los puntos de riego (Gurovich, 2009).

Una vez se discurra el agua por los canales, la fuerza de gravedad se encarga de distribuirla a través de la superficie del sembradío.

b) Riego por Aspersión

Este tipo de riego consiste en conducir el agua a través de aspersores que humedecen el terreno de forma similar a como lo haría la lluvia (Berlinjn, 2007).

Actualmente existe una gran variedad en sistemas de riego por aspersión, los hay móviles, fijos y autopropulsados.

Estos, en su mayoría, pueden instalarse en cualquier tipo de topografía, lo que es una importante ventaja. Sin embargo, cabe señalar que en el caso de la aspersión, el viento puede ser un factor limitante.

Se recomienda su instalación en terrenos con vientos menores a 15 km/hr, sobre todo en cultivos frutales y de hortalizas.

c) Riego por goteo

Es un riego utilizado en su mayoría en zonas áridas. Consiste en distribuir el agua generalmente ya filtrada y con fertilizantes sobre o dentro del suelo. De esta manera el agua llega directamente a la zona de raíces de las plantas cultivadas (Gómez J. , 2010).

La distribución se realiza por una red de tuberías generalmente de plástico, ya sea de polietileno o PVC hidráulico en las líneas principales. En las líneas laterales se realiza con tubería flexible o rígida de polietileno.

2.2.3. Definición de riego presurizado

El riego presurizado es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil del suelo para reponer en este, el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos. El riego presurizado o a presión es un medio de aplicar agua artificialmente a los cultivos para complementar la acción de la lluvia. También define más concretamente, como un medio artificial de aplicar el agua a la zona

radicular de los cultivos de forma que esta pudiera ser utilizada al máximo (Gurovich, 2009).

El riego presurizado es una medida para satisfacer las necesidades de humedad de la planta, cuando otras medidas no logren un balance entre el agua disponible y la demanda. Las necesidades de riego dependen del desequilibrio que existe el agua disponible y el agua que la planta consume (Berlinjn, 2007).

2.2.4. Objetivos de riego

Los objetivos del riego son:

- Proporcionar la humedad necesaria para que los cultivos puedan desarrollarse normalmente.
- Asegurar las cosechas de corta duración.
- Refrigerar el suelo y la atmósfera para de esta forma mejorar las condiciones ambientales para el desarrollo vegetal.
- Resolver sales contenidas en el suelo.
- Reducir la probabilidad de formación de drenajes naturales.
- Dar tempero a la tierra (Israelsen & Hansen, 1999).

2.2.5. Eficiencia de riego

La eficiencia de riego es la proporción del agua total que se aplica al terreno que es utilizado por el cultivo.

La eficiencia de riego está dada por la relación entre el volumen de agua transpirado por las plantas y evaporado del suelo de una unidad de área, más la cantidad de agua necesaria para regular la concentración de sales en el suelo de dicha área, menos la precipitación efectiva por una parte, y el volumen de agua por unidad de área que es derivado por el riego, por otra (Vasquez & Chang, 1992).

Dentro de la eficiencia de riego, están incluidas las eficiencias de conducción, aplicación y distribución.

$$E_r = E_c * E_d * E_a * 100$$

Donde:

E_r = Eficiencia de riego

E_c = Eficiencia de conducción

E_d = Eficiencia de distribución

E_a = Eficiencia de aplicación.

Los parámetros fundamentales que deben establecerse en todo proyecto de factibilidad o evaluación de recursos productivos de la agricultura, en los cuales el riego juegue un papel importante, es la tasa de riego, o volumen de agua que debe utilizarse, por unidad de superficie, para lograr el rendimiento económico óptimo de los cultivos (Gurovich, 2009).

2.2.6. Eficiencia de conducción

Este rendimiento, es la relación del volumen del agua suministrada; dividido sobre el volumen de agua tomada del río o embalse con destino al área multiplicado por cien (Israelsen & Hansen, 1999); cuya relación es la siguiente:

$$E_c = \frac{W_t}{W_r} * 100$$

Donde:

E_c = Rendimiento del transporte y suministro

W_t = Volumen de agua suministrada

W_r = Volumen de agua tomado del río, embalse o caída.

La eficiencia de conducción, está definida por la relación entre el volumen de agua entregado a nivel de cabecera (V_e) y el volumen de agua captada de la fuente (V_o) (Vasquez & Chang, 1992); entonces la eficiencia de conducción es:

$$E_c = \frac{V_e}{V_o} * 100$$

Entre los factores más importantes que influyen la magnitud de la eficiencia de conducción se tiene:

- Caudal conducido en el canal
- Pendiente del canal
- Rugosidad o resistencia hidráulica

- Forma del canal
- Permeabilidad del material del canal.

2.2.7. Eficiencia de distribución

Otra característica importante del riego es la distribución uniforme del agua de riego en la zona radicular (Vasquez & Chang, 1992).

La fórmula que expresa el grado de uniformidad de la distribución es la siguiente:

$$Ed = 100(1 - \frac{y}{d})$$

Donde:

Ed = Rendimiento de la distribución del agua

y = Desviación media de la cantidad que mide el espesor de la capa de agua almacenada, del valor del espesor medio de la capa almacenada durante el riego.

d = Espesor de la capa de agua almacenada durante el riego.

2.2.8. Levantamiento topográfico

Desde el punto de vista hidrográfico, el Levantamiento Topográfico consiste de una serie de actividades llevadas a cabo con el propósito de describir la composición de aquellas partes de la superficie de la tierra que sobresalen del agua. Incluye el relieve de la costa y la ubicación de accidentes y características naturales o artificiales permanentes. Tal información es obtenida en parte al determinar la

posición de los puntos del terreno, que permiten obtener su forma, como así también los detalles de los accidentes a ser mostrados, permitiendo su ubicación y descripción en la carta. Otros tipos de datos incluyen los procesos de sensor a distancia de la información fotogramétrica aérea, y otros sensores aerotransportados o productos de imagen satelital (García, 2015).

En estos casos es necesario crear puntos de control de campo para ajustar la información al marco de referencia en uso. El término topografía a menudo tiene otras aplicaciones, por ejemplo en oceanografía se utiliza para representar superficies del fondo marino o límites de algunas características de las masas de agua. Todos estos significados comparten una descripción externa común de superficies que cubren un cuerpo físico.

El Levantamiento Topográfico es el conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano. Este plano resulta esencial para situar correctamente cualquier obra que se desee llevar a cabo, así como para elaborar cualquier proyecto técnico. Si se desea conocer la posición de puntos en el área de interés, es necesario determinar su ubicación mediante tres coordenadas que son latitud, longitud y elevación o cota. Para realizar levantamientos topográficos se necesitan varios instrumentos, como el nivel y la estación total (Querol, 2015).

El levantamiento topográfico es el punto de partida para poder realizar toda una serie de etapas básicas dentro de la identificación y señalamiento del terreno a edificar, como levantamiento de planos (planimétricos y altimétricos), replanteo de planos, deslindes, amojonamientos y demás (Querol, 2015). Existen dos grandes modalidades:

- Levantamiento topográfico planimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener los puntos y definir la proyección sobre el plano de comparación.
- Levantamiento topográfico altimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener las alturas respecto al plano de comparación.

La realización de un levantamiento topográfico de cualquier parte de la superficie de la tierra, constituye una de las actividades principales de la labor cotidiana de los topógrafos. En todo trabajo han de utilizarse los métodos fundamentales de la topografía, la intersección, el itinerario y la radiación, aprendiendo a escalonarlos adecuadamente unos con otros y evitando la acumulación de errores (García, 2015).

Todo levantamiento topográfico tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la denominación de “geodesia” para áreas mayores. Sin embargo, debemos puntualizar que en la topografía clásica, para dar coordenadas a un punto, no se utiliza directamente un sistema cartesiano tridimensional, sino que se utiliza un sistema de coordenadas esféricas que posteriormente nos permiten obtener las coordenadas cartesianas (Berlinjn, 2007).

La altimetría utiliza métodos y procedimientos que determinan la altura o cota de cada punto. Se realiza sobre un plano de referencia, sobre el nivel medio del mar en Alicante (para el territorio español) y sirve para la representación del relieve terrestre, es decir para el curvado de los planos.

Los mapas topográficos utilizan el sistema de representación de planos acotados, mostrando la elevación del terreno y utilizando líneas que conectan los puntos con la misma cota respecto de un plano de referencia, denominadas “curvas de nivel”, en cuyo caso se dice que el mapa es hipsográfico. Dicho plano de referencia puede ser o no el nivel medio del mar, pero en caso de serlo se hablará más propiamente de “altitudes” en lugar de “cotas” (Vasquez & Chang, 1992).

Antes de concretar la delimitación de la zona donde vamos a realizar el levantamiento, o bien cuando éste sea muy extenso en superficie o en forma lineal, como hemos comentado, debemos situarnos dentro de un contexto general más amplio, para lo cual debemos proceder a situar nuestro levantamiento dentro del campo de la Geodesia.

La práctica de la Geodesia se basa en una serie de puntos denominados “vértices geodésicos”, que a su vez forman redes de triángulos. Estas redes se denominan de “triangulación” y por su importancia y tamaño son denominadas de primero, segundo y tercer orden. La de primer orden suele tener las distancias mayores; son los triángulos básicos, donde nos apoyamos con las posteriores de segundo y tercer orden. Esta red de tercer orden es la que sirve con mayor asiduidad, por lógica, de apoyo a la red topográfica, aunque podamos -para la situación inicial- apoyarnos en cualquier vértice que tengamos dentro de la zona de influencia del trabajo (Gurovich, 2009).

Utilizando, pues, ésta o la que nos convenga, por medio de la técnica de varios itinerarios entre los diversos vértices, realizaremos lo que denominamos “poligonal o poligonación”. Esta poligonal, que calculamos y compensamos por los diferentes métodos existentes en topografía, nos permite obtener una red de puntos

de apoyo o base de orden menor, desde la que pasamos a otra más densa denominada “de relleno”, desde donde, por medio de la radiación y del itinerario, tomaremos todos los detalles del terreno

El diseño de proyectos, ejecución de las obras y replanteo de las mismas de las diversas áreas de desarrollo como la construcción, minería, agricultura, etc. deben tener como herramienta necesaria y básica un levantamiento topográfico para representar gráficamente el terreno sobre el cual se construirá tanto en su forma planimétrica como en su forma altimétrica en una relación de semejanza o una escala determinada (Pastor & Vigil, 2012).

Hoy en día y con el avance vertiginoso de la tecnología, existen equipos electrónicos como el teodolito electrónico, la estación total, el nivel láser rotatorio, fotografía aérea, GPS y otros que conectados a un computador y con el software adecuado procesan la información para proporcionarnos una representación de la zona levantada con pequeñísimos márgenes de error, en menor tiempo, en modelos tridimensionales y con diversos recursos de visualización, etc. para trabajos más exactos y eficientes.

