

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN
DEL SISTEMA DE RIEGO SANTO DOMINGO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÍCOLA**

MELITZA ROQUE TOMAYLLA

LIMA - PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

**“SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL
SISTEMA DE RIEGO SANTO DOMINGO”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERA AGRÍCOLA

Presentado por:

MELITZA ROQUE TOMAYLLA

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Mg. Sc. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ DELGADO
Presidente

Dr. EUSEBIO MERCEDES INGOL BLANCO
Asesor

Mestre JORGE LUIS DÍAZ RIMARACHIN
Miembro

Dr. ISSAAK RAFAÉL VÁSQUEZ ROMERO
Miembro

LIMA – PERU

2021

ÍNDICE GENERAL

I. PRESENTACIÓN	1
II. INTRODUCCIÓN	3
III. OBJETIVOS	4
3.1. OBJETIVO GENERAL	4
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. EL RIEGO	5
4.1.1. Métodos de riego	5
4.1.2. Elección de los métodos de riego	6
4.2. EL RIEGO POR ASPERSIÓN	6
4.2.1. Clasificación de los sistemas de aspersión	7
4.2.2. Ventajas y desventajas.....	7
4.2.3. Componentes de un Sistema de Riego por aspersión	8
4.3. SOFTWARE DE DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO	10
4.3.1. Watercad.....	10
V. CUERPO DEL TRABAJO	12
5.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO.....	12
5.1.1. Ubicación Política	12
5.1.2. Vías de acceso	13
5.2. SECUENCIA METODOLÓGICA	13
5.2.1. Recopilación de información básica.....	15
5.2.2. Balance hídrico	24
5.2.3. Diseño agronómico.....	32
5.2.4. Simulación en Watercad	34
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
7.1. CONCLUSIONES.....	69
7.2. RECOMENDACIONES	69
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
IX. ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores que favorecen la elección del método de riego.....	6
Tabla 2: Ruta de acceso Lima-Huaquirca.....	13
Tabla 3: Temperatura media, máxima y mínima mensual	15
Tabla 4: Precipitaciones pluviales de la zona de estudio.....	16
Tabla 5: Humedad relativa de la zona de estudio.....	16
Tabla 6: Duración de horas de sol	16
Tabla 7: Velocidad de viento.....	17
Tabla 8: Ubicación geográfica de las fuentes hídricas	18
Tabla 9: Calendario agrícola sin proyecto	19
Tabla 10: Cédula de cultivo sin proyecto – Campaña grande	19
Tabla 11: Cédula de cultivo sin proyecto – Campaña chica.....	20
Tabla 12: Ubicación de calicata.....	20
Tabla 13: Resultados de análisis de caracterización.....	21
Tabla 14: Resumen de variables meteorológicas	24
Tabla 15: Resultados de Eto	25
Tabla 16: Calendario agrícola con proyecto.....	26
Tabla 17: Cédula de cultivo con proyecto- Campaña grande.....	26
Tabla 18: Cédula de cultivo con proyecto- Campaña chica	26
Tabla 19: Kc de los cultivos con proyecto	27
Tabla 20: Resultados de Kc Ponderado	27
Tabla 21: Resultados Etc.	27
Tabla 22: Cálculo de demanda hídrica	29
Tabla 23: Disponibilidad Hídrica (m3)	30
Tabla 24: Disponibilidad Hídrica (l/s).....	30
Tabla 25: Balance hídrico con proyecto (l/s).....	31
Tabla 26: Balance hídrico sin proyecto (l/s).....	31
Tabla 27: Especificaciones del aspensor Vyr 36.....	32
Tabla 28: Parámetros de diseño agronómico.....	33
Tabla 29: Pérdidas de carga el Lateral de 1 aspensor	36
Tabla 30: Pérdidas de carga el Lateral de 2 aspersores	36
Tabla 31: Pérdidas de carga el Lateral de 3 aspersores	37
Tabla 32: Caudales de hidrantes H-1 al H-30.....	39

Tabla 33: Caudales de hidrantes H-31 al H-70.....	40
Tabla 34: Caudales de hidrantes H-71 al H-82.....	41
Tabla 35: Agrupación del Sector I.....	42
Tabla 36: Agrupación del Sector II	42
Tabla 37: Agrupación del Sector III.....	43
Tabla 38: Agrupación del Sector IV.....	43
Tabla 39: Agrupación del Sector V	43
Tabla 40: Agrupación del Sector VI.....	44
Tabla 41: Resultados de análisis de caracterización de suelos	64
Tabla 42: Resumen de variables meteorológicas	64
Tabla 43: Cédula de cultivo campaña grande.....	65
Tabla 44: Cédula de cultivo campaña chica	65
Tabla 45: Caudales de hidrantes del Sector I	66
Tabla 46: Caudales de hidrantes del Sector II	66
Tabla 47: Caudales de hidrantes del Sector III.....	67
Tabla 48: Caudales de hidrantes del Sector IV.....	67
Tabla 49: Caudales de hidrantes del Sector V	67
Tabla 50: Caudales de hidrantes del Sector VI.....	68

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación de sistemas de aspersión	7
Figura 2: Componentes de un sistema típico de riego por aspersión	8
Figura 3: Ubicación política del ámbito de estudio	12
Figura 4: Flujograma de secuencia metodológica	14
Figura 5: Parcelas del Sistema Santo Domingo	17
Figura 6: Ubicación de Fuentes hídricas	18
Figura 7: Perfil Modal de Calicata	21
Figura 8: Prueba de infiltración	22
Figura 9: Bocatoma de la quebrada Pumachi	23
Figura 10: Condición actual del canal de concreto.....	23
Figura 11: Condición actual del canal de tierra.....	24
Figura 12: Cálculo del Eto en CropWat	25
Figura 13: Resultados de PE.....	28
Figura 14: Balance Oferta-Demanda.....	31
Figura 15: Aspersor VYR 36.....	32
Figura 16: Lateral de riego con 3 aspersores	34
Figura 17: Lateral de riego con 2 aspersores	34
Figura 18: Lateral de riego con 1 aspersor	35
Figura 19: Ubicación de laterales de riego	38
Figura 20: Ubicación de hidrantes.....	38
Figura 21: Trazo de red hidráulica	41
Figura 22: Archivo de Redes de distribución en formato DXF.....	44
Figura 23: Archivo de curvas de nivel en formato DXF	45
Figura 24: Archivo de guía en formato DXF	45
Figura 25: Completación de datos	46
Figura 26: Cambio de unidades a Sistema Internacional	47
Figura 27: Ventana de opciones de dibujo	47
Figura 28: Pasos para selección de método de cálculo.....	48
Figura 29: Pasos para la creación de prototipo nuevo	48
Figura 30: Elección de material de tubería.....	49
Figura 31: Pasos para cargar el archivo de red hidráulica.....	49
Figura 32: Selección de archivo Dxf	50

Figura 33: Ventana para aceptar el archivo cargado	50
Figura 34: Selección de unidades para las coordenadas y establecimiento de tolerancia ...	51
Figura 35: Asignaciones de campos para cada capa.....	51
Figura 36: Ventana final para la conversión de polilíneas	52
Figura 37: Red hidráulica reconocida en software Watercad.....	52
Figura 38: Procedimiento para ingresar la tabla de características de tuberías	53
Figura 39: Procedimiento para reenumerar la etiqueta de tuberías	53
Figura 40: Procedimiento para agregar prefijo a la etiqueta	54
Figura 41: Resultado de cambio de etiqueta en tuberías	54
Figura 42: Resultado de cambio de etiqueta en nodos	55
Figura 43: Procedimiento para ingresar archivo de plantilla.....	55
Figura 44: Resultado de ingresar archivo de plantilla	56
Figura 45: Procedimiento para agregar reservorio	56
Figura 46: Cambio de etiquetas según plantilla	57
Figura 47: Procedimiento para creación de etiquetas.....	58
Figura 48: Procedimiento para creación de etiqueta de color del diámetro	58
Figura 49: Etiquetas de todos los elementos	59
Figura 50: Procedimiento para ingresar información topográfica.....	59
Figura 51: Ventana para finalizar ingreso de información topográfica.....	60
Figura 52: Procedimiento para validar información.....	60
Figura 53: Procedimiento de creación de escenarios.....	61
Figura 54: Procedimiento para creación de demanda.....	61
Figura 55: Demanda por cada sector de riego	62
Figura 56: Procedimiento para asignar demanda a escenarios	62
Figura 57: Procedimiento para asignación de caudales a hidrantes	63
Figura 58: Red Hidráulica diseñada con software Watercad	68

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Lista de beneficiarios.....	72
Anexo 2: Plano parcelario.....	75
Anexo 3: Plano de Redes de distribución.....	77
Anexo 4: Plano de diagrama de presiones.....	79
Anexo 5: Características hidráulicas de tuberías del Sector I.....	81
Anexo 6: Características hidráulicas de tuberías del Sector II.....	82
Anexo 7: Características hidráulicas de tuberías del Sector III.....	83
Anexo 8: Características hidráulicas de tuberías del Sector IV.....	84
Anexo 9: Características hidráulicas de tuberías del Sector V.....	85
Anexo 10: Características hidráulicas de tuberías del Sector VI.....	86
Anexo 11: Características hidráulicas de hidrantes del Sector I.....	87
Anexo 12: Características hidráulicas de hidrantes del Sector II.....	87
Anexo 13: Características hidráulicas de hidrantes del Sector III.....	88
Anexo 14: Características hidráulicas de hidrantes del Sector IV.....	88
Anexo 15: Características hidráulicas de hidrantes del Sector V.....	88
Anexo 16: Características hidráulicas de hidrantes del Sector VI.....	89
Anexo 17: Características hidráulicas de Válvulas Reguladoras de Presión Sector I.....	89
Anexo 18: Características hidráulicas de Válvulas Reguladoras de Presión Sector II.....	89
Anexo 19: Características hidráulicas de Válvulas Reguladoras de Presión Sector III.....	90
Anexo 20: Características hidráulicas de Válvulas Reguladoras de Presión Sector IV.....	90
Anexo 21: Características hidráulicas de Válvulas Reguladoras de Presión Sector V.....	90
Anexo 22: Características hidráulicas de Válvulas Reguladoras de Presión Sector VI.....	90

I. PRESENTACIÓN

Desde el ejercicio de la carrera profesional me especialicé en el diseño de sistemas de riego presurizado tanto en jardinería como en agricultura. Entre las funciones a mi cargo, como primera experiencia laboral en el puesto de Asistente de Ingeniería resaltan; el diseño agronómico y diseño hidráulico de las redes presurizadas en el ámbito de jardinería, así como la supervisión de su instalación.

En mi experiencia actual como Asistente de Diseño de Riego Tecnificado en una oficina de Estudios y Proyectos, las funciones a mi cargo son la formulación de proyectos de riego teniendo en cuenta los lineamientos del inverte pe, así como la Ley del riego Tecnificado 28585 y la Ley de Recursos Hídricos 29338.

Las principales actividades realizadas son; planteamiento hidráulico del sistema de riego, diseño de sus componentes (cabezal de filtrado, hidrantes, válvulas de control y módulos de riego) y su socialización hacia la comunidad beneficiada.

En ese sentido fui partícipe de los siguientes proyectos:

- Mejoramiento y ampliación del sistema de riego en los sectores de Sonjo, Amantay, Santa María, Ayatacsana y Qeshua del distrito de Sabaino, provincia de Antabamba-Apurímac; con un área de 150 has.
- Mejoramiento del servicio de agua para el sistema de riego tecnificado en los sectores Llaqtaorcco, Pichusa, Sacsahuani, Tohuaya, Ocramay, Teneria, Accoycho, Qeshua del distrito de Sabaino y Huañaccota del distrito de Huaquirca de la provincia de Antabamba, de la región de Apurímac; con un área de 170 has.
- Mejoramiento del servicio de agua para el sistema de riego Canal I Tintay y Canal I Cavira de las localidades de Tintay y Cavira, distrito de Kishuará-Andahuaylas-Apurímac; con un área de 240 has.

- Mejoramiento y Ampliación del servicio de agua para riego de las comunidades de Marjuni, Santa Isabel de Caype y Cruzpata del distrito de Lambrama-Provincia de Abancay-Departamento Apurímac; con un área 320 has.

Por otro lado, también se me asignaron labores como salidas al campo para la verificación de la ubicación de estructuras hidráulicas planteadas, aforo de caudales en los puntos de captación proyectados, parcelamiento de las áreas agrícolas potenciales, así como la revisión de expedientes técnicos que buscan su financiamiento.

II. INTRODUCCIÓN

La modelación es una herramienta muy usada hoy en día por diferentes profesionales de distintos ámbitos, debido a que este instrumento permite simular diversos escenarios mostrando los resultados que son la base para la toma de decisiones en los proyectos.

Es así, que el software Watercad; desarrollado por la casa Bentley; permite la simulación hidráulica de redes a presión, cuyo algoritmo de cálculo se basa en el método del gradiente hidráulico, determinando las presiones en diversos puntos del sistema, así como caudales, velocidades y pérdidas en las líneas que conforman la red hidráulica (Loza, 2015).

Este software agiliza el procedimiento de cálculo de diámetros de un sistema presurizado, al mismo tiempo que genera reportes de velocidad y caudal del tramo en análisis. Por otro lado, permite el cálculo de presiones estáticas y dinámicas de los puntos en interés.

Loza (2015) afirma que WaterCAD cuenta con el mejor administrador de escenarios del mercado, ya que permite configurar, ejecutar, evaluar, visualizar y comparar un número ilimitado de posibles escenarios con un mismo archivo permitiéndose así tomar decisiones basándose en la comparación de dichos escenarios.

El presente trabajo monográfico busca resaltar las bondades del Watercad en el diseño óptimo de las redes de distribución de un sistema de riego presurizado tomando como caso el Sistema de Riego Santo Domingo ubicado en el Distrito de Huaquirca, Provincia de Antabamba, Región Apurímac, el cual tiene un sistema de riego tradicional por gravedad y cuenta con una infraestructura deteriorada, obteniéndose una eficiencia por debajo del 40%. Ello repercute en los niveles de producción de los cultivos que desarrollan los agricultores conllevando a un limitado desarrollo socio-económico de la localidad de Huaquirca.

III. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este proyecto es desarrollar la simulación hidráulica de la red de distribución del Sistema de Riego Santo Domingo utilizando el software Watercad, así como evaluar los diferentes reportes generados por el software.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos de este trabajo se describen a continuación:

- Evaluar la información de topografía, suelos, clima y tipo de vegetación.
- Determinar la red hidráulica y el diseño agronómico del sistema de riego en estudio.
- Configurar la información de los parámetros de entrada al software watercad, los mismos que facilitarán el modelamiento hidráulico.
- Evaluar los resultados obtenidos del modelo, dimensionamiento, presiones, etc.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. EL RIEGO

Según Rodríguez (2008), el riego es el aporte a los terrenos de cultivo de un volumen controlado y oportuno de agua, descontándole la masa aprovechable de las lluvias, para lograr el desarrollo de los cultivos hasta la maduración de sus frutos.

Por otro lado, Israelsen (1975) y Hensen (1975) lo definen como la aplicación artificial de agua al terreno con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo.

4.1.1. Métodos de riego

Se entiende por método de riego al conjunto de aspectos que caracterizan el modo de aplicación del agua al suelo. Los métodos de riego pueden clasificarse del siguiente modo (Pereira y Trout, 1999):

a. Riego de superficie o gravedad

En este método, el agua penetra desde la superficie a medida que escurre sobre el terreno. Comprende el riego por inundación, en canteros tradicionales y surcos cortos.

b. Riego por aspersión

Se caracteriza por aplicar el agua en forma de lluvia, para obtener este resultado se hace pasar el agua de riego a través de orificios, necesitando para ello considerables presiones, obtenidas por un equipo de bombeo o por desniveles topográficos.

Con sistemas estáticos y disposición en cuadrícula, fijos o móviles, con sistemas móviles de cañon y sistemas de lateral móvil, pivotante o de desplazamiento lineal.

c. Riego por goteo

Este método permite aplicar agua filtrada y fertilizantes directamente sobre el sistema radicular del cultivo.

El agua es transportada a través de una red de tuberías hasta cada planta donde abandona la línea por emisores en forma de gotas, (goteros), los que disipan la presión del sistema por medio de un orificio de pequeño diámetro o por un laberinto de largo recorrido, permitiendo descargar al suelo.

4.1.2. Elección de los métodos de riego

La elección de los métodos de riego esta impuesta por un gran número de factores, que serán presentados de manera de resumen en la siguiente tabla.

Tabla 1: Factores que favorecen la elección del método de riego

Factores	Riego de superficie	Aspersión	Riego localizado
Precio del agua	Bajo	Medio	Alto
Suministro del agua	Irregular	Regular	Continuo
Disponibilidad del agua	Abundante	Media	Limitada
Pureza del agua	No limitante	Sin sólidos	Elevada
Capacidad de infiltración del suelo	Baja a media	Media a alta	Cualquiera
Capacidad de almacenamiento del suelo	Alta	Media a baja	No limitante
Topografía	Plana y uniforme	Relieve suave	Irregular
Sensibilidad al déficit hídrico	Baja	Moderada	Alta
Valor de la producción	Bajo	Medio	Alto
Coste de la mano de obra	Bajo	Medio	Alto
Coste de la energía	Alto	Bajo	Moderado
Disponibilidad de capital	Baja	Media a alta	Alta
Exigencia en tecnología	Limitada	Media a alta	Elevada

FUENTE: Pereira y Trout

4.2. EL RIEGO POR ASPERSIÓN

Este método de riego, consiste en aplicar agua al terreno en forma de gotas finas, por medio de aspersores, a una intensidad menor que la velocidad de infiltración del suelo (para evitar el encharcamiento). Así mismo se requiere de una presión la cual puede ser provista por una bomba o por la diferencia de altura entre el punto de toma y el área a irrigar (energía potencial) (Velarde, 1998).

Tarjuelo (1999), define el riego por aspersión como una lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo de que el agua se infiltre en el mismo punto donde cae.

4.2.1. Clasificación de los sistemas de aspersión

Los sistemas de riego por aspersión pueden agruparse en dos grandes familias: los estacionarios, que permanecen fijos mientras riegan, y los de desplazamiento continuo mientras realizan la aplicación del agua (Tarjuelo, 2005).

Estacionarios	Móviles	-	Tubería móvil (manual o motorizada)
	Semifijos	-	Tubería fija
	Fijos	-	Permanente (cobertura total enterrada)
		-	Temporales (cobertura total aérea)
Desplazamiento o continuo	Ramales	-	Pivot o pivote (desplazamiento circular)
	desplazables	-	Lateral de avance frontal
	Aspersores	-	Ala sobre carro
		gigante	-
		-	Enrolladores

Figura 1: Clasificación de sistemas de aspersión

FUENTE: Tarjuelo (2005)

De la primera familia están los sistemas móviles, donde los elementos de la instalación son móviles, incluso la bomba puede serlo.

Los sistemas semifijos suelen tener un componente fijo (la red de tuberías principales) y otro móvil (las tomas o hidrantes); donde se conectan los ramales de riego.

Los sistemas fijos permanentes tienen todos sus elementos fijos durante la vida útil proyectada, ello implica que todas las tuberías son enterradas- Por otro lado, los sistemas fijos temporales, son montados al inicio de la campaña de riego y desmontados al final de la misma, es por ello que las tuberías son superficiales (Tarjuelo, 2005).

4.2.2. Ventajas y desventajas

a. Ventajas

- Alta eficiencia de aplicación y alta uniformidad en la distribución.
- Permite el riego de terreno muy ondulados, sin la necesidad de nivelación o preparación previa del terreno.
- Permite el riego de la mayoría de cultivos, con excepción de algunos muy delicados

a los que el tamaño de la gota puede causar daños.

b. Desventajas

- Mala uniformidad en la aplicación del riego debido a fuertes vientos
- El aporte de agua en forma de lluvia podría tener efectos negativos sobre algunos cultivos, ya que al humedecerse la parte aérea del cultivo aumenta el riesgo de desarrollo de enfermedades.
- Alta inversión inicial y elevado costo de operación y mantenimiento

4.2.3. Componentes de un Sistema de Riego por aspersión

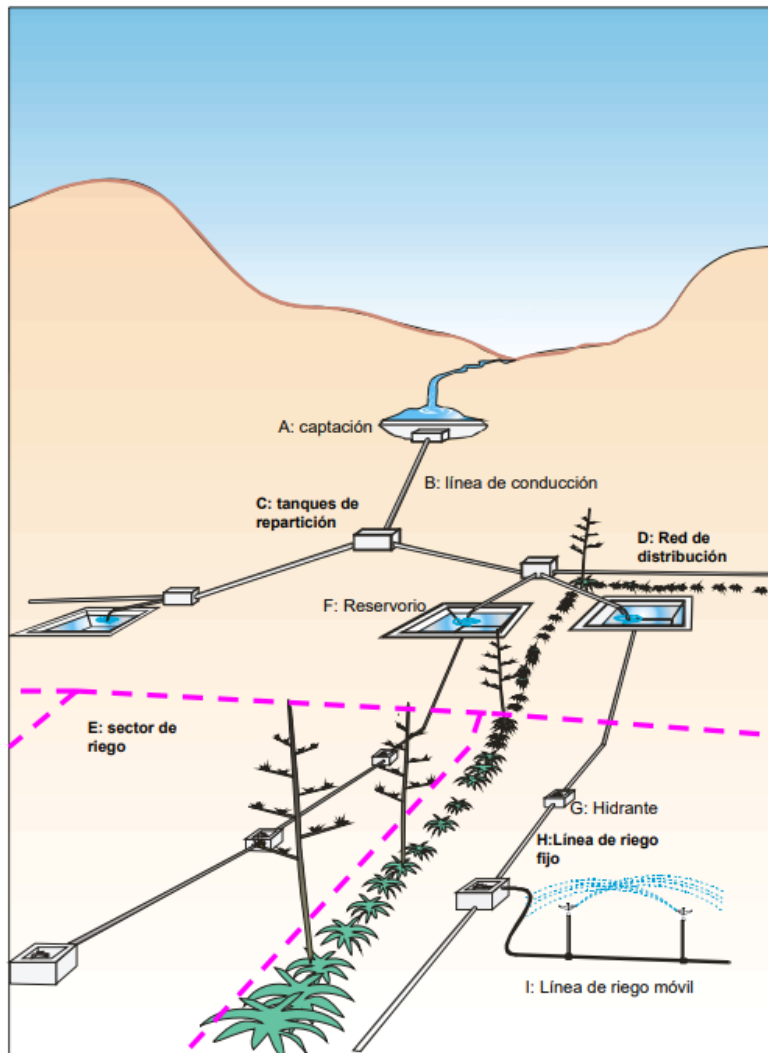


Figura 2: Componentes de un sistema típico de riego por aspersión

FUENTE: Anten y Willet (2000).

a. Captación

Según Rodríguez (2008) la captación es la estructura cuya finalidad es derivar parte o total del caudal que discurre en un río, para irrigar un área bajo riego o generar energía mediante su utilización en una central hidroeléctrica.

Las fuentes hídricas pueden ser manantiales, quebradas o pozos.

b. Línea de conducción

Es el tramo de canal entre la captación y el primer tanque de repartición. Puede ser ejecutado como canal abierto (de tierra o concreto) o entubado. La última opción es generalmente preferible para evitar que el sistema transporte sedimentos a los sectores de riego. (Anten y Willet, 2000).

c. Tanques de repartición

Son obras de arte que distribuyen el caudal de sistema en varios caudales continuos en forma proporcional, de acuerdo a las superficies de las áreas a regar de cada sector servido por estos tanques. Para la repartición proporcional de caudales se utilizan vertederos u orificios. (Anten y Willet, 2000).

d. Reservorio regulador / Cámara de carga

El reservorio regulador y cámara de carga tienen la función de regular entre el caudal fijo que recibe el sector de riego de la línea de conducción y el caudal utilizado por los aspersores que funcionan por cada sector. El desequilibrio que puede ocurrir entre los dos es absorbido por el reservorio. Además, la cámara de carga, tiene la función de generar una presión constante para el sistema. (Anten y Willet, 2000).

e. Redes de distribución

Son canales abiertos o entubados que distribuyen el caudal del sistema a los diferentes sectores de riego. Se puede utilizar en sistemas entubados obras adicionales como sifones, válvulas de limpia y de desfogue, cámaras rompe presión, etc. La capacidad de los canales o tuberías disminuye conforme se divide el caudal del sistema a los sectores. (Anten y Willet, 2000).

f. Sectores de Riego

Son unidades de riego que recibe un caudal continuo para regar. Al interior de los sectores de riego el caudal es rotado para irrigar toda su superficie. El sector de riego puede ser de una o varias parcelas, en este último caso la distribución del agua entre parcelas es por turnos y el caudal permanente es recibido en una cámara de carga o un reservorio regulador que se encuentra en la parte más alta del sector. (Anten y Willet, 2000).

g. Hidrantes

Son los puntos de conexión de una línea de riego móvil en las parcelas a regar. Pueden ser equipados por una válvula y acople rápido. Desde el hidrante se puede servir a varias partes de la parcela, si son ubicados en lugares estratégicos.

h. Línea de riego fijo

La línea de riego fijo, distribuye el agua por el sector de riego correspondiente. Consta de tuberías enterradas, cuyos diámetros son calculados de manera que cumplan con la presión requerida para un correcto funcionamiento.

i. Línea de riego móvil

Consiste de una manguera con aspersores que son conectados a los hidrantes para regar en forma rotativa todo el sector de riego. Si el sector de riego consta de varias parcelas, la línea móvil es compartida por los usuarios del sector.

4.3. SOFTWARE DE DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO

En la actualidad se han desarrollado numerosos programas informáticos para facilitar el diseño y el cálculo de sistemas físicos.

El diseño de las redes de conducción y distribución de agua a presión, cuyo análisis anteriormente suponía complejos y tediosos cálculos se ha visto beneficiado con ello. (García, 2003). Los softwares más usados para el diseño de sistemas de riego son; Epanet, Irricad, Watercad, Sigopram, Gestar, etc.

4.3.1. Watercad

El software Watercad es una herramienta confiable utilizada para modelar, diseñar y evaluar sistemas de distribución de agua presurizados. Diversas compañías ya utilizan este programa debido al ahorro en recurso y a que ayuda a tomar decisiones sobre el área en estudio.

Este software utiliza el algoritmo de cálculo basado en el método de gradiente hidráulico (Loza, 2015). Así mismo permite realizar simulaciones en periodos extensos del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua.

En general una red consta de tuberías, nudos (conexiones entre tuberías), válvulas,

reservorios y bombas. Este programa determina el caudal que circula por cada una de las tuberías, la velocidad de flujo, la pérdida de carga, la gradiente hidráulica, la presión en cada uno de los nudos.

Loza (2015) afirma que este software permite configurar, ejecutar, evaluar, visualizar y comparar un número ilimitado de posibles escenarios con un mismo archivo permitiéndose así tomar decisiones en base a la comparación de dichos escenarios.