Antes de iniciar el trabajo, se hizo el reconocimiento general del terreno, identificando algunos linderos, ubicación del BM.

2.2.9. Función del levantamiento topográfico

Permite trazar mapas o planos de un área, en los cuales aparecen:

- Las principales características físicas del terreno, tales como ríos, lagos, reservorios, caminos, bosques o formaciones rocosas; o también los diferentes

elementos que componen la granja, estanques, represas, diques, fosas de drenaje o canales de alimentación de agua.

- Las diferencias de altura de los distintos relieves, tales como valles, llanuras, colinas o pendientes; o la diferencia de altura entre los elementos de la granja. Estas diferencias constituyen el perfil vertical.

2.2.10. Instrumentos utilizados

Teodolito

El Teodolito constituye el más evolucionado de los goniómetros. Con él es posible realizar de las más simples operaciones hasta levantamientos y replanteos muy precisos (Gómez V. , 2010).

El teodolito recibe también el nombre de “instrumento universal” por la gran variedad de aplicaciones que de su uso se pueden obtener. Cabe emplearla para medir y tomar ángulos horizontales, acimutes, ángulos verticales, desniveles y distancias, así como para prolongar alineaciones. Aunque los teodolitos difieren mucho entre sí en detalles de construcción, sus partes esenciales son análogas en todos. Los de modelo anticuado, pero muy en uso, por no estar blindado, como los modernos, se presta muy bien a la descripción y localización de sus piezas principales; la sección vertical del mismo aparato que consiste, fundamentalmente en una plataforma superior o alidada, que lleva unidos dos soportes en forma de A para el anteojo, y en otra plataforma inferior a círculo acimutal a la que va fijado un círculo graduado. La plataforma superior y la inferior son solidarias, respectivamente, de un gorrón interior y de un eje exterior, ambas verticales, cuyos ejes geométricos coinciden y pasan por el centro del círculo graduado (Gómez V. , 2010).

a) Características principales de los teodolitos:

Según Berlinjn (2007), se tienen las siguientes características:

- El centro del instrumento puede colocarse exactamente sobre un punto del terreno aflojando los tornillos nivelantes y corrientes lateralmente el teodolito en la dirección necesaria;
- El aparato puede nivelarse por media de los tornillos nivelantes;
- El anteojo puede girar alrededor de un eje horizontal y uno vertical;
- Cuando se afloja el tornillo de sujeción superior y se gira el anteojo alrededor del eje vertical no se produce movimiento relativo alguno entre los nonios y el círculo acimutal;
- Cuando se aprieta el tornillo de sujeción inferior, y se afloja el superior, toda rotación del anteojo alrededor del eje vertical hace que gire también el círculo portanonios, pero el círculo acimutal no cambia de posición;
- Cuando se aprieten ambos tornillos de sujeción, el anteojo no puede girar alrededor del eje vertical;
- El anteojo puede girar alrededor del eje horizontal, y puede fijarse en cualquier dirección dentro de un plano vertical, por medio de sus tornillos de sujeción y de coincidencia;
- Se puede nivelar el anteojo mediante el nivel tubular unido al mismos, por lo cual puede emplearse como equialtimetro (nivelación geométrica)

- Por medio del círculo vertical y del nonio se pueden medir, ángulos verticales, y de aquí que el teodolito pueda emplearse para hacer nivelaciones trigonométricas;
- Valiéndose de la declinatoria, pueden determinarse rumbos magnéticos.
- Por medio del círculo acimutal y su nonio se pueden medir ángulos horizontales.

b) Manejo y aplicaciones del teodolito

El modo de tomar rumbos magnéticos con el teodolito es el mismo que con la brújula de agrimensor. El teodolito puede servir para hacer nivelaciones geométricas (por alturas), de igual manera que con un equialtímetro, calando la burbuja del nivel del anteojo cada vez que se hace una lectura de mira (Gurovich, 2009).

El anteojo puede dar la vuelta complete alrededor de su eje horizontal; este gira es llamado “vuelta de campana”. Cuando el nivel del anteojo está abajo, se dice que este último está en “posición normal o directa”, y cuando el nivel está arriba, se dice que el anteojo está in vertido (Gurovich, 2009).

- Instalación del teodolito

La instalación se realiza mediante los siguientes pasos:

- *Primer paso:* Se coloca el trípode sobre el punto de estación con la mayor aproximación posible, se monta el Taquímetro sobre el trípode y se clava una de las patas del trípode fuertemente en el terreno.
- *Segundo paso:* Girando sobre la pata fija con las otras dos visando que la cruz de la plomada óptica quede lo más cercano al punto sobre la estaca, se fijan al

terreno las otras dos patas, cuidando que la base nivelante del aparato esté en una posición cercana a la horizontal.

- *Tercer paso:* aflojando el tornillo de sujeción del Taquímetro, desplazamos sobre la cabeza del trípode el aparato hasta que quede perfectamente centrado y apretamos de nuevo el tornillo de sujeción.

- *Cuarto paso:* Utilizando las correderas de las patas en el sentido que sea necesario, llevamos al centro la burbuja del nivel circular de la base del aparato. Revisamos en estos momentos si no se descentró el aparato. Si así fuese, la cantidad será casi nula en la medida que hayamos dejado horizontal el aparato en el segundo paso. Repetimos entonces el tercer paso y una vez centrado el aparato procedemos al siguiente paso.

- *Quinto paso:* Por medio de los tornillos niveladores llevamos al centro la burbuja del nivel tubular del limbo horizontal y revisamos de nueva cuenta el centrado, repitiendo si fuera necesario los pasos tercero y quinto hasta lograr tener centrado y nivelado el aparato (García, 2015).

Estación total

Es un equipo electro-óptico que tiene varios componentes, en principio a un teodolito con un distanciómetro y un microprocesador integrado, pantalla y teclado; que mide ángulos, distancias y desniveles, calcula coordenadas polares o rectangulares para el trazo y replanteo (García, 2015).

Esta información se graba y procesa con los programas integrados o asociados al equipo, ya que tiene conectividad con una computadora. Aunque este equipo no es una novedad, es un referente en el ejercicio de la topografía y su evolución no se detiene.

Vista como un teodolito; una estación total se compone de las mismas partes y funciones. El estacionamiento y verticalización son idénticos, aunque para la estación total se cuenta con niveles electrónicos que facilitan la tarea. Los tres ejes y sus errores asociados también están presentes: el de verticalidad, que con la doble compensación ve reducida su influencia sobre las lecturas horizontales, y los de colimación e inclinación del eje secundario, con el mismo comportamiento que en un teodolito clásico, salvo que el primero puede ser corregido por software, mientras que en el segundo la corrección debe realizarse por métodos mecánicos.

El nivel

Es un instrumento que sirve para medir diferencias de altura entre dos puntos, para determinar estas diferencias, este instrumento se basa en la determinación de planos horizontales a través de una burbuja que sirve para fijar correctamente este plano y un anteojo que tiene la función de incrementar la visual del observador. Además de esto, el nivel topográfico sirve para medir distancias horizontales, basándose en el mismo principio del taquímetro (Querol, 2015).

Existen también algunos niveles que constan de un disco acimutal para medir ángulos horizontales, sin embargo, este hecho no es de interés en la práctica ya que dicho instrumento no será utilizado para medir ángulos.

El trípode

Es un instrumento que tiene la particularidad de soportar un equipo de medición como un taquímetro o nivel, su manejo es sencillo, pues consta de tres patas que pueden ser de madera o de aluminio, las que son regulables para así poder tener un mejor manejo para subir o bajar las patas que se encuentran fijas en el terreno (Olivera, 2010).

El plato consta de un tornillo el cual fija el equipo que se va a utilizar para hacer las mediciones.

La mira

Se puede describir como una regla de cuatro metros de largo, graduada en centímetros y que se pliega en la mitad para mayor comodidad en el transporte. Además de esto, la mira consta de una burbuja que se usa para asegurar la verticalidad de ésta en los puntos del terreno donde se desea efectuar mediciones, lo que es trascendental para la exactitud en las medidas. También consta de dos manillas, generalmente metálicas, que son de gran utilidad para sostenerla (Querol, 2015).

La huincha que se utiliza es de fibra, de cincuenta metros de largo y graduada en milímetros.

2.2.11. Levantamiento topográfico en redes de distribución de agua para riego en zona rural

La calidad y cantidad del agua con destino al consumo humano tienen implicaciones importantes sobre los aspectos sociales y económicos que actúan indirectamente sobre el desarrollo de una zona rural (Querol, 2015).

La idea del proyecto surge a raíz de la necesidad de mejorar y ampliar el actual sistema de agua potable de la zona rural, tomando en cuenta la demanda creciente del líquido elemento por la implementación de proyectos en la zona.

El problema se presenta en todos los componentes del incipiente sistema de Agua Potable, equipo de bombeo, tanque de almacenamiento, tuberías de aducción, red

de tuberías de distribución, instalaciones domiciliarias, y el tiempo de servicio (Gómez V. , 2010).

El tratamiento explica la renovación de equipos, instalación y tendido de aducción por bombeo hacia el tanque y la aducción por gravedad hacia la red, tendido de una nueva red de distribución y conexiones domiciliaria, se considera el tratamiento mínimo que es la desinfección o cloración, además del incremento de las horas de servicio.

Por ello precisa rediseñar el sistema de agua potable, tomando en cuenta su tratamiento, el cárcamo de bombeo y el tanque de almacenamiento, para ampliar y mejorar el servicio actual con el que se cuenta (Querol, 2015).

Se plantea como finalidad: recopilar, procesar, analizar los datos de campo para luego realizar el rediseño hidráulico, estructural, requeridos para todos los componentes del sistema. Finalmente evaluar la factibilidad técnica, socioeconómica y ambiental del proyecto.

En principio se procederá a realizar el trabajo de campo que consiste en el estudio socioeconómico de la población, el levantamiento topográfico, y la inspección ocular de todos los componentes del sistema, y el estudio de la fuente de abastecimiento; para luego entrar en el cálculo hidráulico y estructural necesario, determinadas ya las dimensiones, volúmenes, se realizará el presupuesto del proyecto. Se terminará con la evaluación socioeconómica, técnica y ambiental (Gomez, 1992).

En las diferentes etapas del proceso de la elaboración del proyecto se utilizará Programas Computacionales como el Watercad, para el diseño Hidráulico, para el

procesamiento del levantamiento topográfico; Autocad, para dibujo de planos y otros más.