V. CUERPO DEL TRABAJO

5.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

5.1.1. Ubicación Política

Región : Apurímac
Provincia : Antabamba
Distrito : Huaquirca

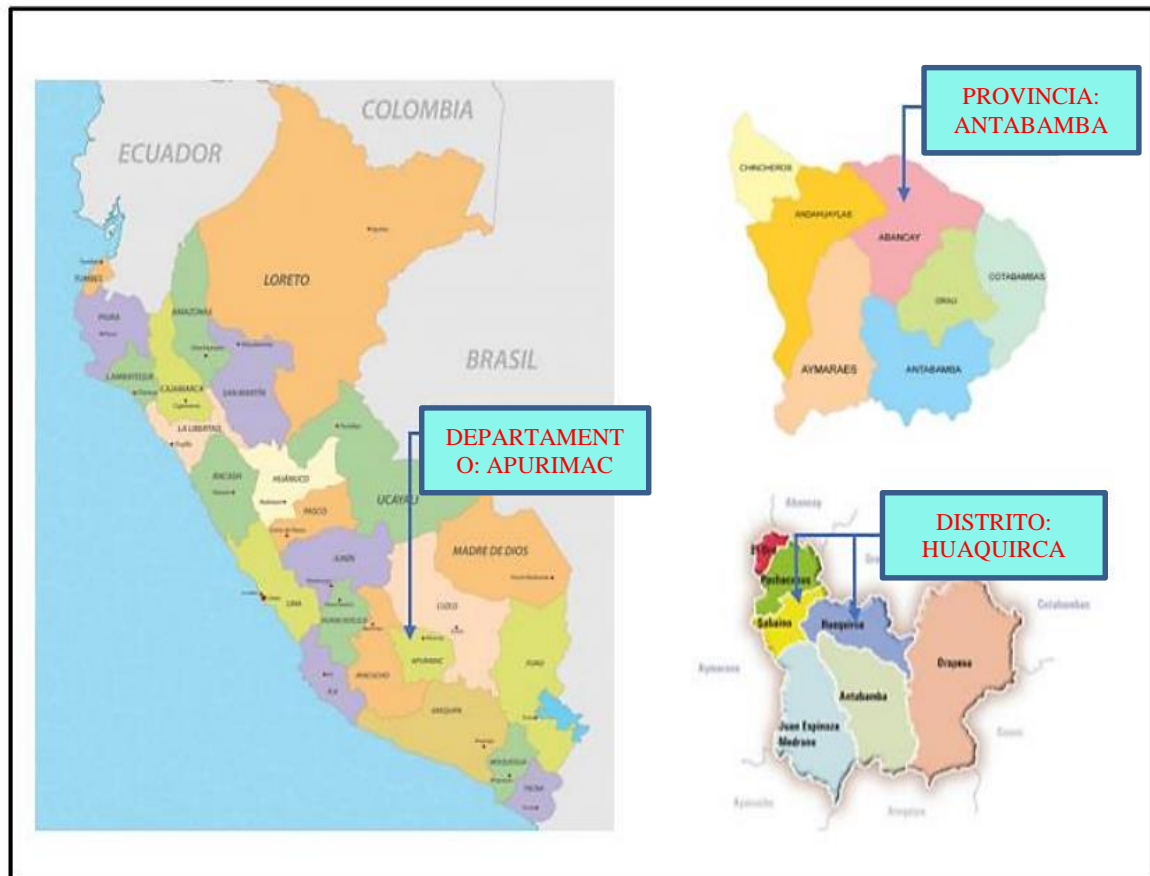


Figura 3: Ubicación política del ámbito de estudio

FUENTE: Elaboración propia

5.1.2. Vías de acceso

La accesibilidad al ámbito del proyecto desde la ciudad de Lima es por la vía asfaltada (Panamericana Sur) hasta la localidad de Santa Rosa, en donde bifurca la vía afirmada que se dirige hacia la provincia de Antabamba; en esta misma ruta se encuentra el puente Achocca y tomar el margen derecho hasta la localidad de Huaquirca.

Tabla 2: Ruta de acceso Lima-Huaquirca

TRAMO	RUTA	TIPO DE VÍA	ESTADO	DISTANCIA (km)	TIEMPO (Hora)
1	Lima – Challhuanca	Asfaltada	Bueno	557	12h
2	Challhuanca – Santa Rosa	Asfaltada	Bueno	76	1 h
3	Santa Rosa – Achocca	Trocha afirmada	Regular	63	1h 30 min
4	Achocca – Huaquirca	Trocha afirmada	Regular	24	40 min

FUENTE: Elaboración propia

5.2. SECUENCIA METODOLÓGICA

Se ha elaborado un flujograma de la metodología aplicada para cumplir el objetivo del proyecto.

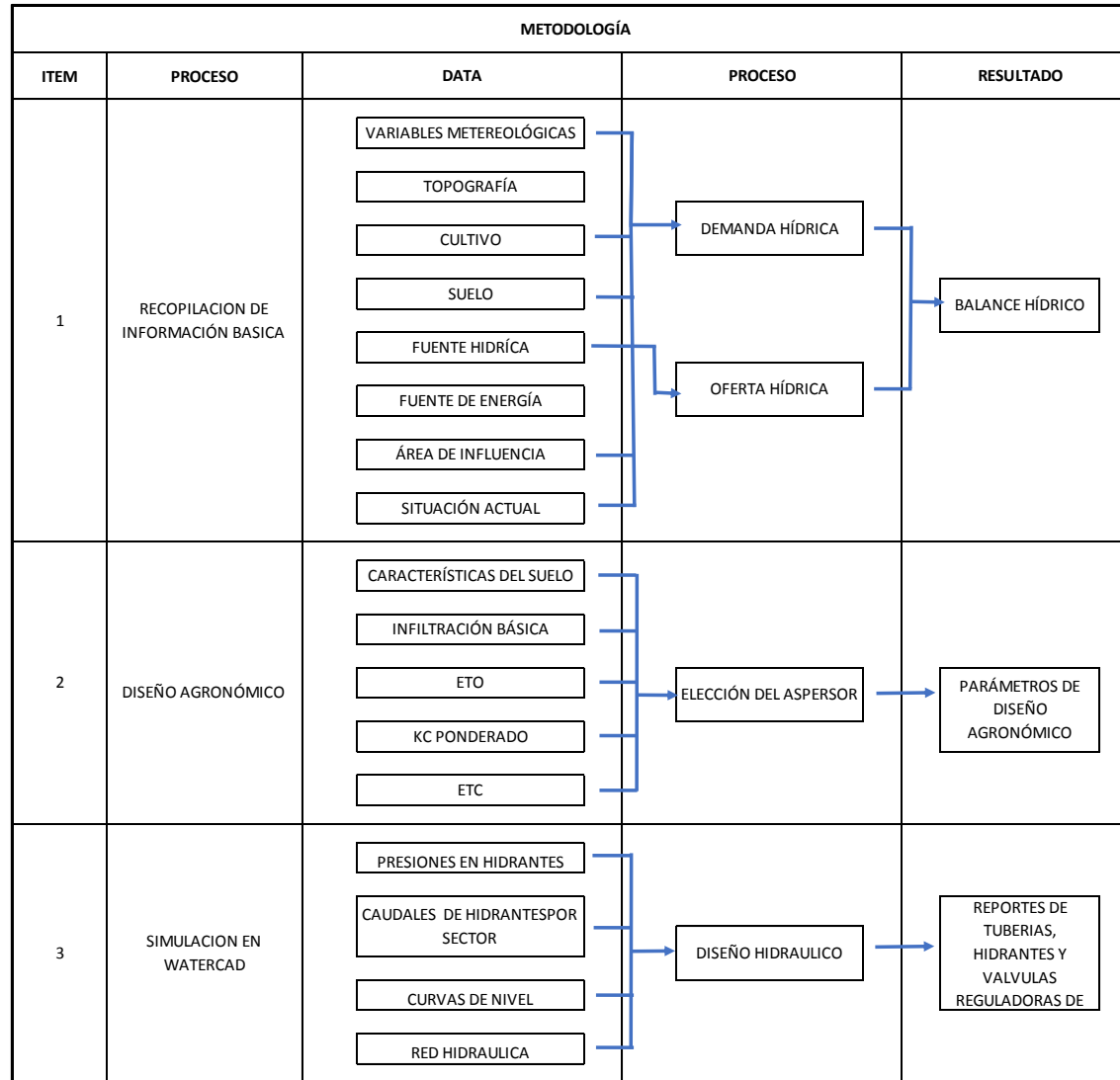


Figura 4: Flujoograma de secuencia metodológica

FUENTE: Elaboración propia

5.2.1. Recopilación de información básica

Se recopiló información referente a las variables meteorológicas de la zona de estudio para ello se recurrió a la información del estudio hidrológico del Expediente técnico “Mejoramiento y Ampliación del servicio de agua para riego en los sectores Llaqtaorcco, Pichusa, Sacsahuani, Tohuaya, Ocramay, Teneria, Accoycho, Queshua, distrito de Sabaino y Huañaccota, distrito de Huaquirca, provincia de Antabamba, región Apurímac”.

Así mismo, la información referente a suelos se obtuvo del Estudio Agrológico del expediente mencionado.

a. Clima

Según la clasificación climática en base a precipitación, temperatura y humedad por el método de Thornthwaite elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2002), la zona de estudio tiene dos tipos de clima: C (o,i) C’ H2: clima semiseco, frío, con deficiencia de lluvia en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como seco y B (o,i) D’ H3: clima semi frígido, con lluvia deficiente en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como húmeda.

b. Temperatura

Para el análisis de temperatura se ha considerado los datos de temperatura reportados de las estaciones de Chalhuanca, Colca, Cotaruse, Chalhuanca II, Antabamba, Curpahuasi y Pampachiri, por tener mayor proximidad al área de estudio, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 3: Temperatura media, máxima y mínima mensual

T°	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
MED.	14.52	14.03	13.72	13.48	12.68	12.50	13.59	14.68	15.42	16.31	15.64	14.25
MAX	22.97	22.80	22.06	22.64	23.50	22.76	22.45	23.63	24.50	25.30	25.80	25.10
MIN	7.66	6.41	6.10	5.12	2.67	1.05	0.70	1.36	2.83	3.52	4.70	5.67

FUENTE: Estudio Hidrológico

c. Precipitación

Los datos de precipitación se obtuvieron al igual que la temperatura, de las estaciones Chalhuanca, Colca, Cotaruse, Chalhuanca II, Antabamba, Curpahuasi y Pampachiri por ser las más cercanas al área del proyecto.

La precipitación media total para la zona de estudio es de 69.20 mm, precipitación promedio máxima mensual de 169.30 mm; precipitación promedio mínima mensual 17.20 mm; con una acumulación total promedio de 830.38 mm. Así mismo se muestran los datos de precipitación al 75% de persistencia, con los que finalmente se trabajó.

Tabla 4: Precipitaciones pluviales de la zona de estudio

PRECIP	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
MED	168.8	169.3	149.8	55	26.1	17.6	17.2	20.9	28.9	43.4	44.6	88.8
P 75 %	126.61	127.00	112.34	41.27	19.55	13.19	12.90	15.70	21.70	32.51	33.44	66.58

FUENTE: Estudio Hidrológico

d. Humedad relativa

Se consideró la información promedio de la humedad relativa de las estaciones meteorológicas Chalhuanca, Colca, Cotaruse, Chalhuanca II, Antabamba, Curpahuasi y Pampachiri, que registra una variación mensual de 97.82% como valor más alto en el mes de agosto y el mínimo 82.50 % para el mes de marzo.

Tabla 5: Humedad relativa de la zona de estudio

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PAMPACHIRI	90.13	75.43	97	108.54	112.53	113.76	114.55	138.7	113.05	116.4	109.85	89.88
CHALHUANCA II	75.34	59.21	59.34	80.05	98.13	104.89	118.97	129.28	119.06	126.06	119.2	105.79
COTARUSE	84.74	84.77	83.71	85.01	78.41	77.7	77.12	79.79	79.57	78.14	76.67	80.21
CURPAHUASI	91.99	92.86	92.74	90.51	88.29	88	82.9	79.42	79.96	81.79	81.3	90.21
ANTABAMBA	75.3	78.41	79.71	73.93	67.65	60.22	62.22	61.9	63.46	64.86	64.82	70.24
PROM	83.5	78.13	82.5	87.61	89	88.91	91.15	97.82	91.02	93.45	90.33	87.27

FUENTE: Estudio hidrológico

e. Duración de horas de sol

Esta variable meteorológica ha sido tomada al promediar los resultados de las estaciones meteorológicas Abancay y Andahuaylas. Los resultados se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6: Duración de horas de sol

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
ANDAHUAYLAS	148.50	121.31	136.49	164.44	201.45	202.65	209.96	211.25	186.44	205.38	210.69	152.17
ABANCAY	140.19	129.93	153.91	189.29	218.93	216.76	217.62	220.36	202.42	218.42	202.25	157.34
PROM	144.35	125.62	145.20	175.37	210.19	209.71	213.79	215.81	194.43	211.90	206.13	154.76

FUENTE: Estudio Hidrológico

f. Velocidad de viento

En la zona de estudio no existen datos de registro de viento, por lo que se ha considerado los reportes de estaciones meteorológicas más cercanas tal como se observa en la Tabla siguiente:

Tabla 7: Velocidad de viento

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PROM (km/día)	127	127	112	41	20	13	13	16	22	33	33	67

FUENTE: Estudio hidrológico

g. Topografía

La topografía de la zona de estudio presenta un relieve accidentado, en la cual se observa pendientes fuertes.

Así mismo se tiene la superficie de las áreas del proyecto, en la cual están debidamente identificadas las parcelas con sus propietarios respectivos.

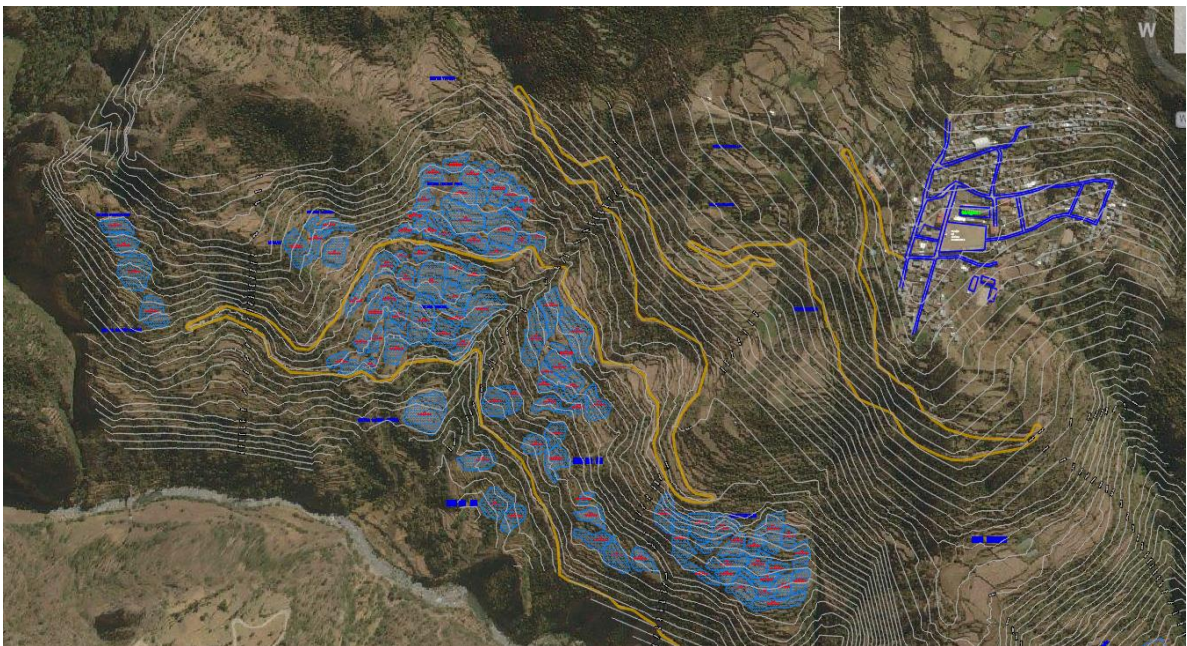


Figura 5: Parcelas del Sistema Santo Domingo

FUENTE: Estudio Topográfico

h. Fuente hídrica

La fuente hídrica a utilizar por el Sistema de Riego Santo Domingo proviene de la quebrada Pumachi, manantes Chahuapuquio 01 y 02; las cuales están acreditadas con Resolución Directoral N° 929-2019-ANA-AAA-PA.