2.2.12. Software de modelación hidráulica y WATERCAD

Existen variados software de infraestructura hidráulica; pero diariamente, se van actualizando porque para las obras de red de distribución de agua, se requiere una herramienta confiable de apoyo durante la toma de decisiones para su infraestructura. Por ello surge WaterCAD, un instrumento que diseña nuevos sistemas hidráulicos y que gestiona eficazmente las redes de agua existentes para reducir los riesgos de interrupción y el uso de energía (Bentley, 2016). La facilidad de uso de WaterCAD ayuda a:

- Planificar, diseñar y operar con éxito los sistemas de distribución de agua:
- Aumentar la capacidad para adecuar los niveles de servicio.
- Suministrar agua potable limpia sin problemas.
- Ejecutar diseños de gran calidad y rentables.

2.2.13. WaterCAD

Bentley WaterCAD es un software comercial de análisis, modelación y gestión de redes a presión (sistemas de distribución o de riesgo), propiedad de la Empresa de Software Bentley Systems, Incorporated que produce soluciones para el diseño, construcción y operación de infraestructuras en diversos campos (Olivera, 2010).

WaterCAD permite la simulación hidráulica de un modelo computacional representado en este caso por elementos tipo: Línea (tramos de tuberías), Punto (Nodos de Consumo, Tanques, Reservorios, Hidrantes) e Híbridos (Bombas, Válvulas de Control, Regulación, etc.) (Israelsen & Hansen, 1999).

El software cuyo algoritmo de cálculo se basa en el método del Gradiente Hidráulico, permite el análisis hidráulico de redes de agua (aunque puede usarse para cualquier fluido newtoniano) determinando las presiones en diversos puntos del sistema, así como los caudales, velocidades, pérdidas en las líneas que conforman la red hidráulica; así como otros muchos parámetros operativos derivados de los elementos presentes en el sistema como: Bombas, Válvulas de Control, Tanques, etc. a partir de las características físicas del sistema y unas condiciones de demanda previamente establecidas. WaterCAD además permite extender sus capacidades a temas de gestión a largo plazo de sistemas de abastecimiento incluyendo: análisis de vulnerabilidad, análisis de protección contra incendio, estimación de costos energéticos, calibración hidráulica, optimización, etc. (Olivera, 2010).

Este programa adicional a las herramientas convencionales para el análisis y modelación de redes a presión, cuenta con herramientas de productividad en los procesos de gestión de datos, construcción de modelos a partir de archivos externos, extracción de elevaciones, asignación de demandas a partir de técnicas de análisis espacial, preparación y gestión de escenarios, cálculos hidráulicos complementarios, gestión operativa y preparación de reportes y planos. Asimismo el software ofrece diversas opciones para visualización de resultados como reportes tabulares, perfiles, gráficos de variación temporal, anotaciones y codificación por color, etc. (Olivera, 2010).

El software además de contar con una interfaz gráfica autónoma (Windows Stand Alone), puede trabajarse de manera integrada entornos CAD como los son AutoCAD y Bentley Micro Station.

Tipos de Cálculo (Régimen Permanente):

Según Olivera (2010), se tienen los siguientes tipos de cálculo:

- Análisis Hidráulico en Periodo Estático (también Conocido como Análisis SteadyState ó SS por su Siglas en Inglés)
- Análisis Hidráulico en Periodo Extendido o Cuasi-Estático (también Conocido como Análisis EPS por su Siglas en Inglés)
- Análisis de Calidad de Agua (Análisis de tipo EPS con tres variantes: Edad del Agua, Rastreo de Fuente o Constituyente)
- Análisis de Protección contra Incendio (Análisis de Tipo SS para analizar la capacidad de respuesta de la Red ante un evento de Incendio)
- Análisis de Costos de Energía (Determinación de la Energía Consumida y Costos en las Estaciones de Bombeo)
- Análisis de Segmentos Críticos o de Vulnerabilidad del Sistema ante cortes de servicio (CriticalityAnalysis)
- Análisis y Proyección de Roturas de Tuberías (Pipe Break Analysis)
- Análisis de Lavado de Tuberías por estrategias de Vaciado (FlushingAnalysis)

Módulos o Herramientas Complementarias incluidas

Según Olivera (2010), se tienen los siguientes módulos:

- Centro de Control de Demandas (Demand Control Center)

- Administrador de Escenarios y Comparación (Scenario Management & Scenario Comparison)
- Construcción Inteligente de Modelos a partir de archivos externos (Model Builder)
- Asignación Automática de Elevaciones a partir de Modelos Digitales de Terreno (Trex)
- Asignación Automática de Demandas basada en Análisis Espacial (Load Builder)
- Generador de Polígonos de Thiessen

Cálculo de redes de agua potable con WaterCAD

Según Olivera (2010), este módulo tiene las siguientes capacidades y características:

- Puede calcular redes de distribución de agua potable abiertas, cerradas y combinadas.
- Balancea automáticamente cargas en nudos, distribuyendo gastos en forma proporcional a la longitud de los tramos o de acuerdo a la población alimentada.
- Calcula pérdidas de carga totales por el método Hazen-Williams, lining y Darcy-Weisbach, utilizando el método de Cross para convergencia de iteraciones en circuitos cerrados.
- Genera reportes de tabla de cálculo hidráulica, iteraciones y resultados finales en nodos. Estos reportes se despliegan en la hoja de cálculo DataCalc, incluida en Civil CAD, y se pueden exportar a formato Excel y texto delimitado por comas.

- Dibuja despiece de cruceros con la opción de considerar diámetro uniforme en accesorios y tomar en cuenta la dirección del flujo hidráulico.
- Genera cuantificación de piezas especiales en cruceros, produciendo reporte de lista de materiales con descripción y cantidades.
- Cuenta con una lista predeterminada de materiales y diámetros comerciales de tuberías para seleccionar, los cuales pueden ser editados o actualizados.
- Genera automáticamente el cuadro de simbología de acuerdo a los símbolos y tipos de línea utilizados en el dibujo.
- Cuenta con una extensa librería de detalles y notas hidráulicas para insertar de acuerdo a la escala definida.
- Ha sido programado utilizando lenguaje ARX/Visual Lisp, resultando un procesamiento de datos más rápido y eficiente.
- Puede procesar un número ilimitado de nudos y tramos de tuberías.
- Puede funcionar dentro de AutoCAD.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Evaluación Económica

Se refiere al análisis económico que demanda un proyecto en su etapa de planificación y ejecución.

Rentabilidad

Los beneficios y costos que los proyectos generan en una economía son de una amplia

gama.

Productividad

Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción

Tasa Interna de Retorno Económica (TIR)

La tasa interna de retorno de una inversión o proyecto es la tasa efectiva anual compuesto de retorno o tasa de descuento que hace que el valor actual neto de todos los flujos de efectivo (tanto positivos como negativos) de una determinada inversión igual a cero.

Valor Actual Neto (VAN)

Es el valor que actualiza, mediante una tasa de descuento prefijada, el flujo de Beneficios Netos (Beneficios Totales Costos Totales) generados por el proyecto de inversión.

2.4. FORMULACION DE HIPOTESIS

2.4.1. Hipótesis

H₀: No existe diferencia entre los resultados de las presiones mediante WaterCAD y mediciones de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo.

H_a: Existe diferencia entre los resultados de las presiones mediante WaterCAD y mediciones de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

El nivel de investigación es comparativo, debido a que se compararon cálculos de presiones mediante WaterCAD y mediciones de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo (Camp, 2010).

El diseño de investigación es comparativo, debido a que se utilizaron dos formas de cálculo de presiones: Watercad y medición en campo según manómetro.

Los ejes de investigación estuvieron constituidos: primero, por la comparación mediante el diseño WaterCAD; segundo, por el cálculo básico de la medición de presiones, en el área de investigación (en campo).

3.2. POBLACIÓN

La población para cálculo estuvo constituida por 8 nodos:

Tabla 1. Población

L	Nodo
	N-159
L-01	N-198
	N-163
L-02	N-184
	N-155
L-03	N-167
	N-158
L-04	N-189

Fuente: Base de datos

Por otro lado, la población beneficiaria de la Comunidad de Angara Bajo, constituida aproximadamente por 50 personas, se dedica a la actividad pecuaria en mayor porcentaje y la agricultura en menor porcentaje, además han venido asentándose en sectores ya definidos que con el transcurso del tiempo ha venido aumentando el número de habitantes en cada una de estas familias.

La población beneficiaria se encuentra en situación de extrema pobreza con un bajo nivel de vida. Los pobladores de la zona rural son bilingües, hablan el español como primera lengua y el quechua como lengua materna.

3.3. MUESTRA

Se trabajó con toda la población (8 nodos), por lo tanto, no existió muestra probabilística.

Los nodos son los puntos a través de los cuales se realizaron las mediciones motivo fundamental de la investigación tanto mediante el sistema Watercad como las mediciones en el área de investigación (Angara Bajo).

La muestra de investigación fue no probabilística porque no se seleccionó estadísticamente elementos de diseño de red de distribución de riego tecnificado, sino se consideró 8 nodos.

3.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

3.4.1. Variable Independiente

Presiones mediante WaterCad

3.4.2. Variable Dependiente

Mediciones de la red de distribución.

Operacionalización de variables

Tabla 2. Matriz de Operacionalización de variables

Variable	Indicadores	Escala de medición
Mediciones de las presiones mediante el Diseño WaterCAD	Presión en metros columna de agua de datos tomados en campo.	P (m H ₂ O)
Mediciones en el área de investigación (en campo)	Presión en metros columna de agua según WaterCad.	P (m H ₂ O)
	Cota Terreno (elevación al punto).	C.T. (m)
	Caudal del flujo.	Q (L/S)

Fuente: Elaboración propia.

3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCION DE DATOS

3.5.1. Técnicas para el procesamiento de la información

a) Mediciones de la poligonal principal

Para el cálculo de la Poligonal Principal se efectuaron las siguientes mediciones angulares y de distancias:

- Medición de direcciones horizontales (ángulos horizontales).
- Medición de direcciones zenitales (ángulos verticales).
- Medición electrónica de distancias (distancias inclinadas).

b) Medición de Puntos de control

Luego de realizar las mediciones establecidas, se procedió al levantamiento de detalles de puntos de control, utilizando la Estación total, la cual nos proporcionó las lecturas de coordenadas de todos los puntos físicos del terreno para su posterior edición en el formato CAD y evaluación final en WaterCAD.

3.5.2. Instrumentos de Recolección de Datos

a) Estación Total

Marca Leica Modelo FLEXLINE TS02 POWER 7

Cuyas especificaciones técnicas son las siguientes:

- Precisión angular: 7''
- Resolución angular de pantalla: 1''

- Memoria interna: 24,000 puntos
- Alcance longitudinal: GPT1=3,500m c/1prisma *
- Precisión lineal: Estándar 1.5mm+2 ppm tip. 2.4 seg
- Aumentos del anteojo: 30x

b) Nivel**Nivel automático marca TOWP, modelo AL-32, serie 1.70295**

- Error de nivelación: $\pm 1\text{mm/km}$
- Mínima distancia: 0,8m
- Constante: 100m
- Aumento: 32x veces.

c) Equipos Complementarios

- Prismas
- Trípode
- Miras
- Winchas,
- Flexómetros.
- Brújula

d) Equipo de gabinete

- Laptop DELL inspiron 15R Core i7
- Software WaterCad
- Impresora de inyección
- Plotter HEWLETT PACKARD DesignJet 110

3.5.3. Técnicas de procesamiento de datos

La unidad de medida utilizada prioritariamente fue m H₂O (metros columna de agua).

La información que fue tomada en el campo fue transmitida al programa de cálculos WaterCAD.

Se admitió información en tablas de doble entrada (contingencia) donde se recogió la información general, constituida de 8 nodos.

Tabla 3. Nodos y tiempos

Nodos	Tiempos (Hora)			
	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄
	9:00 a.m. – 10:00 a.m.	10:00 a.m. – 11:00 a.m.	11:00 a.m. – 12:00 a.m.	12:00 m. – 1:00 p.m.
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

Fuente: Base de datos

Esta información fue procesada por el módulo básico haciendo posible tener un archivo de niveles de presión que se utilizaron para las mediciones de presiones.

Para adecuación de la información en el uso de los programas de diseño asistido por computadora se utilizó una hoja de cálculo Excel que permitió tener la información correspondiente.

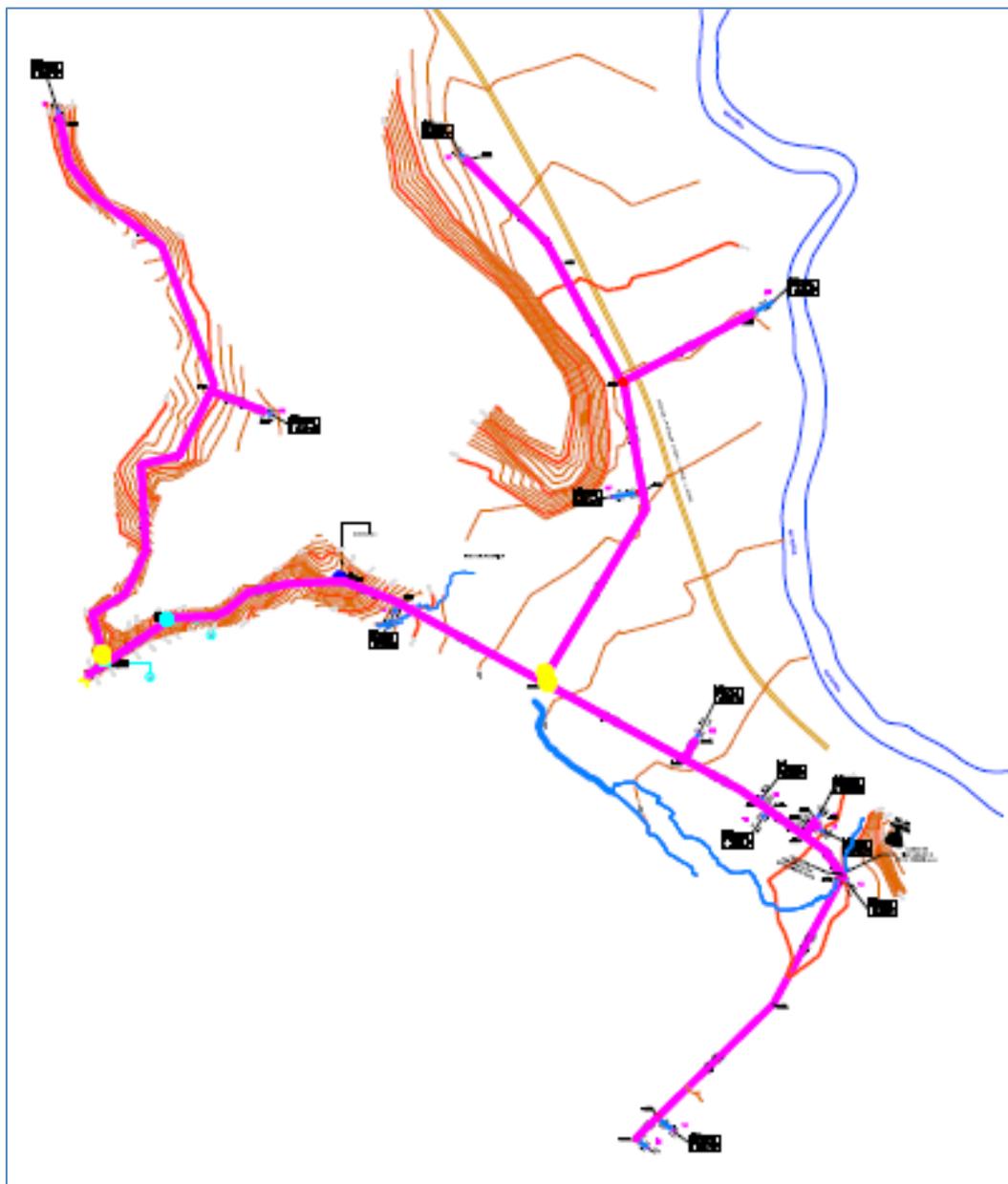


Figura 1. Plano de Ubicación

Fuente: Berlinjn (2007)

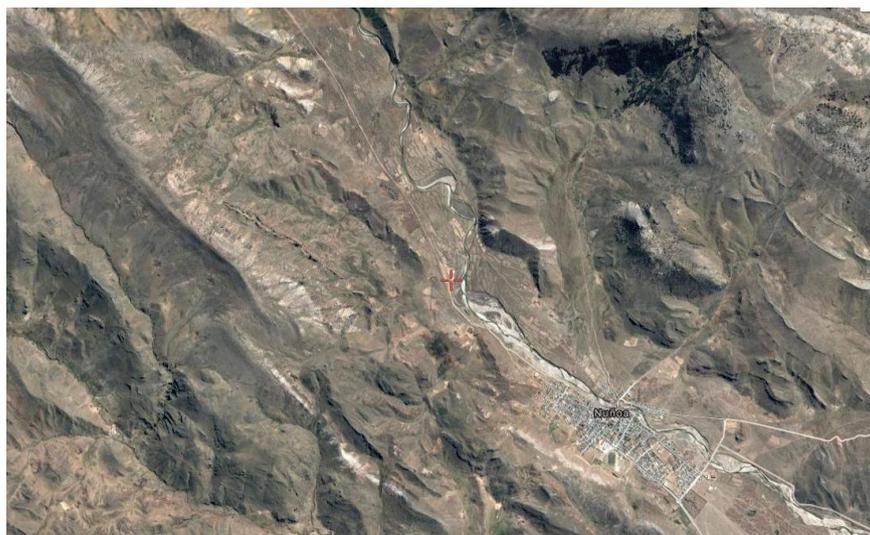


Figura 2. Mapa Satelital

Fuente: Berlinjn (2007)

El diseño de tuberías que se realizó en AutoCAD Civil se exportó al Diseño en WaterCAD.

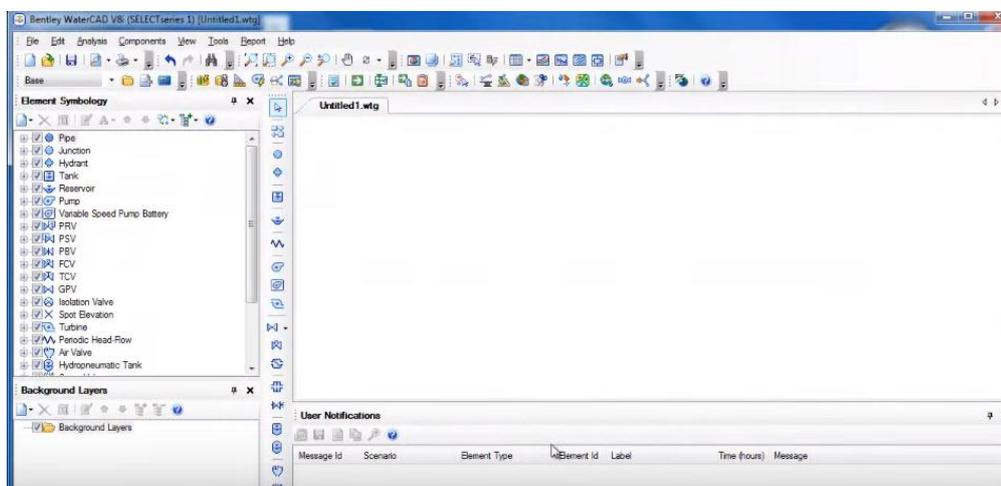


Figura 3. Ventana de Bentley WaterCAD

Fuente: García (2015).

Luego se ingresaron los datos

	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)
27: J-1	27	J-1	102.60	<None>	<Collecti...	(N/A)	(N/A)
29: J-2	29	J-2	103.25	<None>	<Collecti...	(N/A)	(N/A)
31: J-3	31	J-3	104.60	<None>	<Collecti...	(N/A)	(N/A)
33: J-4	33	J-4	103.65	<None>	<Collecti...	(N/A)	(N/A)
35: J-5	35	J-5	102.25	<None>	<Collecti...	(N/A)	(N/A)
38: J-6	38	J-6	100.55	<None>	<Collecti...	(N/A)	(N/A)
40: J-7	40	J-7	102.00	<None>	<Collecti...	(N/A)	(N/A)

Figura 4. Ingreso de información
Fuente: García (2015).

Previamente se esbozaron las características de la red de distribución de riego:

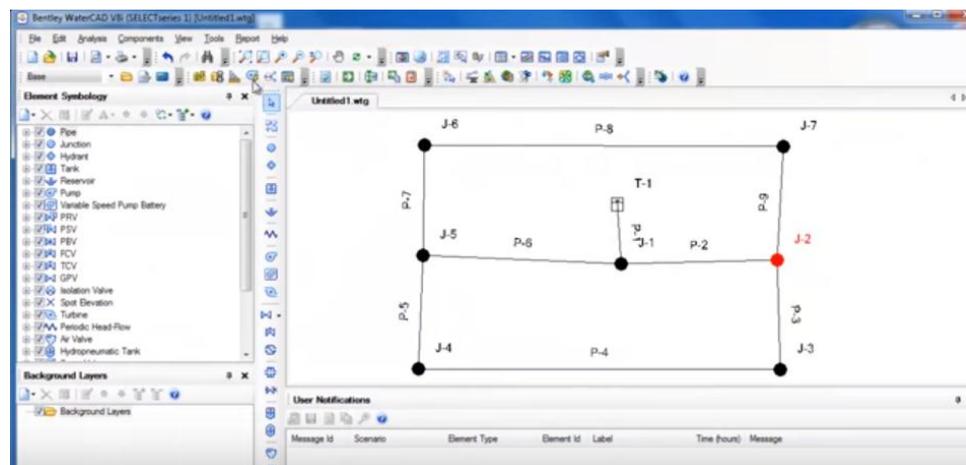


Figura 5. Gráfica de nodos
Fuente: García (2015).