Tabla 8: Ubicación geográfica de las fuentes hídricas

Fuente de agua	Ubicación de punto de interés			
	Unidad hidrográfica		Geográfica WGS 84	
	Cuenca	Código	Este (m)	Norte (m)
Quebrada Puente Pumachi	Pachachaca	49992	725735	8415012
Manante Chahuapuquio 1	Pachachaca	49992	725582	8414663
Manante Chahuapuquio 2	Pachachaca	49992	725587	8414645

FUENTE: R.D. N° 929-2019-ANA-AAA-PA.

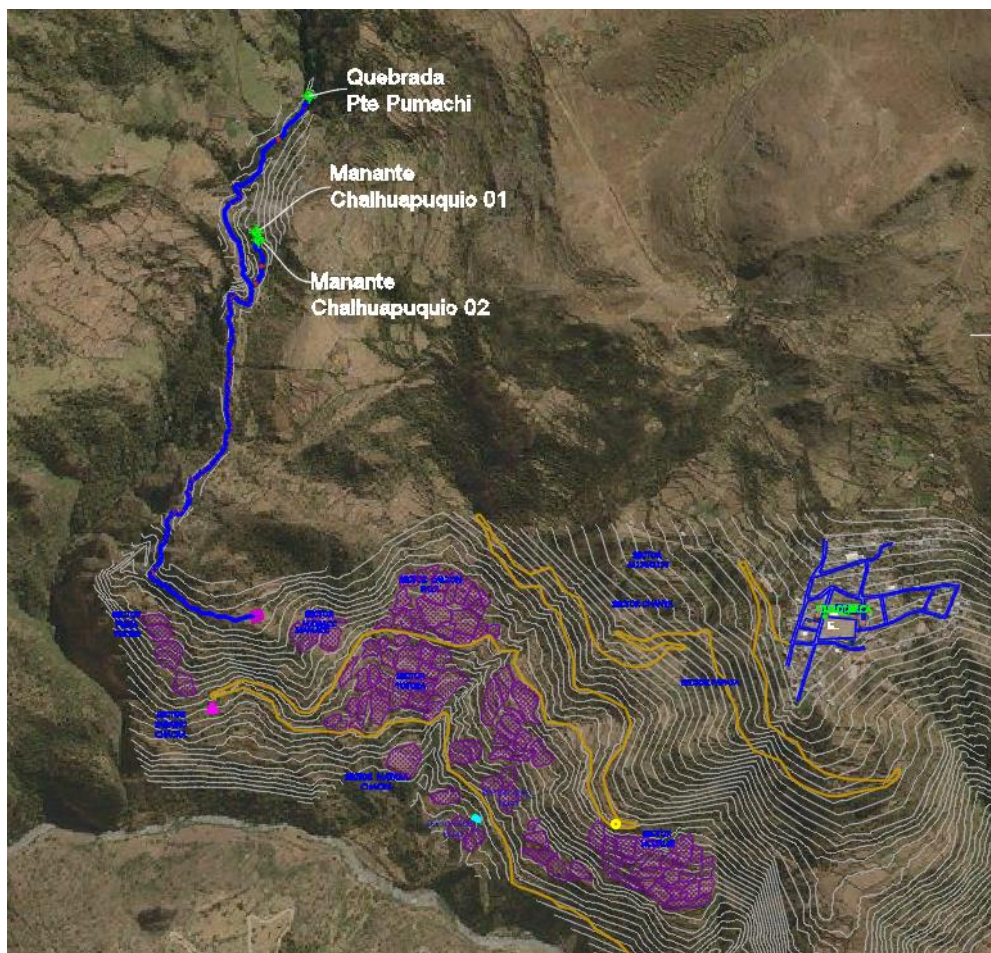


Figura 6: Ubicación de Fuentes hídricas

FUENTE: Estudio topográfico

i. Fuente de energía

La fuente de energía será potencial. Es decir, se aprovechará el desnivel topográfico existente en el proyecto.

j. Área de influencia y beneficiarios

El Sistema de riego Santo Domingo tiene una extensión de 16.60 has con un total de 87 usuarios; cada familia conformada por 5 miembros en promedio que vienen a ser los directamente beneficiados.

k. Cultivo

En el ámbito de estudio, actualmente se cultivan el maíz, papa, haba grano y arveja verde en campaña grande con un total de 10.46 has y en campaña chica haba verde y arveja con un total de 5.81 has tal como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9: Calendario agrícola sin proyecto

CULTIVO	AREAS (Has)	%	AREAS (HAS)											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAIZ	4.98	0.3	CG	CG	CG	CG							CG	CG
PAPA	2.99	0.18	CG	CG	CG							CG	CG	CG
HABA GRANO	1.66	0.1	CG	CG	CG	CG							CG	CG
ARVEJA VERDE	0.83	0.05	CG	CG	CG								CG	CG
HABA VERDE	2.49	0.15					CCH	CCH	CCH	CCH	CCH			
ARVEJA	3.32	0.2					CCH	CCH	CCH	CCH	CCH			
AREA CULTIVADA	10.46													

CAMPAÑA GRANDE	CG	CAMPAÑA CHICA	CCH	CULTIVO PERENNE	CP
----------------	----	---------------	-----	-----------------	----

FUENTE: Estudio Agrológico

Tabla 10: Cédula de cultivo sin proyecto – Campaña grande

CULTIVO	AREAS (Has)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
		AREAS (Ha)											
MAIZ	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98							4.98	4.98
PAPA	2.99	2.99	2.99	2.99							2.99	2.99	2.99
HABA GRANO	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66							1.66	1.66
ARVEJA VERDE	0.83	0.83	0.83	0.83								0.83	0.83
TOTAL	10.46	10.46	10.46	10.46	6.64						2.99	10.46	10.46

FUENTE: Estudio Agrológico

Tabla 11: Cédula de cultivo sin proyecto – Campaña chica

CULTIVO	AREAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	(Has)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	AREAS (Ha)												
HABA VERDE	2.49					2.49	2.49	2.49	2.49	2.49			
ARVEJA	3.32					3.32	3.32	3.32	3.32	3.32			
TOTAL	5.81					5.81	5.81	5.81	5.81	5.81			

FUENTE: Estudio Agrológico

I. Suelo

El ámbito del proyecto está ubicado en ladera, de topografía colinada, de erosión moderada, de origen coluvial, cuya profundidad efectiva del suelo es moderadamente profunda.

Para el análisis de esta zona se realizó 1 calicata, la cual tiene la siguiente ubicación:

Tabla 12: Ubicación de calicata

DESCRIPCION	Geográfica WGS 84	
	Este (m)	Norte (m)
C-1	726636	8413031

FUENTE: Estudio Agrológico

I.1. Características morfológicas

Presenta una secuencia de horizonte tipo AC, son suelos moderadamente profundos. La capa arable (Ap) mide 50 cm y el horizonte C1 presenta un espesor de 100cm, el color de la capa arable es gris olivo 5Y4/2, de textura limosa, con presencia de raíces y pelos absorbentes. Estructura granular, el pH de los suelos es 7.4, lo cual indica que estos suelos son ligeramente alcalinos. Para mayores detalles se tiene la siguiente Figura:

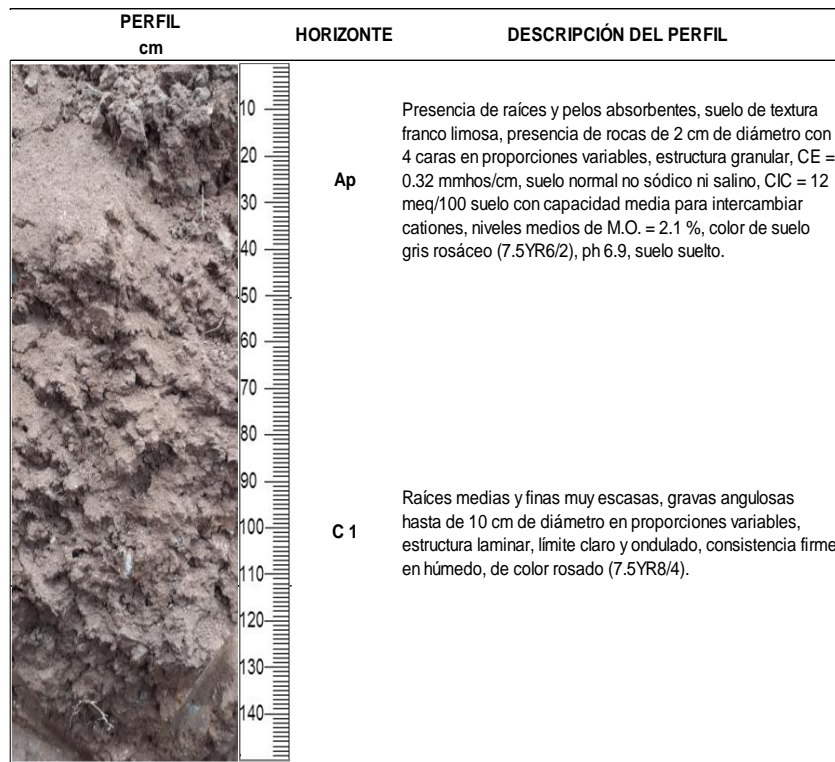


Figura 7: Perfil Modal de Calicata

FUENTE: Estudio Agrológico

1.2. Características físicas y químicas

Para la caracterización del suelo, se realizó un muestreo del ámbito del proyecto y se envió a laboratorio. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 13: Resultados de análisis de caracterización

Cal	Análisis Mecánico (%)			Clase Textural	CIC meq/100	C.E. mmhos/cm	pH	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)		Cationes cambiabiles (meq/100)	
	Arena	Limo	Arcilla							P2O5 (ppm)	K2O (ppm)	Ca++	Mg++
7	41	53	6	Franco-Limoso	12	0.32	6.9	2.1	0.1	20	300	10.8	1.2

FUENTE: Estudio Agrológico

Interpretación:

- La clase textural de esta serie es franco limoso, que lo hace adecuado para la explotación agrícola en esta zona.

- Los suelos de esta serie presentan un pH de 6.9, lo cual indica que estos suelos son prácticamente neutros.
- La conductividad eléctrica del suelo es de 0.32 mmhos/cm, lo que nos indica que son suelos normales.
- La capacidad de intercambio catiónico es de 12 meq/100, que indica un rango medio de C.I.C.
- El contenido de materia orgánica es de 2.1 %, que indica un porcentaje medio de M.O. en el suelo.
- Respecto al contenido de los elementos disponibles como es el caso del nitrógeno, éste presenta un valor de 0.1% que representa niveles bajos, el fósforo presenta un valor de 20 ppm que representa niveles altos y el potasio presenta un valor de 300 ppm que representa niveles medios. En términos generales, de acuerdo al análisis de suelos, el contenido de nutrientes disponibles se encuentra en niveles bajos y medios, por lo tanto, se tendrá que incorporar NPK de acuerdo a los requerimientos de los cultivos propuestos.

1.3. Prueba de infiltración

Se realizó esta prueba mediante el método de cilindros infiltrómetros para la determinación de la velocidad básica de infiltración del suelo.

Se obtuvo que dicha velocidad es de 10.44 mm/hr.



Figura 8: Prueba de infiltración

FUENTE: Estudio agrológico

m. Situación actual de la infraestructura existente

m.1. Captación Puente Pumachi

Es una infraestructura de concreto armado con un ancho de 4.20m, con muros de encauzamiento de 28m de largo, con espesor de 0.25m y altura de 1.35m. Se encuentra en regulares condiciones, con la base erosionada por el golpe de piedras durante el periodo de lluvias.



Figura 9: Bocatoma de la quebrada Pumachi

FUENTE: Expediente Técnico

m.2. Canal de Conducción

Actualmente, no conduce agua de riego debido a que la tubería de PVC 8" se encuentra obstruida. Así mismo presenta tramos de canal de concreto y de tierra los mismos que están deteriorados.



Figura 10: Condición actual del canal de concreto

FUENTE: Expediente Técnico

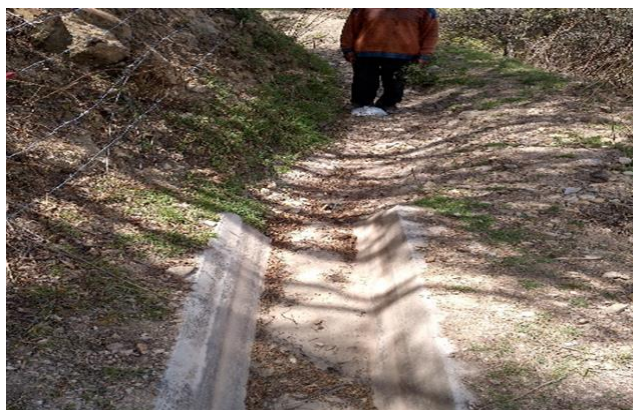


Figura 11: Condición actual del canal de tierra

FUENTE: Expediente Técnico

m.3. Sistema de almacenamiento

No cuenta con reservorio.

5.2.2. Balance hídrico

Con la información recopilada de clima, características de cultivo, características físicas del suelo, información de fuentes hídricas, topografía e información brindada por los agricultores en cuanto a las costumbres relacionadas al manejo del riego, se procedió al cálculo del balance hídrico, el mismo que determinará si el proyecto es técnicamente viable.

a. Cálculo de Demanda hídrica

Para la determinación de la demanda hídrica se trabajó con la siguiente información meteorológica previamente recopilada.