3.5.4. Procedimiento estadístico

Para el hallazgo de resultados se desarrolló el siguiente procedimiento:

- En primer lugar se elaboraron tablas generales y específicas en relación a la hipótesis general y específicas con sus respectivos gráficos.
- Luego la información fue explicada e interpretada detalladamente, contrastando los resultados con las experiencias de campo.

- Se desarrolló una prueba de hipótesis para confirmar o rechazar las hipótesis planteadas, para ello se aplicó el análisis de varianza.

Prueba de hipótesis

H₀: No existe diferencia entre los resultados de las presiones mediante WaterCAD y mediciones de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo.

H_a: Existe diferencia entre los resultados de las presiones mediante WaterCAD y mediciones de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo.

MODELO ESTADÍSTICOS A UTILIZAR

ANÁLISIS DE VARIANZA

a) Prueba de hipótesis y normalidad

La prueba de normalidad a emplear es la “F” (Factores= indicadores de riego presurizado) de Snedecor, para el análisis de varios factores o variables.

b) Nivel de significancia

Se elige un nivel de confianza del 95% y un nivel de error del 5% lo que significa que el nivel de significancia es $\alpha = 0.05$.

c) Punto crítico

El valor de la tabla estadística o punto crítico es:

$$F = F_{(2,46;0.95)} = 1.96$$

d) Selección de la prueba estadística

Realizamos la comparación respectiva, con la tabla de **Análisis de Varianza**.

ANOVA (b).

Tabla 4. Prueba Anova

	Suma de cuadrados	de Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	SST	$k - 1$	$SST/(k - 1) = MST$	MST/MSE	
Residual	SSE	$n - k$	$SSE/(n - k) = MSE$		
Total	SS Total	$n - 1$			

Fuente: García (2015).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis comparativo de presiones mediante Watercad y mediciones de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo

4.1.1. Datos tomados en campo

Tabla 5. Presión en metros columna de agua de datos tomados en campo

L	N	P (m H ₂ O)
L-01	N-159	39
	N-198	29
L-02	N-163	36
	N-184	27
L-03	N-155	34
	N-167	32
L-04	N-158	33
	N-189	31

Fuente: Base de datos

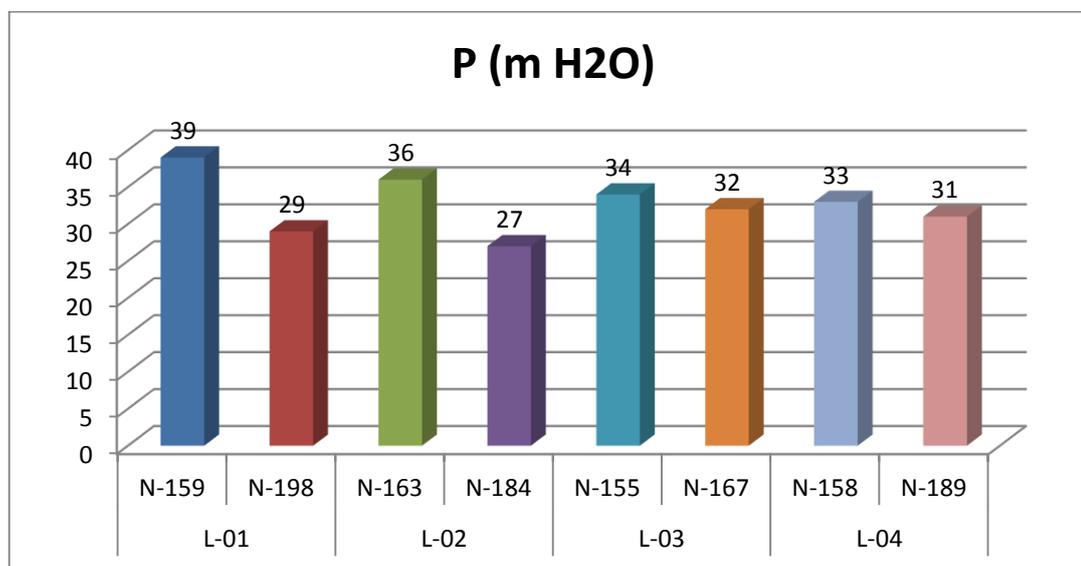


Figura 6. Presión en metros columna de agua de datos tomados en campo

Fuente: Base de datos

Según la tabla 5 y figura 6, en relación a la presión en metros columna de agua de datos tomados en campo, se observa que la presión más alta se ubica en el Nodo

159 con 39 presión metros columna de agua. Le sigue la presión del Nodo 163 con 36 presión metros columna de agua.

Esta presión estuvo relacionada con el plano de ubicación, con el propósito de visualizar el riego por aspersión. Al respecto Berlinjn (2007), señala que este tipo de riego consiste en conducir el agua a través de aspersores que humedecen el terreno de forma similar a como lo haría la lluvia.

4.1.2. Datos de cálculo hidráulico según Watercad

Tabla 6. Presión en metros columna de agua según WaterCad

L	N	P (m H2O)
L-01	N-159	40
	N-198	32
	N-163	36
L-02	N-184	32
	N-155	34
L-03	N-167	32
	N-158	33
L-04	N-189	31

Fuente: Base de datos

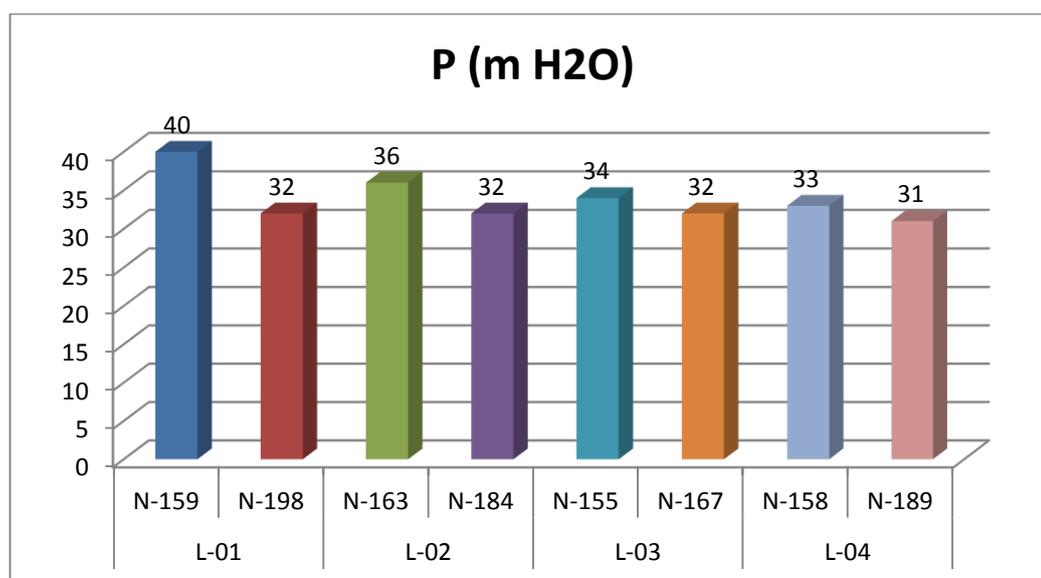


Figura 7. Presión en metros columna de agua según WaterCad

Fuente: Base de datos

Según la tabla 6 y figura 7, en relación a la presión en metros columna de agua según WaterCad, se observa que la presión más alta se ubica en el Nodo 159 con 40 presión metros columna de agua. Le sigue la presión del Nodo 163 con 36 presión metros columna de agua.

Entonces, se observa la necesidad de adquirir presiones determinadas para lograr la efectividad del riego por aspersión. En esta línea, Gurovich destaca la importancia de aplicar el agua a la zona radicular de los cultivos de forma que esta pudiera ser utilizada al máximo (Gurovich, 2009).

Asimismo, satisface las necesidades de humedad de la planta, cuando otras medidas no logren un balance entre el agua disponible y la demanda. Las necesidades de riego dependen del desequilibrio que existe el agua disponible y el agua que la planta consume (Berlinjn, 2007).

La determinación de las presiones, sólo puede encontrarse de manera efectiva a través de softwares de modelamiento de presiones. Al respecto, Bentley WaterCAD es un software comercial de análisis, modelación y gestión de redes a presión (sistemas de distribución o de riesgo) (Olivera, 2010).

Tabla 7. Cota Terreno (elevación al punto)

L	N	C.T. (m)
	N-159	3923.00
L-01	N-198	3922.38
	N-163	3923.61
L-02	N-184	3923.00
	N-155	3924.00
L-03	N-167	3925.00
	N-158	3923.92
L-04	N-189	3922.89

Fuente: Base de datos

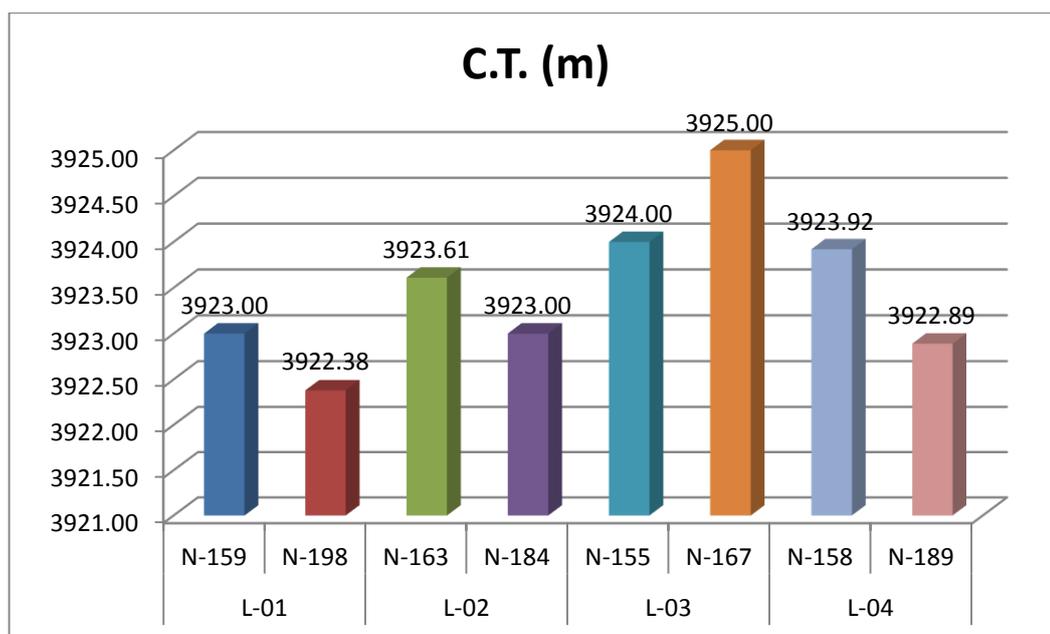


Figura 8. Cota Terreno (elevación al punto)

Fuente: Base de datos

Según la tabla 7 y figura 8, en relación a la Cota Terreno (elevación al punto) según WaterCad, se observa que la cota más alta se ubica en el Nodo 167 con 3925 metros. Le sigue la cota 155 con 3924 metros.