Tabla 14: Resumen de variables meteorológicas

VARIABLE MET	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
T° MIN	7.7	6.4	6.1	5.1	2.7	1.1	0.7	1.4	2.8	3.5	4.7	5.7
T° MAX	23.0	22.8	22.1	22.6	23.5	22.8	22.5	23.6	24.5	25.3	25.8	25.1
% HUMEDAD	83.5	78.1	82.5	87.6	89.0	88.9	91.2	97.8	91.0	93.5	90.3	87.3
VIENTO	127	127	112	41	20	13	13	16	22	33	33	67
INSOLACION	4.7	4.5	4.7	5.8	6.8	7.0	6.9	7.0	6.5	6.8	6.9	5.0

FUENTE: Elaboración propia

a.1. Cálculo de Evapotranspiración de referencia

Como primer paso, se realizó el cálculo de la ETo, para ello se consideraron los datos de variables meteorológicas como; la temperatura mínima, máxima, velocidad de viento, horas del sol y porcentaje de humedad.

Se hizo uso del software CropWat 8.0 utilizando el método de Penman-Monteith.

ETo Penman-Monteith Mensual - untitled							
País		PERU		Estación		HUAQUIRCA-SABAINO	
Altitud		3603 m.		Latitud		14.19 °N	
				Longitud		72.55 °E	
Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m²/día	mm/mes
Enero	7.7	23.0	84	127	4.7	13.7	83.63
Febrero	6.4	22.8	78	127	4.5	14.6	83.91
Marzo	6.1	22.1	83	112	4.7	16.1	97.32
Abril	5.1	22.6	88	41	5.8	18.5	104.14
Mayo	2.7	23.5	89	20	6.8	19.9	114.65
Junio	1.1	22.8	89	13	7.0	19.9	108.60
Julio	0.7	22.4	91	13	6.9	19.8	109.71
Agosto	1.4	23.6	98	16	7.0	20.1	112.35
Septiembre	2.8	24.5	91	22	6.5	18.9	104.10
Octubre	3.5	25.3	93	33	6.8	18.3	103.15
Noviembre	4.7	25.8	90	33	6.9	16.9	91.06
Diciembre	5.7	25.1	87	67	5.0	13.7	80.82
Promedio	4.0	23.6	88	52	6.0	17.5	1193.44

Figura 12: Cálculo del Eto en CropWat

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 15: Resultados de Eto

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
ETo (mm/mes)	83.6	83.9	97.3	104.1	114.7	108.6	109.7	112.4	104.1	103.2	91.1	80.8

FUENTE: Elaboración propia

a.2. Cédula de cultivo propuesta

Para el proyecto se consideró los siguientes cultivos: maíz, papa, haba grano, arveja verde en campaña grande (noviembre-abril), mientras que para campaña chica (mayo-octubre) los cultivos que se plantearon son haba verde, arveja verde y hortalizas y como cultivo perenne la alfalfa con un área total de 16.60 has.

Tabla 16: Calendario agrícola con proyecto

CULTIVO	AREAS (Has)	%	AREAS (HAS)												
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
MAIZ	5.81		CG	CG	CG	CG	CG							CG	
PAPA	3.32	0.35	CG	CG	CG	CG								CG	CG
HABA GRANO	2.49	0.15	CG	CG	CG	CG								CG	CG
ARVEJA VERDE	1.66	0.1	CG	CG	CG									CG	CG
ALFALFA	3.32	0.2	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP	CP
HABA VERDE	6.64	0.4						CCH	CCH	CCH	CCH	CCH			
ARVEJA VERDE	4.15	0.25						CCH	CCH	CCH	CCH	CCH			
HORTALIZAS	2.49	0.15						CCH	CCH	CCH	CCH	CCH			
AREA CULTIVADA	16.6														

CAMPAÑA GRANDE	CG	CAMPAÑA CHICA	CCH	CULTIVO PERENNE	CP
----------------	----	---------------	-----	-----------------	----

FUENTE: Estudio Agrológico

Tabla 17: Cédula de cultivo con proyecto- Campaña grande

CULTIVO	AREAS (Has)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
AREAS (Ha)													
MAIZ	5.81	5.81	5.81	5.81	5.81	5.81							5.81
PAPA	3.32	3.32	3.32	3.32	3.32							3.32	3.32
HABA GRANO	2.49	2.49	2.49	2.49	2.49							2.49	2.49
ARVEJA VERDE	1.66	1.66	1.66	1.66								1.66	1.66
ALFALFA	3.32	3.32	3.32	3.32	3.32	3.32						3.32	3.32
TOTAL	16.6	16.6	16.6	16.6	14.94	9.13						10.79	16.6

FUENTE: Estudio Agrológico

Tabla 18: Cédula de cultivo con proyecto- Campaña chica

CULTIVO	AREAS (Has)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
AREAS (Ha)													
ALFALFA							3.32	3.32	3.32	3.32	3.32		
HABA VERDE	6.64						6.64	6.64	6.64	6.64	6.64		
ARVEJA VERDE	4.15						4.15	4.15	4.15	4.15	4.15		
HORTALIZAS	2.49						2.49	2.49	2.49	2.49	2.49		
TOTAL	16.6						16.6	16.6	16.6	16.6	16.6		

FUENTE: Estudio Agrológico

a.3. Coeficiente del cultivo

Los coeficientes de cultivo kc fueron obtenidos teniendo como referencia estudios con similares características climáticas, así como también el Manual de Riego por Gravedad (Olarte, 1985). En el siguiente cuadro se muestra los Kc utilizados para cada cultivo.

Tabla 19: Kc de los cultivos con proyecto

CULTIVO	AREAS (Has)	RESUMEN DEL Kc (en función al cultivo y su periodo vegetativo)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAIZ	5.81	0.89	0.99	0.94	0.65	0.28							0.50
PAPA	3.32	0.95	0.97	0.80	0.33							0.27	0.72
HABA GRANO	2.49	0.57	0.59	0.48	0.20							0.16	0.43
ARVEJA VERDE	1.66	0.68	0.53	0.23								0.19	0.48
ALFALFA	3.32	0.77	0.65	0.55	0.58	0.67	0.75	0.83	0.92	0.90	0.90	0.88	0.85
HABA VERDE	6.64						0.19	0.48	0.68	0.53	0.23		
ARVEJA VERDE	4.15						0.19	0.48	0.68	0.53	0.23		
HORTALIZAS	2.49						0.19	0.48	0.68	0.53	0.23		
AREA CULTIVADA	16.6	16.60	16.60	16.60	14.94	9.13	16.60	16.60	16.60	16.60	16.60	10.79	16.60
KC. PONDERADO		0.81	0.81	0.69	0.49	0.42	0.30	0.55	0.73	0.60	0.36	0.42	0.60

FUENTE: Estudio Agrológico

Debido a que se trabajó con varios cultivos se realizó el cálculo del Kc ponderado, cuyos resultados se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20: Resultados de Kc Ponderado

CULTIVO	AREAS (Has)	RESUMEN DEL Kc (en función al cultivo y su periodo vegetativo)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
AREA CULTIVADA	16.6	16.60	16.60	16.60	14.94	9.13	16.60	16.60	16.60	16.60	16.60	10.79	16.60
KC. PONDERADO		0.81	0.81	0.69	0.49	0.42	0.30	0.55	0.73	0.60	0.36	0.42	0.60

FUENTE: Elaboración propia

a.4. Cálculo de evapotranspiración de cultivo

Se calculó la evapotranspiración real del cultivo, obteniendo el valor máximo para el mes de agosto con 81.72 mm/mes.

Tabla 21: Resultados Etc.

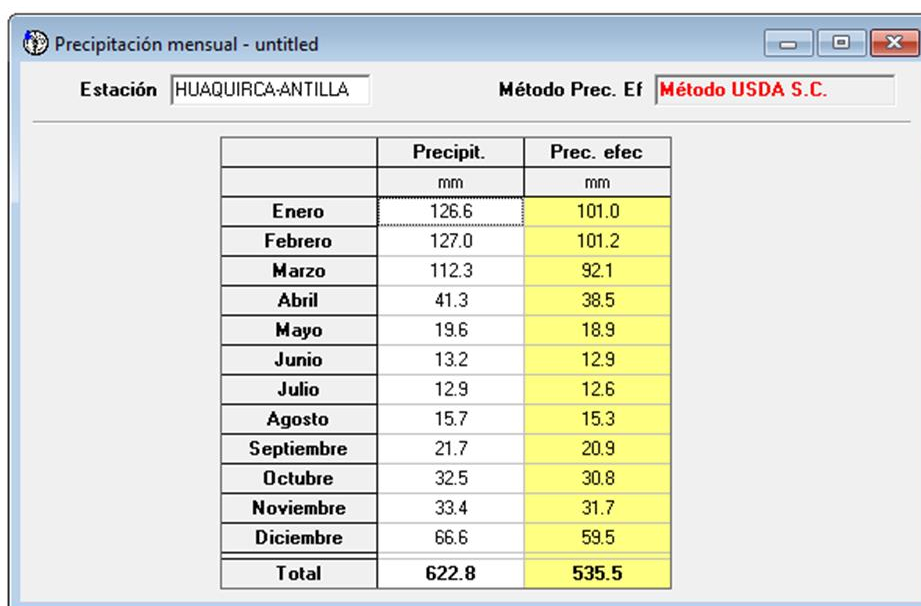
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
ETO (mm/mes)	83.6	83.9	97.3	104.1	114.7	108.6	109.7	112.4	104.1	103.2	91.1	80.8
KC	0.81	0.81	0.69	0.49	0.42	0.30	0.55	0.73	0.60	0.36	0.42	0.60
ETC (mm/mes)	67.60	68.06	67.54	50.73	48.22	32.80	60.41	81.72	62.46	37.13	38.41	48.61

FUENTE: Elaboración propia

a.5. Cálculo de precipitación efectiva

El cálculo de la precipitación efectiva es importante, ya que indica el valor real que será aprovechado por la planta. Al igual que el cálculo del Eto, el de esta variable se realizó mediante el software Cropwat con el Método USDA S.C.

Los resultados se muestran en la siguiente Figura.



The screenshot shows a software window titled "Precipitación mensual - untitled". At the top, there are two input fields: "Estación" with the value "HUAQUIRCA-ANTILLA" and "Método Prec. Ef" with the value "Método USDA S.C.". Below these fields is a table with three columns: "Precipit." (mm) and "Prec. efec" (mm). The table lists monthly data from January to December, along with a "Total" row. The "Prec. efec" column values are highlighted in yellow.

	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	126.6	101.0
Febrero	127.0	101.2
Marzo	112.3	92.1
Abril	41.3	38.5
Mayo	19.6	18.9
Junio	13.2	12.9
Julio	12.9	12.6
Agosto	15.7	15.3
Septiembre	21.7	20.9
Octubre	32.5	30.8
Noviembre	33.4	31.7
Diciembre	66.6	59.5
Total	622.8	535.5

Figura 13: Resultados de PE

FUENTE: Elaboración propia

a.6. Demanda hídrica con proyecto

Con los valores de Eto, Kc y precipitación efectiva previamente calculada, se procedió a realizar el cálculo de la demanda hídrica, obteniendo el máximo volumen para el mes de agosto con 20 416.74 m³ y un módulo de riego de 0.46 l/s.

Tabla 22: Cálculo de demanda hídrica

ITEM	VARIABLES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2	AREA TOTAL CULTIVADA	16.6	16.6	16.6	14.94	9.13	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	10.79	16.6
3	COEFICIENTE PONDERADO (Kc)	0.81	0.81	0.69	0.49	0.42	0.30	0.55	0.73	0.60	0.36	0.42	0.60
4	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (ETP)	83.63	83.91	97.32	104.14	114.65	108.6	109.71	112.35	104.1	103.15	91.06	80.82
5	USO CONSUNTIVO (ETC)	67.60	68.06	67.54	50.73	48.22	32.80	60.41	81.72	62.46	37.13	38.41	48.61
6	FACTORES PLUVIOMETRICOS												
	PRECIPITACIÓN REGIONALIZADA AL 75%	126.61	127.00	112.34	41.27	20.00	13.19	12.90	15.70	21.70	32.51	33.44	66.58
	Precipitación efectiva mm/mes	101	101.2	92.1	38.5	18.9	12.9	12.6	15.3	20.9	30.8	31.7	59.5
7	DEMANDAS												
	Req. Lámina de agua /Demanda Neta Mensual (mm)	0	0	0	12.23	29.32	19.90	47.81	66.42	41.56	6.33	6.71	0
	Requerimiento volumen (m ³)	0	0	0	122.30	293.22	198.97	478.14	664.16	415.60	63.34	67.09	0
	Eficiencia de Riego	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
	Número de horas de riego	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
8	DEMANDA PROMEDIO.												
	Modulo de Riego Promedio (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.09	0.20	0.14	0.33	0.46	0.30	0.04	0.05	0.00
9	CAUDALES REQUERIDOS												
	Área total (Has)	16.6	16.6	16.6	14.94	9.13	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	10.79	16.6
	Caudal Demandado (lt/seg)	0	0.00	0.00	1.31	1.85	2.36	5.49	7.62	4.93	0.73	0.52	0.00
	Volumen hidrico demandado (m ³)	0	0.00	0.00	3383.54	4957.67	6116.55	14698.27	20416.74	12775.85	1947.12	1340.49	0.00

FUENTE: Elaboración propia

b. Cálculo de la oferta hídrica

La oferta hídrica está sustentada con la Resolución Directoral N° 929-2019-ANA-AAA-PA, el cual otorga permiso para uso de las 3 fuentes hídricas.

La quebrada Puente Pumachi tiene una disponibilidad de 166 054 m3 anuales, mientras que el manante Chahuapuquio 1 32 936 m3 y el manante Chahuapuquio 2 13375. Por tanto, se tiene una oferta hídrica de 212 365 m3 anuales de las fuentes hídricas.

Tabla 23: Disponibilidad Hídrica (m3)

PTO INTERES	UND	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL (M3/AÑO)
Q. PUENTE PUMACHI	M3	0	0	0	29989	22927	21851	34176	13124	12701	14490	16796	0	166054
M. CHALHUAPUQUIO 1	M3	0	0	0	4769	3643	3473	5437	5303	4588	3053	2670	0	32936
M. CHALHUAPUQUIO 2	M3	0	0	0	1866	1446	1374	2143	2464	1814	1205	1063	0	13375
TOTAL	M3	0	0	0	36624	28016	26698	41756	20891	19103	18748	20529	0	212365

FUENTE: R.D. N° 929-2019-ANA-AAA-PA.

Las 3 fuentes hídricas, hacen en suma un caudal de 7.8 l/s; para el mes de agosto, tal como se muestra en la Tabla.