Las cotas de terreno, surgen a partir de los planos de referencia puede ser o no el nivel medio del mar, pero en caso de serlo se hablará más propiamente de “altitudes” en lugar de “cotas” (Vasquez & Chang, 1992).

Tabla 8. Caudal del flujo

L	N	Q (L/S)
L-01	N-159	1.39
	N-198	1.39
L-02	N-163	1.39
	N-184	1.39
L-03	N-155	1.39
	N-167	1.39
L-04	N-158	1.39
	N-189	1.39

Fuente: Base de datos

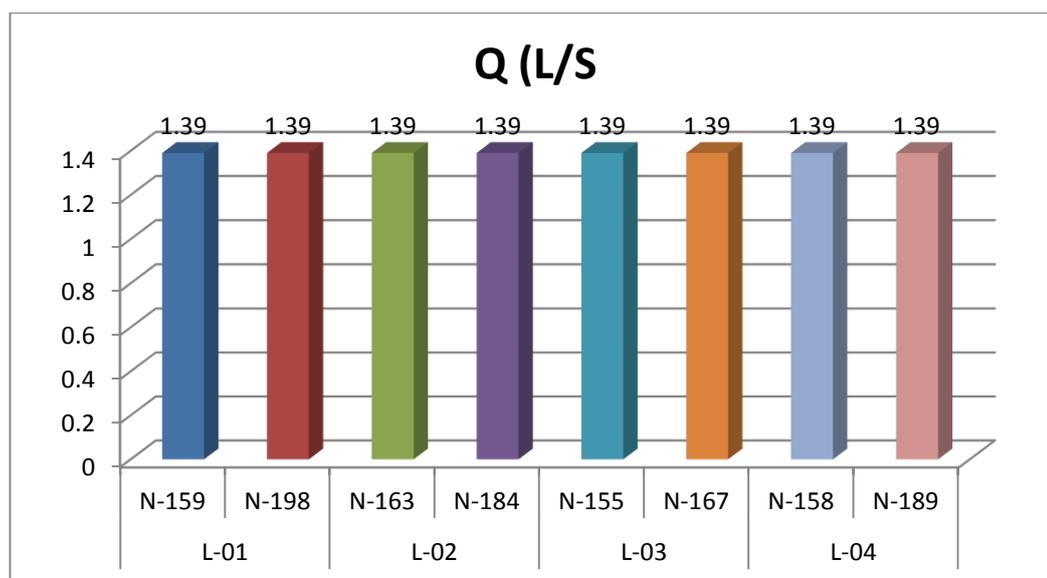


Figura 9. Caudal del flujo

Fuente: Base de datos

Según la tabla 8 y figura 9, en relación al caudal de flujo según WaterCad, se observa que el caudal es homogéneo, ya que en todos los casos asciende a 1,39 Litros por segundo (L/S).

El caudal de flujo, se determina con el método Hardy Cross, método iterativo de cálculo de caudales en los tramos de la red de distribución mallada y el software waterCAD, herramientas con los que se realizó la modelación para el diseño económico de redes de distribución y posteriormente minimizar los costos de construcción, operación y de mantenimiento de dichos sistemas que cumplan con los requerimientos hidráulicos (como la velocidad de flujo, caudal demandado, y presiones requeridas) (Anchapuri, 2018).

4.1.3. Diferencia de presiones de agua del Diseño WaterCAD y de las mediciones realizadas en campo (área de investigación) con instrumentos (balde hidráulico).

Tabla 9. Mediciones en campo

Medidas	L-01		L-02		L-03		L-04	
	N-159	N-98	N-163	N-184	N-155	N-167	N-158	N-189
P (m H2O)	39	29	36	27	34	32	33	31
C.T. (m)	3923	3922.38	3923.61	3923	3924	3925	3923.92	3922.89

Fuente: Base de datos

Tabla 10. Mediciones mediante Watercad

Medidas	L-01		L-02		L-03		L-04	
	N-159	N-198	N-163	N-184	N-155	N-167	N-158	N-189
P (m H2O)	40	32	36	32	34	32	33	31
C.T. (m)	3923	3922.38	3923.61	3923	3924	3925	3923.92	3922.89
Q (L/S)	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39

Fuente: Base de datos

Según la tabla 9 y 10, se observa que los datos hallados pertenecen a dos métodos sobre los mismos puntos de ubicación. Las mediciones realizadas en campo sólo arrojan resultados en relación a la presión en metros columna de agua, mientras que con el Software WaterCad, se destaca la presión en metros columna de agua, el caudal del flujo y la cota terreno.

Tabla 11. Comparación de presiones en metros columna de agua

N	Datos de cálculo hidráulico	
	según Watercad	Datos tomados en campo
N-159	40	39
N-198	32	29
N-163	36	36
N-184	32	27
N-155	34	34
N-167	32	32
N-158	33	33
N-189	31	31

Fuente: Base de datos

Según la tabla 11, se observa que las medidas de presiones son similares. Las presiones más altas en ambos casos se ubican en los mismos nodos. Así en el nodo 159 se ubican las presiones de 40 y 39 presión metros columna de agua.

Tabla 12. Correlación Pearson entre datos de cálculo hidráulico según Watercad datos tomados en campo

		Calculo_Watercad	Datos_campo
	Correlación de Pearson	1	,875**
Calculo_Watercad	Sig. (bilateral)		,004
	N	8	8
	Correlación de Pearson	,875**	1
Datos_campo	Sig. (bilateral)	,004	
	N	8	8

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Base de datos

La similitud de medidas de ambas variables se confirman en la tabla 12, ya que la correlación entre los datos asciende a 0,875 (87,5%). Es decir existe una relación positiva alta o fuerte, que se acerca a la unidad (100%).

La probabilidad de error es muy baja, ya que el P Value (probabilidad de error) asciende apenas a 0,004 (0,4%), la certeza de la prueba estadística es de un 99,6%. Este cálculo conduce a señalar que WaterCad tiene una eficacia alta de cálculo de medida de presiones, a diferencia del método acostumbrado.

4.1.4. Resultados de compensación de las diferencias encontradas en las mediciones de las presiones mediante el Diseño WaterCAD y en el área de investigación (en campo)

Tabla 13. Estadísticos de datos hallados según WaterCad y datos de campo

		Calculo_WaterCad	Datos_Campo
N	Válidos	8	8
	Perdidos	0	0
Media		33,7500	32,6250
Mediana		32,5000	32,5000
Moda		32,00	27,00 ^a
Desv. típ.		2,96407	3,81491
Varianza		8,786	14,554
Asimetría		1,596	,240
Error típ. de asimetría		,752	,752
Curtosis		2,372	-,099
Error típ. de curtosis		1,481	1,481
Mínimo		31,00	27,00
Máximo		40,00	39,00

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

Fuente: Base de datos

En la tabla 13, se observa la comparación de estadísticos que contienen diferencias que no son significativas. Pero la exactitud se encuentra en WaterCad. Las medidas de

tendencia central (media, mediana, moda) son valores con pocas diferencias. En las medidas de dispersión (varianza, desviación típica), en los datos de campo se observa una mayor dispersión (14,554) que en los cálculos mediante WaterCad (8,786).

4.1.5. Prueba de hipótesis

a) Formulación de hipótesis

H₀: No existe diferencia entre los resultados de las presiones mediante WaterCAD y mediciones de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo.

H_a: Existe diferencia entre los resultados de las presiones mediante WaterCAD y mediciones de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo.

b) Nivel de significancia

El nivel de significancia es de 5% = 0,05

c) Elección de estadístico de prueba

Se aplicó el Análisis de Varianza (ANOVA)

Tabla 14. Análisis Anova

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	61,500	7	8,786	.	0,00
Dentro de grupos	,000	0	.		
Total	61,500	7			

Fuente: Base de datos

d) P-Valúe

El P-valúe (Probabilidad de error) es de 0,00 que es menor al nivel de significancia 0,05

e) Decisión

Debido a que P-Valúe es menor que el nivel de significancia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alteña, luego se concluye que: existe diferencia entre los resultados de las presiones mediante WaterCAD y mediciones de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo. Esta diferencia es más exacta con el uso del software WaterCAD.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Los cálculos de las presiones mediante WaterCad y mediciones en campo de la red de distribución en la Comunidad Angara Bajo, presentan diferencias poco significativas, ya que las presiones más altas en ambos casos se ubican en los mismos nodos. Así en el nodo 159 se ubican las presiones de 40 y 39 presión metros columna de agua. Sin embargo, la precisión y efectividad se encuentra cuando se usa el software WaterCAD, ya que según la prueba, el P-valúe (Probabilidad de error) es de 0,00 que es menor al nivel de significancia 0,05.

SEGUNDA: La diferencia de las presiones de agua del Diseño WaterCad y de las mediciones realizadas en campo (área de investigación), es poco significativa, ya que la correlación entre los datos asciende a 0,875 (87,5%). Es decir existe una relación positiva alta o fuerte, que se acerca a la unidad (100%).

TERCERA: Los métodos de compensación de las diferencias encontradas en las mediciones de las presiones mediante el Diseño WaterCad y en el área de investigación (en campo), se realizó a través de la comparación de estadísticos, cuya exactitud se inclina a WaterCad. Las medidas de tendencia central (media, mediana, moda) son valores con pocas diferencias. En las medidas de dispersión (varianza, desviación típica), en los datos de campo se observa una mayor dispersión (14,554) que en los cálculos mediante WaterCad (8,786).

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A los profesionales egresados, investigadores, docentes y estudiantes de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, se les sugiere utilizar software como Watercad para realizar trabajos con mayor exactitud en la comparación de las presiones, en otros contextos y con otros datos.

SEGUNDA: A los profesionales egresados, investigadores, docentes y estudiantes de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, se les recomienda analizar la diferencia de las presiones de agua del Diseño WaterCad y de las mediciones realizadas en campo (área de investigación), con la finalidad de observar el nivel de significancia y la correlación entre ambas medidas.