Tabla 24: Disponibilidad Hídrica (l/s)

PTO INTERES	UND	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL (M3/AÑO)
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Q. PUENTE PUMACHI	L/S	0	0	0	11.57	8.56	8.43	12.76	4.90	4.90	5.41	6.48	0	63.01
M. CHALHUAPUQUIO 1	L/S	0	0	0	1.84	1.36	1.34	2.03	1.98	1.77	1.14	1.03	0	12.49
M. CHALHUAPUQUIO 2	L/S	0	0	0	0.72	0.54	0.53	0.80	0.92	0.70	0.45	0.41	0	5.07
TOTAL	L/S	0	0	0	14.13	10.46	10.30	15.59	7.80	7.37	7.00	7.92	0	80.57

FUENTE: R.D. N° 929-2019-ANA-AAA-PA.

c. Balance Oferta-Demanda

En este ítem se realizó el comparativo entre la oferta hídrica disponible con la demanda calculada según la cédula de cultivo implementada.

La oferta anual es de 212 365 m3 y la demanda anual es de 65 636.23 m3.

En las siguientes tablas se presenta los resultados de oferta y demanda.

Tabla 25: Balance hídrico con proyecto (l/s)

	UND	ENE 31	FEB 28	MAR 31	ABR 30	MAY 31	JUN 30	JUL 31	AGO 31	SET 30	OCT 31	NOV 30	DIC 31
OFERTA	L/S	0	0	0	14.13	10.46	10.30	15.59	7.80	7.37	7.00	7.92	0
DEMANDA	L/S	0	0	0	1.31	1.85	2.36	5.49	7.62	4.93	0.73	0.52	0
BALANCE	L/S	0	0	0	12.82	8.61	7.94	10.10	0.18	2.44	6.27	7.40	0

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 26: Balance hídrico sin proyecto (l/s)

	UND	ENE 31	FEB 28	MAR 31	ABR 30	MAY 31	JUN 30	JUL 31	AGO 31	SET 30	OCT 31	NOV 30	DIC 31
OFERTA	M3	0	0	0	36624.00	28016.00	26698.00	41756.00	20891.00	19103.00	18748.00	20529.00	0
DEMANDA	M3	0	0	0	3383.54	4957.67	6116.55	14698.27	20416.74	12775.85	1947.12	1340.49	0
BALANCE	M3	0	0	0	33240.5	23058.3	20581.5	27057.7	474.26	6327.15	16800.9	19188.5	0

FUENTE: Elaboración propia

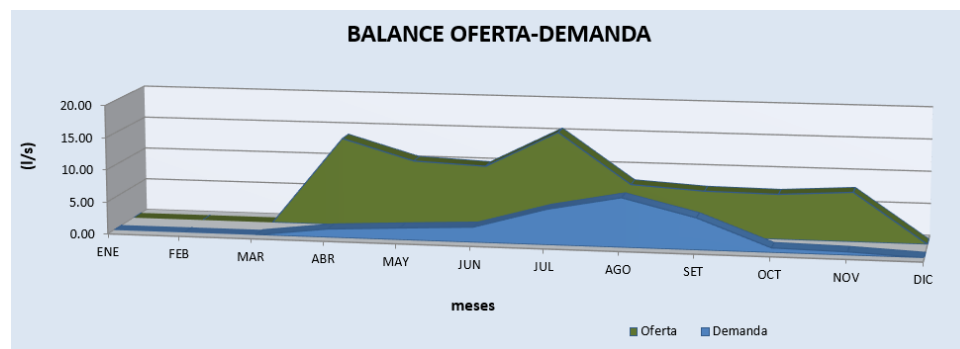


Figura 14: Balance Oferta-Demanda

FUENTE: Elaboración propia.

5.2.3. Diseño agronómico

a. Parámetros de diseño

El diseño agronómico del sistema de riego consistió en determinar las características de los turnos de riego y su forma de operación. Para ello, se tomaron en cuenta diversos parámetros como el tipo de suelo, necesidades de agua del cultivo propuesto.

Cabe resaltar que la necesidad de riego se da para condiciones críticas, en épocas de máxima demanda.

El área del proyecto tiene un suelo con textura Franco limoso y una pendiente elevada, por lo cual se planteó aspersores con laterales móviles.

Para este proyecto se utilizó el aspersor VYR 36 teniendo en consideración que el marco de riego es de 16m x 16m, con una velocidad de infiltración de 7.18 mm/hr, la cual es menor a la velocidad básica del suelo (10.44 mm/hr).



Figura 15: Aspersor VYR 36

FUENTE: Catálogo Vyrsa

Tabla 27: Especificaciones del aspersor Vyr 36

MODELO:	VYR 36-2
BOQUILLA (MM)	4.8x3.2
CAUDAL (L/HR)	1837
CAUDAL (L/S)	0.51
DIAMETRO MOJADO (M)	27
PRESION DE TRABAJO (BAR)	2
PRESION DE TRABAJO (M.C.A)	20.4
TRASLAPE ENTRE ASP. (%)	85
ESP. ENTRE ASP. (M)	16

FUENTE: Elaboración Propia

A continuación, se presenta los parámetros de diseño agronómico utilizados.

Tabla 28: Parámetros de diseño agronómico

Descripción	Unidad	Valores
Area de Proyecto	ha	16.6
Cultivo		Maiz, habas, hortalizas
Tipo de Suelo (Según Analisis de suelos)		Franco limoso
Infiltracion basica permitida (pendiente y textura suelos)	mm/hr	10.44
Densidad aparente	gr/cm ³	1.25
Capacidad de Campo (CC)	%	17.85
Punto de Marchitez (PMP)	%	9.82
Profundidad de raíz	cm	60
% Agotamiento	%	40.00%
Dosis Neta de Riego de Almacenamiento Suelo y Cultivo	mm	24.09
Eto máx	mm/día	3.70
Kc máx		0.81
Etc máx	mm/día	3.00
Precipitacion Efectiva	mm/día	0.00
Lamina Neta de Riego	mm/día	3.00
Frecuencia Maxima entre cada riego	día	8.00
Eficiencia aplicación	%	80.00%
Lamina Bruta a Reponer	mm/día	3.75
Datos del emisor		
Q aspersor	lph	1837.00
Presion Nominal de Operación	bar	2.00
Nº de laterales de riego	Nº	1.00
Sistema de Aspersión		Movil
Distancia entre laterales	m	16.00
Distancia entre aspersores	m	16.00
Frecuencia adoptada en el sistema de Riego por Aspersión	días	7.00
Demanda Bruta Total a reponer	mm	26.22
Dosis de riego bruta	m ³ /ha	262.24
Precipitación horaria del sistema (pph)	mm/hr	7.18
	m ³ /ha/hr	71.76
	l/s/ha	19.93
Tiempo máximo de riego	horas/día	12.00
Tiempo de riego por turno	horas/día	3.65
Tiempo por cambio de posición	hr	0.40
Tiempo de riego por turno de operación	hr	4.05
Tiempo de riego por turno de operación ajustado	hr	4.00
Nº Turnos / día	Nº	3.00
Tiempo de Riego por día	horas	12.00
Numero días por riego	días	6.00
Nº Turnos totales por riego	Nº	18.00
Area del Proyecto	ha	16.60
Area por turno	ha	0.92
Dosis de riego bruto por turno	m ³ /turno	241.84
Area por día	ha	2.77
	m ³ /hr/turno	60.46
Capacidad maxima del sistema por turno	lps/turno	16.79

FUENTE: Elaboración propia

5.2.4. Simulación en Watercad

a. Consideraciones previas

a.1. Diseño de lateral de riego

Según el aspersor seleccionado en el diseño agronómico, se proyectaron los laterales de riego, que para este caso serán módulos de 1, 2 y 3 aspersores.

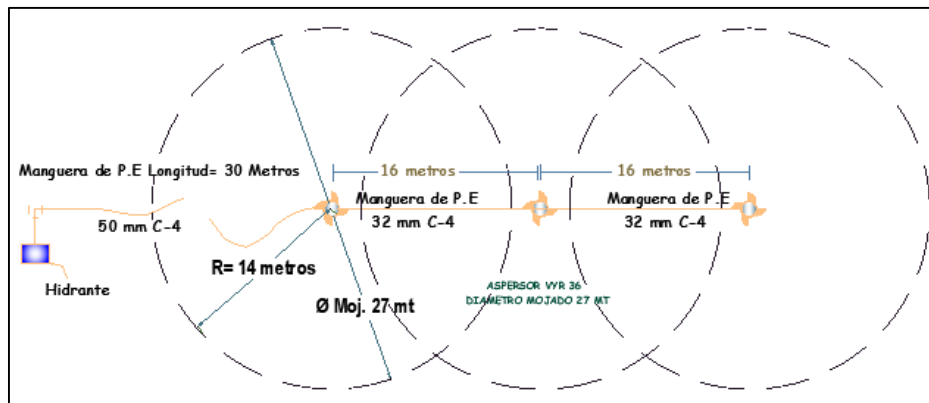


Figura 16: Lateral de riego con 3 aspersores

FUENTE: Elaboración propia

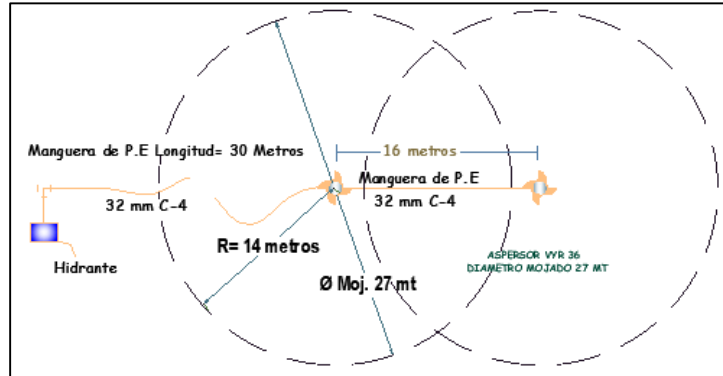


Figura 17: Lateral de riego con 2 aspersores

FUENTE: Elaboración propia

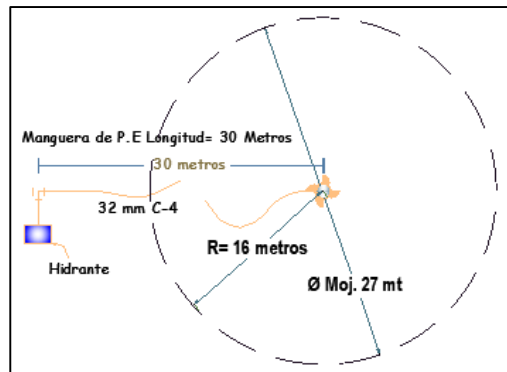


Figura 18: Lateral de riego con 1 aspersor

FUENTE: Elaboración propia

Se realizó el cálculo de las pérdidas de carga de la línea móvil para cada caso y la presión requerida en cada hidrante, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 29: Pérdidas de carga el Lateral de 1 aspersor

Tramo	Longitud Tramo	Caudal Salida / tramo	Caudal Sistema / tramo		Rugosidad	Diámetro Nominal (Dn)	Diámetro Interno (Di)	Velocidad (V)	Pérdida Unitaria (J)	Pérdidas Principales Tramo (Hf)	Pérdidas Secundaria (Hfs)	Pérdidas Totales Tramo (HfT)
			(M3/Hr)	(LPS)								
	(m)	(M3/Hr)	(M3/Hr)	(LPS)	C	(mm)	(mm)	(m/s)	(mca / m)	(mca)	(mca)	(mca)
Hidrante- ASP 1	30.00	0.00	1.84	0.51	140.00	HDPE 32mm-PN6	28.00	0.83	0.0330	0.99	0.10	1.09
ASP 1 - BOQ1	1.50	0.00	1.84	0.51	150.00	PVC 3/4"-C10	22.90	1.24	0.0774	0.12	0.01	0.13

FUENTE: Elaboración propia

Perdidas total (mca)	1.22
Presion aspersor (mca)	20.40
Desnivel (en contra)	4.00
P. requerida (mca)	25.61

Tabla 30: Pérdidas de carga el Lateral de 2 aspersores

Tramo	Longitud Tramo	Caudal Salida / tramo	Caudal Sistema / tramo		Rugosidad	Diámetro Nominal (Dn)	Diámetro Interno (Di)	Velocidad (V)	Pérdida Unitaria (J)	Pérdidas Principales Tramo (Hf)	Pérdidas Secundaria (Hfs)	Pérdidas Totales Tramo (HfT)
			(M3/Hr)	(LPS)								
	(m)	(M3/Hr)	(M3/Hr)	(LPS)	C	(mm)	(mm)	(m/s)	(mca / m)	(mca)	(mca)	(mca)
HIDRANTE - ASP 1	30.00	0.00	3.67	1.02	140.00	HDPE 32mm-PN6	28.00	1.66	0.1192	3.58	0.36	3.93
ASP 1 - BOQ1	1.50	0.00	1.84	0.51	150.00	PVC 3/4"-C10	22.90	1.24	0.0774	0.12	0.01	0.13
ASP 1 - ASP 2	16.00	0.00	1.84	0.51	140.00	HDPE 32mm-PN6	28.00	0.83	0.0330	0.53	0.05	0.58
ASP 2 - BOQ2	1.50	0.00	1.84	0.51	150.00	PVC 3/4"-C10	22.90	1.24	0.0774	0.12	0.01	0.13

FUENTE: Elaboración propia

Perdidas total (mca)	4.77
Presion aspersor (mca)	20.40
Desnivel (en contra)	4.00
P. requerida (mca)	29.17

Tabla 31: Pérdidas de carga el Lateral de 3 aspersores

Tramo	Longitud Tramo	Caudal Salida / tramo	Caudal Sistema / tramo		Rugosidad	Diámetro Nominal (Dn)	Diámetro Interno (Di)	Velocidad (V)	Pérdida Unitaria (J)	Pérdidas Principales Tramo (Hf)	Pérdidas Secundaria (Hfs)	Pérdidas Totales Tramo (HfT)
	(m)	(M3/Hr)	(M3/Hr)	(LPS)	C	(mm)	(mm)	(m/s)	(mca / m)	(mca)	(mca)	(mca)
HIDRANTE - ASP 1	30.00	0.00	5.51	1.53	140.00	HDPE 50mm-PN4	46.00	0.92	0.0225	0.68	0.07	0.74
ASP 1 - BOQ1	1.50	0.00	1.84	0.51	150.00	PVC 3/4"-C10	22.90	1.24	0.0774	0.12	0.01	0.13
ASP 1 - ASP 2	16.00	0.00	3.67	1.02	140.00	HDPE 32mm-PN4	28.00	1.66	0.1192	1.91	0.19	2.10
ASP 2 - BOQ2	1.50	0.00	1.84	0.51	150.00	PVC 3/4"-C10	22.90	1.24	0.0774	0.12	0.01	0.13
ASP 2 - ASP 3	16.00	0.00	1.84	0.51	140.00	HDPE 32mm-PN4	28.00	0.83	0.0330	0.53	0.05	0.58
ASP 3 - BOQ3	1.50	0.00	1.84	0.51	150.00	PVC 3/4"-C10	22.90	1.24	0.0774	0.12	0.01	0.13

FUENTE: Elaboración propia

Perdidas total (mca)	3.81
Presion aspersor (mca)	20.40
Desnivel (en contra)	4.00
P. requerida (mca)	28.20

a.2. Ubicación de laterales de riego

En el plano topográfico se ubicó las líneas móviles (1, 2 y 3 aspersores) sobre las áreas a irrigar, teniendo como requisito que la línea de riego no deba tenderse mucho en sentido hacia abajo o hacia arriba de la pendiente, ya que ello producirá mala uniformidad de la precipitación de aspersores de una misma línea móvil.

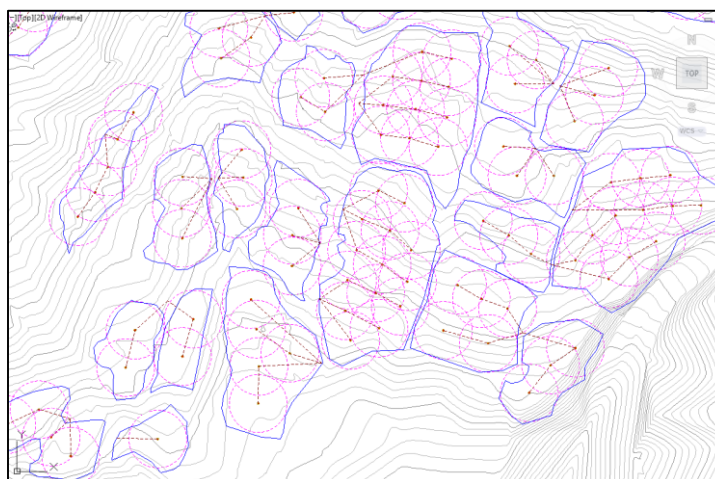


Figura 19: Ubicación de laterales de riego

FUENTE: Elaboración propia

a.3. Ubicación de hidrantes

Los hidrantes suelen colocarse a pie de parcela, sin embargo no existe literatura científica que aborde con rigor la ubicación de hidrantes en la red de distribución. Ello dependerá de la configuración de la parcela.

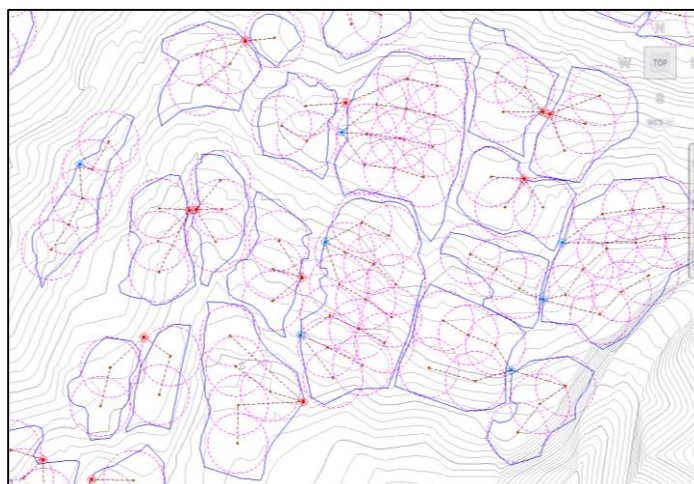


Figura 20: Ubicación de hidrantes

FUENTE: Elaboración propia

a.4. Cálculo de caudal por hidrante

El cálculo de caudal por hidrante dependió del lateral de riego que se va abastecer, es así que, si el hidrante abastece el lateral de 1 aspersor, su caudal será de 0.51 l/s. mientras que para 2 y 3 aspersores será 1.02 l/s y 1.53 l/s respectivamente.

Tabla 32: Caudales de hidrantes H-1 al H-30

N° hidrante	H una salida =1 H dos salidas=2	N° Aspersores	Posición (4 Hr)	Caudal aspersor (l/s)	Caudal hidrante (l/s)
H-1	1	2	2	0.51	1.02
H-2	1	3	2	0.51	1.53
H-3	1	3	3	0.51	1.53
H-4	1	3	3	0.51	1.53
H-5	2	2	3	0.51	2.04
H-6	1	2	2	0.51	1.02
H-7	1	3	2	0.51	1.53
H-8	1	3	2	0.51	1.53
H-9	2	1	3	0.51	1.02
H-10	1	2	2	0.51	1.02
H-11	1	2	3	0.51	1.02
H-12	1	1	1	0.51	0.51
H-13	1	3	2	0.51	1.53
H-14	1	1	3	0.51	0.51
H-15	1	1	1	0.51	0.51
H-16	2	1	3	0.51	1.02
H-17	1	1	2	0.51	0.51
H-18	1	1	2	0.51	0.51
H-19	1	2	3	0.51	1.02
H-20	2	1	3	0.51	1.02
H-21	1	2	3	0.51	1.02
H-22	1	1	3	0.51	0.51
H-23	2	3	3	0.51	3.06
H-24	1	3	2	0.51	1.53
H-25	2	1	3	0.51	1.02
H-26	1	1	2	0.51	0.51
H-27	1	1	3	0.51	0.51
H-28	1	1	3	0.51	0.51
H-29	1	2	3	0.51	1.02
H-30	1	3	3	0.51	1.53

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 33: Caudales de hidrantes H-31 al H-70

N° hidrante	H una salida =1 H dos salidas=2	N° Aspersores	Posición (4 Hr)	Caudal aspersor (l/s)	Caudal hidrante (l/s)
H-31	1	3	3	0.51	1.53
H-32	1	1	3	0.51	0.51
H-33	1	3	3	0.51	1.53
H-34	1	2	3	0.51	1.02
H-35	1	1	2	0.51	0.51
H-36	1	3	3	0.51	1.53
H-37	2	1	3	0.51	1.02
H-38	1	1	3	0.51	0.51
H-39	1	3	3	0.51	1.53
H-40	1	3	2	0.51	1.53
H-41	1	3	3	0.51	1.53
H-42	2	2	3	0.51	2.04
H-43	1	3	1	0.51	1.53
H-44	1	3	3	0.51	1.53
H-45	1	3	3	0.51	1.53
H-46	1	2	2	0.51	1.02
H-47	1	3	2	0.51	1.53
H-48	1	2	1	0.51	1.02
H-49	1	1	3	0.51	0.51
H-50	1	2	3	0.51	1.02
H-51	1	3	3	0.51	1.53
H-52	1	2	2	0.51	1.02
H-53	1	1	3	0.51	0.51
H-54	1	2	3	0.51	1.02
H-55	1	3	2	0.51	1.53
H-56	1	2	2	0.51	1.02
H-57	1	2	3	0.51	1.02
H-58	1	1	3	0.51	0.51
H-59	1	3	3	0.51	1.53
H-60	1	1	1	0.51	0.51
H-61	1	2	2	0.51	1.02
H-62	1	2	1	0.51	1.02
H-63	1	2	3	0.51	1.02
H-64	1	3	2	0.51	1.53
H-65	1	1	2	0.51	0.51
H-66	1	2	3	0.51	1.02
H-67	1	1	2	0.51	0.51
H-68	1	2	3	0.51	1.02
H-69	2	2	3	0.51	2.04
H-70	1	1	3	0.51	0.51

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 34: Caudales de hidrantes H-71 al H-82

N° hidrante	H una salida =1 H dos salidas=2	N° Aspersores	Posición (4 Hr)	Caudal aspersor (l/s)	Caudal hidrante (l/s)
H-71	2	1	3	0.51	1.02
H-72	1	2	3	0.51	1.02
H-73	1	1	3	0.51	0.51
H-74	1	1	3	0.51	0.51
H-75	1	2	2	0.51	1.02
H-76	1	3	3	0.51	1.53
H-77	1	3	3	0.51	1.53
H-78	1	1	2	0.51	0.51
H-79	1	1	3	0.51	0.51
H-80	1	1	2	0.51	0.51
H-81	2	1	3	0.51	1.02
H-82	1	1	3	0.51	0.51

FUENTE: Elaboración propia

a.5. Trazo de la red hidráulica

Una vez ubicado los hidrantes, se procedió con el trazado de la red, teniendo en consideración márgenes de caminos y límites de parcelas.

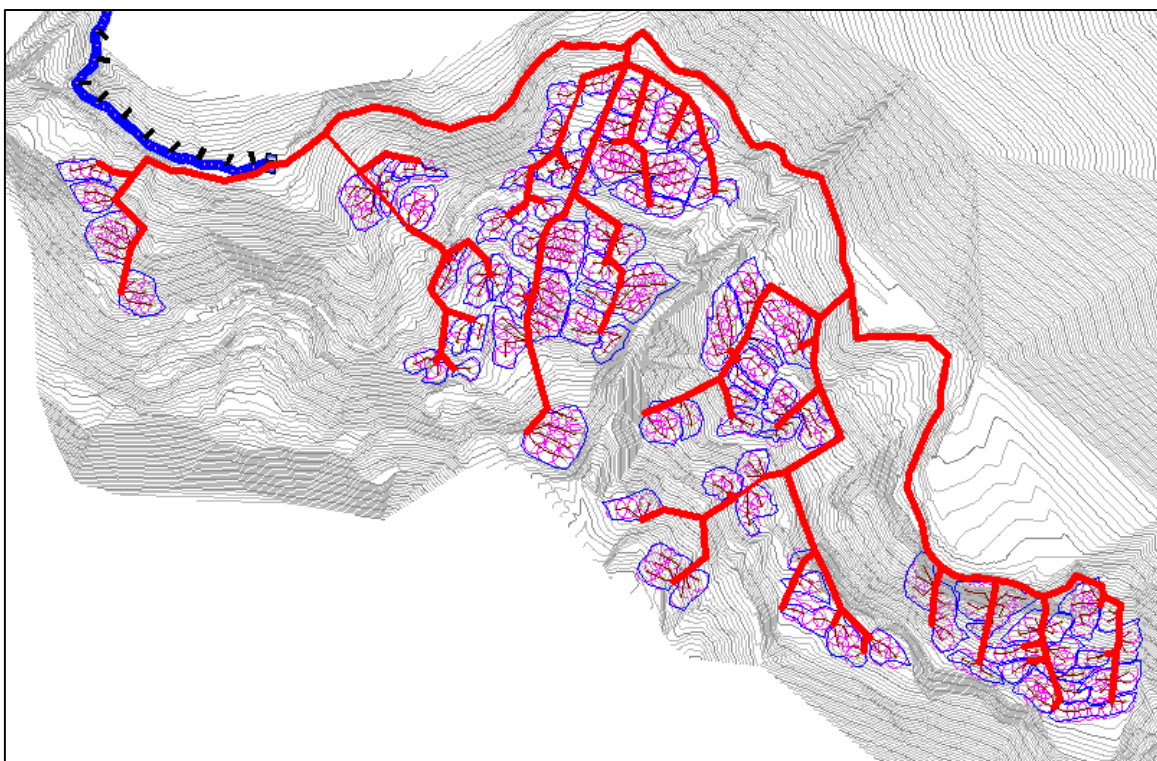


Figura 21: Trazo de red hidráulica

FUENTE: Elaboración propia

a.6. Agrupación de sectores de riego

Para la agrupación en sectores de riego se tuvo en cuenta la capacidad máxima del sistema calculado en el diseño agronómico, es así que dicha agrupación debe ser menor caudal máximo de 16.79 l/s.

Tabla 35: Agrupación del Sector I

Sector de Riego	N° hidrante	H una salida =1 H dos salidas=2	N° Aspersores	Posición (4 Hr)	Caudal aspersor (l/s)	Caudal hidrante (l/s)	Caudal por sector (l/s)
Sector I	H-1	1	2	2	0.51	1.02	15.31
	H-2	1	3	2	0.51	1.53	
	H-3	1	3	3	0.51	1.53	
	H-4	1	3	3	0.51	1.53	
	H-5	2	2	3	0.51	2.04	
	H-6	1	2	2	0.51	1.02	
	H-7	1	3	2	0.51	1.53	
	H-8	1	3	2	0.51	1.53	
	H-9	2	1	3	0.51	1.02	
	H-10	1	2	2	0.51	1.02	
	H-11	1	2	3	0.51	1.02	
	H-12	1	1	1	0.51	0.51	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 36: Agrupación del Sector II

Sector de Riego	N° hidrante	H una salida =1 H dos salidas=2	N° Aspersores	Posición (4 Hr)	Caudal aspersor (l/s)	Caudal hidrante (l/s)	Caudal por sector (l/s)
Sector II	H-13	1	3	2	0.51	1.53	15.31
	H-14	1	1	3	0.51	0.51	
	H-15	1	1	1	0.51	0.51	
	H-16	2	1	3	0.51	1.02	
	H-17	1	1	2	0.51	0.51	
	H-18	1	1	2	0.51	0.51	
	H-19	1	2	3	0.51	1.02	
	H-20	2	1	3	0.51	1.02	
	H-21	1	2	3	0.51	1.02	
	H-22	1	1	3	0.51	0.51	
	H-23	2	3	3	0.51	3.06	
	H-24	1	3	2	0.51	1.53	
	H-25	2	1	3	0.51	1.02	
	H-26	1	1	2	0.51	0.51	
	H-27	1	1	3	0.51	0.51	
	H-28	1	1	3	0.51	0.51	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 37: Agrupación del Sector III