TERCERA: A los profesionales egresados, investigadores, docentes y estudiantes de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, se les sugiere analizar métodos de compensación de las diferencias encontradas en las mediciones de las presiones mediante el Diseño WaterCad y en el área de investigación (en campo), con el propósito de señalar puntos críticos que deben mejorarse.

REFERENCIAS

- Anchapuri, A. (2018). *Determinación del diámetro óptimo en redes de distribución de agua potable por el Método Hardy Cross en el centro poblado de Lampa Putuma Pomata-Chucuito-Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Bentley, C. (2016). *Software de análisis y modelado de sistemas de distribución de agua*. Recuperado el 14 de diciembre de 2018, de <https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/watercad>
- Berlinjn, D. (2007). *Riego y Drenaje en zonas rurales*. México D.F.: Trillas.
- Camp, C. (2010). *Tipos y niveles de investigación*. Recuperado el 12 de enero de 2015, de <https://prezi.com/ovqqncilrjcf/tipos-y-niveles-de-la-investigacion/>
- García, R. (2015). *Planeamiento topográfico*. Recuperado el 03 de enero de 2016, de https://www.iho.int/iho_pubs/CB/C-13/spanish/C-13_Capitulo_6.pdf
- Gomez, J. (1992). *Teoría del ensayo*. Recuperado el 27 de mayo de 2015, de <http://www.ensayistas.org/critica/ensayo/gomez/ensayo5.htm>
- Gómez, J. (2010). *Instalación de Redes Secundarias y Conexiones Domiciliarias*. Lima: San Marcos.
- Gómez, V. (2010). *Introducción al levantamiento topográfico*. Concepción, Chile: Corporación Universidad de Concepción.
- Gurovich, L. (2009). *Riego Superficial Tecnificado*. México D.F.: Alfaomega, Universidad Católica de Chile.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta edición ed.). (J. Mares, Ed.) Ciudad de México, México D.F., México: Mc GRAW HILL.
- Israelsen, O., & Hansen, V. (1999). *Principios y aplicaciones de riego*. Barcelona: Reverte S.A.
- Olivera, C. (2010). *Topografía aplicada a la ingeniería pesquera asistida por computadora*. Recuperado el 14 de noviembre de 2015, de http://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Octubre_2011/IF_OLIVARES%20CHOQUE_FIPA/INFORME%20FINAL.pdf
- Pastor, W., & Vigil, C. (2012). *Mejoramiento y ampliación del saneamiento básico del Centro Poblado Positos del distrito de Mórrope - Lambayeque*. Chiclayo: Terán.
- Portillo, M., & Roque, E. (2003). *Metodología de la investigación científica* (Segunda ed.). Lima: Juan Gutemberg.
- Querol, A. (2015). *Nivelación de terrenos por regresión tridimensional*. Recuperado el 05 de enero de 2016, de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2011b/967/el%20levantamiento%20topografico%20y%20la%20taquimetria.html>
- Rojas, R. (2013). *Guía para realizar investigaciones sociales* (Trigesimo octava ed.). México D.F., México: Plaza y Valdés S.A.
- Sancho, C. (2014). *Cómo hacer un proyecto de investigación*. Puno: Mara.
- Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica*. México D.F.: LIMUSA.

Uriarte, F. (2009). *Metodología de la Investigación Científica*. Santa Fe de Bogotá, Colombia: Cantabrias.

Vara, A. (2012). *7 Pasos para una tesis exitosa*. Lima: Universidad San Martín de Porres.

Vasquez, A., & Chang, L. (1992). *El Riego, Principios Básicos*. México: Trillas.

ANEXOS

ANEXO 1. NODO 159

CERTIFICADO DE PRUEBA			
Tesis :	"COMPARACION DE PRESIONES DE DISEÑO Y EN OBRA DE LA RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION COMUNIDAD ANGARA BAJO"		
Ejecuta :	Bach.Ing. Obed Isai PARI MAMANI		
Ubic. Prueba :	N-159 LATERAL 1, MODULO 04 (R-2) (M-4)	Fecha	25 de Enero del 2017
CROQUIS			
1.- Numero y Detalle de Valvulas	: 01 Valvula de control de 200 mm		
2.- Longitud Probada	:	275.16	m.
3.- Diámetro de la Tubería (D)	:	200.00	mm
4.- Numero de Juntas (N)	:	46	und.
5.- Presión de Agua (P)	:	39.00	m. de agua
6.- Presión estática máxima que va ha soportar el tramo	:	69.92	lbs/pulg2
7.- Duración de la prueba	:	30.00	min.
8.- Filtración habida en la prueba (Fh)	:	0.0025	lts/hora
9.- Filtración permitida (Fp)	:	0.0053	lts/hora
$F_p = \frac{N * D * (P)^{1/2}}{410 * 25}$		$F_p = 0.0053 \text{ lts/hora}$	
Conclusiones :	Prueba buena :	0.0025	Fh < Fp 0.0053 ✓
	Pruba mala :	0.0025	Fh > Fp 0.0053
OBSERVACIONES:			
No se ha encontrado filtraciones de agua considerables en las uniones de las tuberías			
ENCARGADO DE LA PRUEBA		PRESIDENTE DE LA COMUNIDAD	

ANEXO 2. NODO 198

CERTIFICADO VALIDADO DE PRUEBA						
Tesis :	"COMPARACION DE PRESIONES DE DISEÑO Y EN OBRA DE LA RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION COMUNIDAD ANGARA BAJO"					
Ejecuta :	Bach.Ing. Obed Isai PARI MAMANI					
Ubic. Prueba :	N-198 LATERAL 1, MODULO 04 (R-2) (M-4)	Fecha	25 de Enero del 2017			
<p>CROQUIS PUNTO DE PRUEBA</p>						
1.- Numero y Detalle de Valvulas :						
2.- Longitud Probada :	217.50	m.				
3.- Diámetro de la Tubería (D) :	63.00	mm				
4.- Numero de Juntas (N) :	36	und.				
5.- Presión de Agua (P) :	29.00	m. de agua	51.55 lbs/pulg2			
6.- Presión estática máxima que va ha soportar el tramo :			71.10 lbs/pulg2			
7.- Duración de la prueba :	30.00	min.				
8.- Filtración habida en la prueba (Fh) :	0.0000	lts/hora				
9.- Filtración permitida (Fp) :	0.0011	lts/hora				
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $F_p = \frac{N * D * (P)^{1/2}}{410 * 25}$ </td> <td style="padding: 5px;">Fp=</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">0.0011 lts/hora</td> </tr> </table>				$F_p = \frac{N * D * (P)^{1/2}}{410 * 25}$	Fp=	0.0011 lts/hora
$F_p = \frac{N * D * (P)^{1/2}}{410 * 25}$	Fp=	0.0011 lts/hora				
Conclusiones :	Prueba buena :	0.0000	Fh < Fp 0.0011 ✓			
	Pruba mala :	0.0000	Fh > Fp 0.0011			
OBSERVACIONES:						
No se ha encontrado filtraciones de agua en las uniones de las tuberias						
ENCARGADO DE LA PRUEBA		PRESIDENTE DE LA COMUNIDAD				

ANEXO 3. NODO 163

CERTIFICADO VALIDADO DE PRUEBA			
Tesis :	"COMPARACION DE PRESIONES DE DISEÑO Y EN OBRA DE LA RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION COMUNIDAD ANGARA BAJO"		
Ejecuta :	Bach.Ing. Obed Isai PARI MAMANI		
Ubic. Prueba :	N-163, LATERAL 02, MODULO 04 (R-2) (M-4)	Fecha	25 de Enero del 2017
CROQUIS			
1.- Numero y Detalle de Valvulas :	-		
2.- Longitud Probada :	477.00	m.	
3.- Diámetro de la Tubería (D) :	Variable	mm	Mayor diam. 140 mm
4.- Numero de Juntas (N) :	80	und.	
5.- Presión de Agua (P) :	36.00	m. de agua	63.99
6.- Presión estática máxima que va a soportar el tramo :			71.10
7.- Duración de la prueba :	30.00	min.	
8.- Filtración habida en la prueba (Fh) :	0.0025	lts/hora	
9.- Filtración permitida (Fp) :	0.0062	lts/hora	
	$F_p = \frac{N * D * (P)^{1/2}}{410 * 25}$		$F_p = 0.0062 \text{ lts/hora}$
Conclusiones :	Prueba buena :	0.0025	Fh < Fp 0.0062 ✓
	Pruba mala :	0.0025	Fh > Fp 0.0062
OBSERVACIONES:			
A la realizacion de la prueba hidraulica general del módulo 04 del reservorio 02 se ha tenido fallas en el lateral 04 del bloque A, afectando asi al accesorio curva Tee reduccion 140 x 63mm la misma que ha sido remplazada, para tener un resultado exitoso en la prueba			
ENCARGADO DE LA PRUEBA		PRESIDENTE DE LA COMUNIDAD	

ANEXO 4. NODO 184

CERTIFICADO VALIDADO DE PRUEBA			
Tesis :	"COMPARACION DE PRESIONES DE DISEÑO Y EN OBRA DE LA RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION COMUNIDAD ANGARA BAJO"		
Ejecuta :	Bach.Ing. Obed Isai PARI MAMANI		
Ubic. Prueba :	N-184 LATERAL 02, MODULO 04 (R-2) (M-4)	Fecha	02 de febrero del 2017
1.- Numero y Detalle de Valvulas :	-		
2.- Longitud Probada :	477.00	m.	
3.- Diámetro de la Tubería (D) :	Variable	mm	Mayor diam. 140 mm
4.- Numero de Juntas (N) :	80	und.	
5.- Presión de Agua (P) :	27.00	m. de agua	48.00 lbs/pulg2
6.- Presión estática máxima que va ha soportar el tramo :			71.10 lbs/pulg2
7.- Duración de la prueba :	30.00	min.	
8.- Filtración habida en la prueba (Fh) :	0.0025	lts/hora	
9.- Filtración permitida (Fp) :	0.0054	lts/hora	
	$Fp = \frac{N * D * (P)^{1/2}}{410 * 25}$		$Fp = 0.0054 \text{ lts/hora}$
Conclusiones :	Prueba buena :	0.0025	Fh < Fp 0.0054 ✓
	Pruba mala :	0.0025	Fh > Fp 0.0054
OBSERVACIONES:			
A la realizacion de la prueba hidraulica general del módulo 04 del reservorio 02 se ha tenido fallas en el lateral 04 del bloque A, afectando asi al accesorio curva Tee reduccion 140 x 63mm la misma que ha sido remplazada, para tener un resultado exitoso en la prueba			
ENCARGADO DE LA PRUEBA		PRESIDENTE DE LA COMUNIDAD	

ANEXO 5. NODO 155

CERTIFICADO DE PRUEBA			
Tesis :	"COMPARACION DE PRESIONES DE DISEÑO Y EN OBRA DE LA RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION COMUNIDAD ANGARA BAJO"		
Ejecuta :	Bach.Ing. Obed Isai PARI MAMANI		
Ubic. Prueba :	N-155 LATERAL 03, MODULO 04 (R-2) (M-4)	Fecha	25 de Enero del 2017
CROQUIS			
1.- Numero y Detalle de Valvulas	: 01 Valvula de control de 200 mm		
2.- Longitud Probada	:	275.16	m.
3.- Diámetro de la Tubería (D)	:	200.00	mm
4.- Numero de Juntas (N)	:	46	und.
5.- Presión de Agua (P)	:	34.00	m. de agua
		60.44	lbs/pulg2
6.- Presión estática máxima que va ha soportar el tramo	:	63.99	lbs/pulg2
7.- Duración de la prueba	:	30.00	min.
8.- Filtración habida en la prueba (Fh)	:	0.0025	lts/hora
9.- Filtración permitida (Fp)	:	0.0050	lts/hora
	$Fp = \frac{N * D * (P)^{1/2}}{410 * 25}$	$Fp = 0.0050$	lts/hora
Conclusiones :	Prueba buena :	0.0025	Fh < Fp 0.0050 ✓
	Pruba mala :	0.0025	Fh > Fp 0.0050
OBSERVACIONES:			
No se ha encontrado filtraciones de agua considerables en las uniones de las tuberías			
ENCARGADO DE LA PRUEBA		PRESIDENTE DE LA COMUNIDAD	

ANEXO 6. NODO 167

CERTIFICADO VALIDADO DE PRUEBA			
Tesis :	"COMPARACION DE PRESIONES DE DISEÑO Y EN OBRA DE LA RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION COMUNIDAD ANGARA BAJO"		
Ejecuta :	Bach.Ing. Obed Isai PARI MAMANI		
Ubic. Prueba :	N-167 LATERAL 03, MODULO 04 (R-2) (M-4)	Fecha	25 de Enero del 2017
CROQUIS			
1.- Numero y Detalle de Valvulas :			
2.- Longitud Probada :	217.50	m.	
3.- Diámetro de la Tubería (D) :	63.00	mm	
4.- Numero de Juntas (N) :	36	und.	
5.- Presión de Agua (P) :	32.00	m. de agua	56.88 lbs/pulg2
6.- Presión estática máxima que va ha soportar el tramo :			71.10 lbs/pulg2
7.- Duración de la prueba :	30.00	min.	
8.- Filtración habida en la prueba (Fh) :	0.0000	lts/hora	
9.- Filtración permitida (Fp) :	0.0012	lts/hora	
$F_p = \frac{N * D * (P)^{1/2}}{410 * 25}$		$F_p = 0.0012 \text{ lts/hora}$	
Conclusiones :	Prueba buena :	0.0000	Fh < Fp 0.0012 ✓
	Pruba mala :	0.0000	Fh > Fp 0.0012
OBSERVACIONES:			
No se ha encontrado filtraciones de agua en las uniones de las tuberias			
ENCARGADO DE LA PRUEBA		PRESIDENTE DE LA COMUNIDAD	

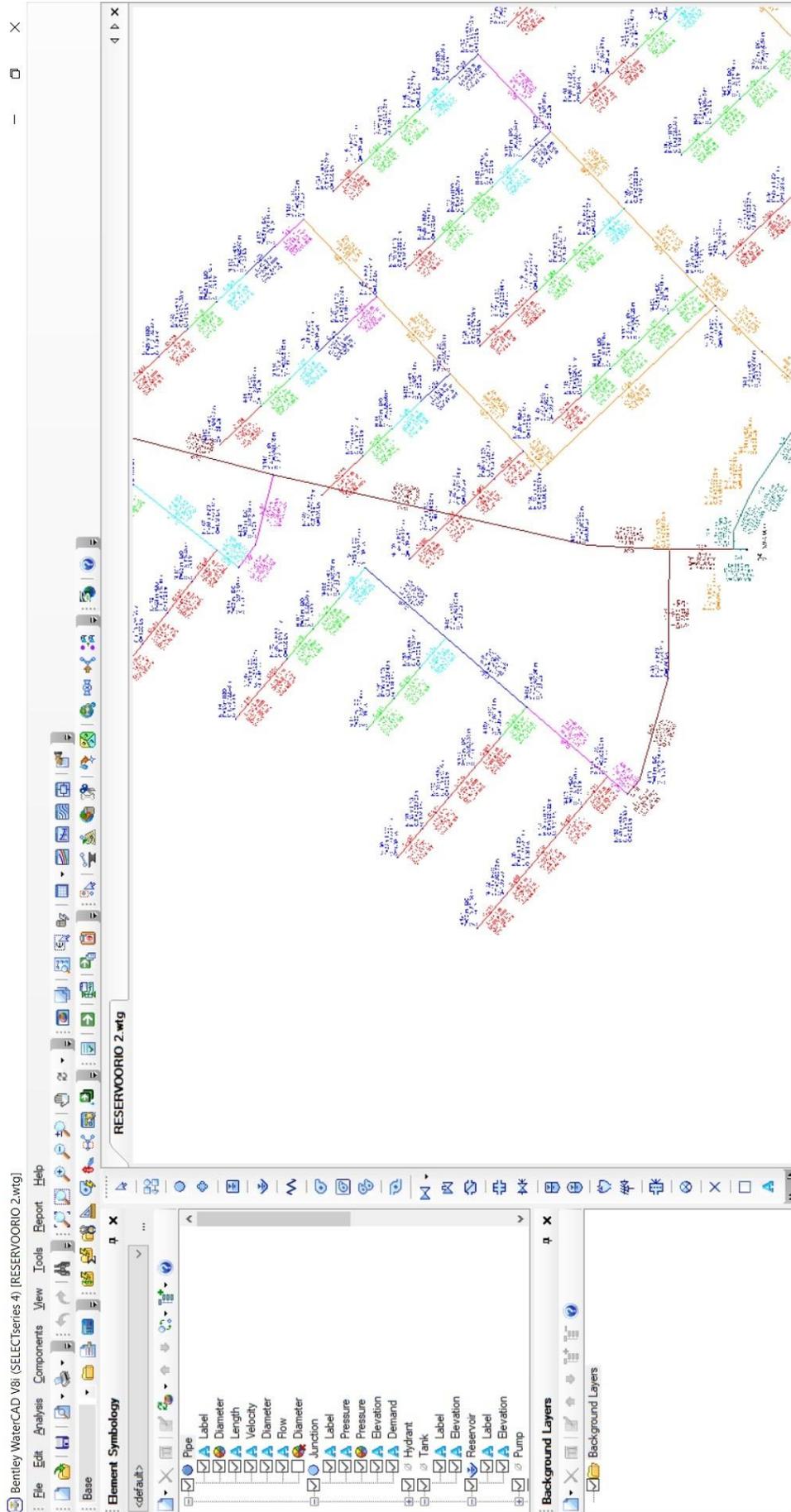
ANEXO 7. NODO 158

CERTIFICADO VALIDADO DE PRUEBA			
Tesis :	"COMPARACION DE PRESIONES DE DISEÑO Y EN OBRA DE LA RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION COMUNIDAD ANGARA BAJO"		
Ejecuta :	Bach.Ing. Obed Isai PARI MAMANI		
Ubic. Prueba :	N-158, LATERAL 04, MODULO 04 (R-2) (M-4)	Fecha	25 de Enero del 2017
1.- Numero y Detalle de Valvulas :			
2.- Longitud Probada :	463.25	m.	
3.- Diámetro de la Tubería (D) :	Variable	mm	Mayor diam. 110 mm
4.- Numero de Juntas (N) :	77	und.	
5.- Presión de Agua (P) :	33.00	m. de agua	58.65 lbs/pulg2
6.- Presión estática máxima que va ha soportar el tramo :			71.10 lbs/pulg2
7.- Duración de la prueba :	30.00	min.	
8.- Filtración habida en la prueba (Fh) :	0.0015	lts/hora	
9.- Filtración permitida (Fp) :	0.0045	lts/hora	
$F_p = \frac{N * D * (P)^{1/2}}{410 * 25}$		$F_p = 0.0045 \text{ lts/hora}$	
Conclusiones :	Prueba buena :	0.0015	Fh < Fp 0.0045 ✓
	Pruba mala :	0.0015	Fh > Fp 0.0045
OBSERVACIONES:			
No se ha encontrado filtraciones de agua considerables en las uniones de las tuberías			
ENCARGADO DE LA PRUEBA		PRESIDENTE DE COMUNIDAD	

ANEXO 8. NODO 189

CERTIFICADO VALIDADO DE PRUEBA			
Tesis :	"COMPARACION DE PRESIONES DE DISEÑO Y EN OBRA DE LA RED DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION COMUNIDAD ANGARA BAJO"		
Ejecuta :	Bach.Ing. Obed Isai PARI MAMANI		
Ubic. Prueba :	N-189, LATERAL 04, MODULO 04 (R-2) (M-4)	Fecha :	25 de Enero del 2017
CROQUIS			
1.- Numero y Detalle de Valvulas :			
2.- Longitud Probada :	463.25	m.	
3.- Diámetro de la Tubería (D) :	Variable	mm	Mayor diam. 110 mm
4.- Numero de Juntas (N) :	77	und.	
5.- Presión de Agua (P) :	31.00	m. de agua	55.10 lbs/pulg ²
6.- Presión estática máxima que va ha soportar el tramo :			71.10 lbs/pulg ²
7.- Duración de la prueba :	30.00	min.	
8.- Filtración habida en la prueba (Fh) :	0.0015	lts/hora	
9.- Filtración permitida (Fp) :	0.0044	lts/hora	
$F_p = \frac{N * D * (P)^{1/2}}{410 * 25}$		$F_p = 0.0044 \text{ lts/hora}$	
Conclusiones :	Prueba buena :	0.0015	Fh < Fp 0.0044 ✓
	Pruba mala :	0.0015	Fh > Fp 0.0044
OBSERVACIONES:			
No se ha encontrado filtraciones de agua considerables en las uniones de las tuberías			
ENCARGADO DE LA PRUEBA		PRESIDENTE DE COMUNIDAD	

ANEXO 9. VISUALIZACIÓN DE WATERCAD



ANEXO 10. GALERÍA FOTOGRÁFICA



Foto 1: Captación directa A



Foto 2: Captación directa B



Foto 3: Captación directa C



Foto 4: Almacenamiento de agua



Foto 5: Medición de presión



Foto 6: Riego por aspersión



ANEXO 11. PLANO DE RED DE DISTRIBUCIÓN



ANEXO 12. PLANO PIEZOMÉTRICO R-02-RESERVORIO