Sector de Riego	N° hidrante	H una salida =1 H dos salidas=2	N° Aspersores	Posición (4 Hr)	Caudal aspersor (l/s)	Caudal hidrante (l/s)	Caudal por sector (l/s)
Sector III	H-29	1	2	3	0.51	1.02	15.31
	H-30	1	3	3	0.51	1.53	
	H-31	1	3	3	0.51	1.53	
	H-32	1	1	3	0.51	0.51	
	H-33	1	3	3	0.51	1.53	
	H-34	1	2	3	0.51	1.02	
	H-35	1	1	2	0.51	0.51	
	H-36	1	3	3	0.51	1.53	
	H-37	2	1	3	0.51	1.02	
	H-38	1	1	3	0.51	0.51	
	H-39	1	3	3	0.51	1.53	
	H-40	1	3	2	0.51	1.53	
H-41	1	3	3	0.51	1.53		

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 38: Agrupación del Sector IV

Sector de Riego	N° hidrante	H una salida =1 H dos salidas=2	N° Aspersores	Posición (4 Hr)	Caudal aspersor (l/s)	Caudal hidrante (l/s)	Caudal por sector (l/s)
Sector IV	H-42	2	2	3	0.51	2.04	14.80
	H-43	1	3	1	0.51	1.53	
	H-44	1	3	3	0.51	1.53	
	H-45	1	3	3	0.51	1.53	
	H-46	1	2	2	0.51	1.02	
	H-47	1	3	2	0.51	1.53	
	H-48	1	2	1	0.51	1.02	
	H-49	1	1	3	0.51	0.51	
	H-50	1	2	3	0.51	1.02	
	H-51	1	3	3	0.51	1.53	
	H-52	1	2	2	0.51	1.02	
	H-53	1	1	3	0.51	0.51	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 39: Agrupación del Sector V

Sector de Riego	N° hidrante	H una salida =1 H dos salidas=2	N° Aspersores	Posición (4 Hr)	Caudal aspersor (l/s)	Caudal hidrante (l/s)	Caudal por sector (l/s)
Sector V	H-54	1	2	3	0.51	1.02	12.25
	H-55	1	3	2	0.51	1.53	
	H-56	1	2	2	0.51	1.02	
	H-57	1	2	3	0.51	1.02	
	H-58	1	1	3	0.51	0.51	
	H-59	1	3	3	0.51	1.53	
	H-60	1	1	1	0.51	0.51	
	H-61	1	2	2	0.51	1.02	
	H-62	1	2	1	0.51	1.02	
	H-63	1	2	3	0.51	1.02	
	H-64	1	3	2	0.51	1.53	
	H-65	1	1	2	0.51	0.51	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 40: Agrupación del Sector VI

Sector de Riego	N° hidrante	H una salida =1	N° Aspersores	Posición (4 Hr)	Caudal aspersor (l/s)	Caudal hidrante (l/s)	Caudal por sector (l/s)
	H-66	1	2	3	0.51	1.02	
	H-67	1	1	2	0.51	0.51	
	H-68	1	2	3	0.51	1.02	
	H-69	2	2	3	0.51	2.04	
	H-70	1	1	3	0.51	0.51	
	H-71	2	1	3	0.51	1.02	
	H-72	1	2	3	0.51	1.02	
	H-73	1	1	3	0.51	0.51	
Sector VI	H-74	1	1	3	0.51	0.51	15.31
	H-75	1	2	2	0.51	1.02	
	H-76	1	3	3	0.51	1.53	
	H-77	1	3	3	0.51	1.53	
	H-78	1	1	2	0.51	0.51	
	H-79	1	1	3	0.51	0.51	
	H-80	1	1	2	0.51	0.51	
	H-81	2	1	3	0.51	1.02	
	H-82	1	1	3	0.51	0.51	

FUENTE: Elaboración propia

b. Creación de archivos de ingreso al software

b.1. Archivo de red hidráulica

Este archivo debe contener únicamente el trazo de la red hidráulica. Así mismo se debe tener cuidado en que cada tramo sea una polilínea.

El archivo debe ser guardado en AutoCAD con formato Dxf.

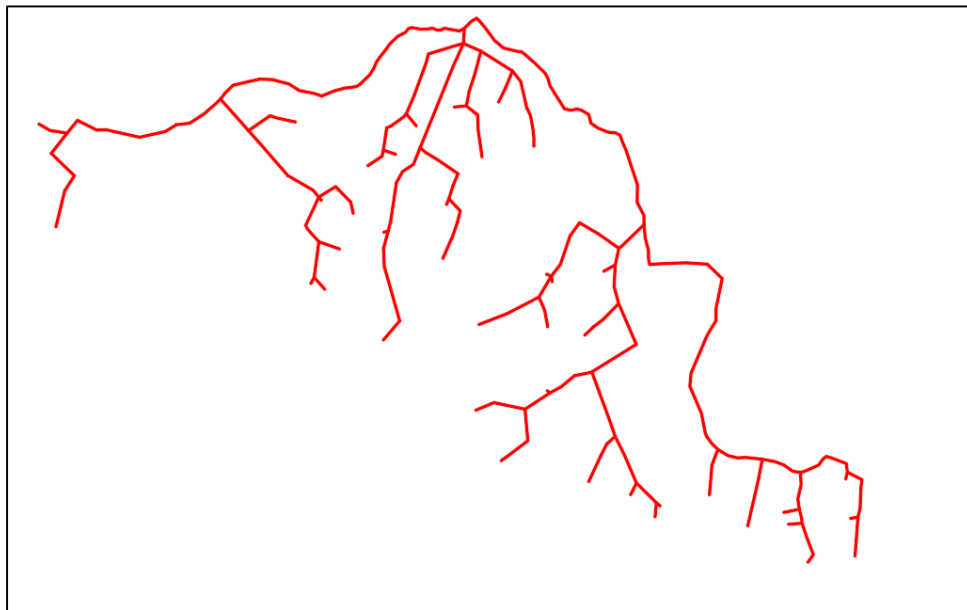


Figura 22: Archivo de Redes de distribución en formato DXF

FUENTE: Elaboración propia

b.2. Archivo de topografía

Este archivo debe contener la información topográfica del área a intervenir. Además, al igual que el archivo de red hidráulica, la superficie debe estar en polilínea y el guardado en AutoCAD con formato Dxf.

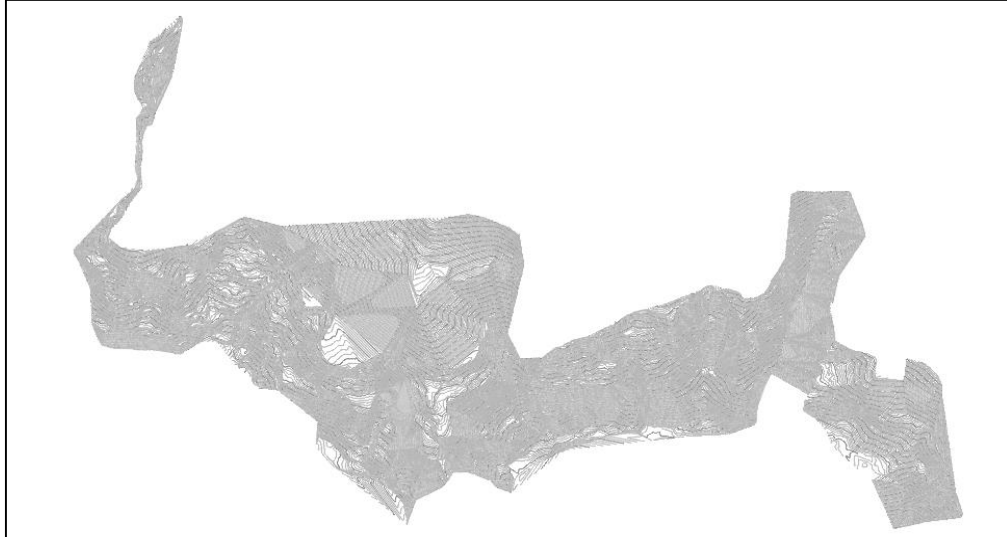


Figura 23: Archivo de curvas de nivel en formato DXF

FUENTE: Elaboración propia

b.3. Archivo de Cartografía

Este archivo servirá como una guía y deberá contener información como parcelamiento, ubicación de hidrantes y su numeración, ubicación de reservorio, carreteras y otras singularidades. Al igual que los archivos anteriores, deberá ser guardado en AutoCAD con formato Dxf.

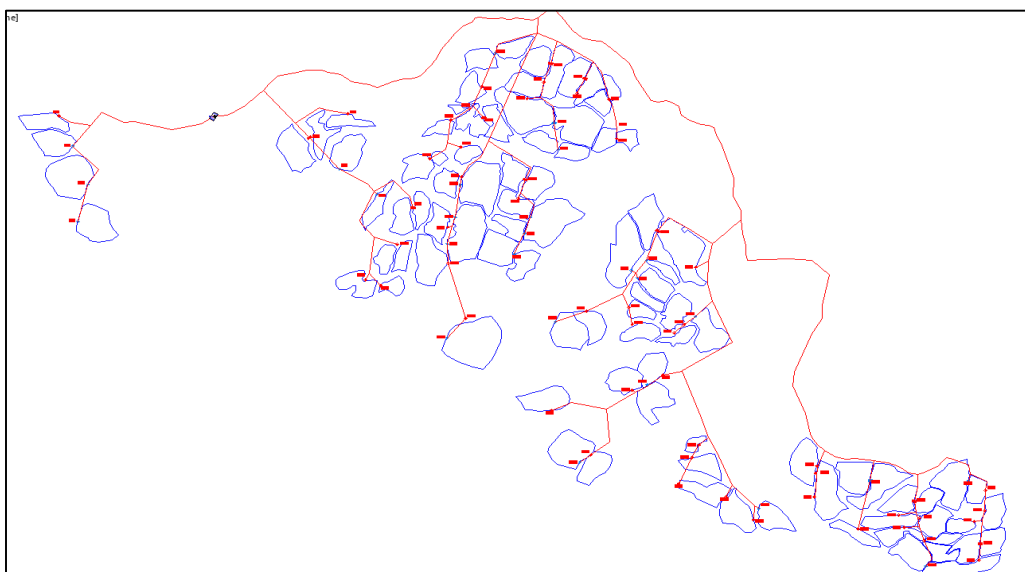


Figura 24: Archivo de guía en formato DXF

FUENTE: Elaboración propia

c. Procedimiento para la simulación

A continuación, se explicará el procedimiento para la simulación de las redes de distribución del sistema de Riego Santo Domingo.

c.1. Creación de archivo

Al ingresar al programa Watercad, apareció una ventana de bienvenida, en la cual se creó un nuevo proyecto, dándole click a *Create New Project*.

Luego se procedió con colocar el nombre del proyecto, persona encargada, nombre de la empresa y fecha de creación del archivo.

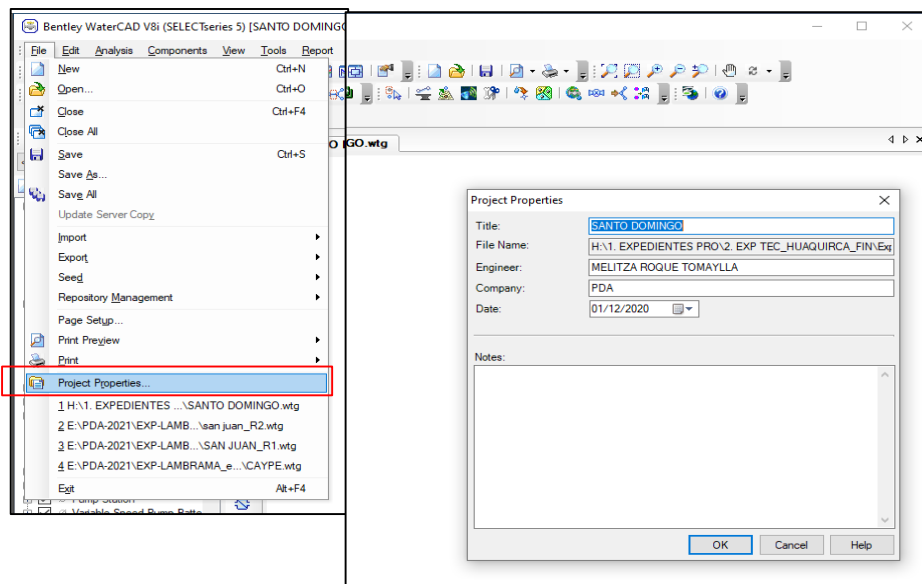


Figura 25: Completación de datos

FUENTE: Elaboración propia

c.2. Configuración

Una vez creado el proyecto, se realizó la configuración de unidades. Para lo cual se ingresó a la pestaña *Tools* y luego *Options*, donde se cambió el sistema de unidad inglesa por sistema internacional.

Así mismo se hizo el cambio de las unidades de los principales parámetros como: caudal (l/s), velocidad (m/s), presión (m H₂O), elevación (m) y diámetro (mm).

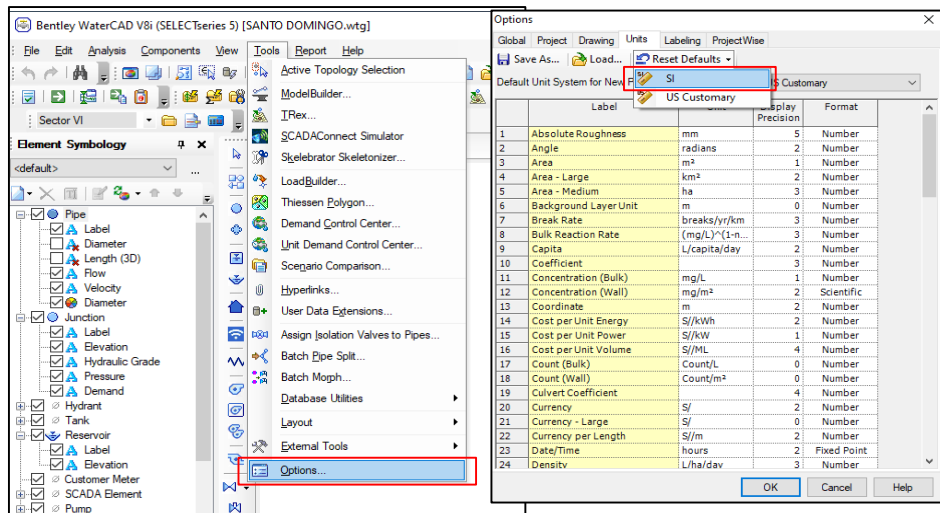


Figura 26: Cambio de unidades a Sistema Internacional

FUENTE: Elaboración propia

Así mismo se configuró, la pestaña *Drawing*, en la cual se escogió la opción *Scaled*, la cual permite trabajar con dimensiones de dibujo a escala real.

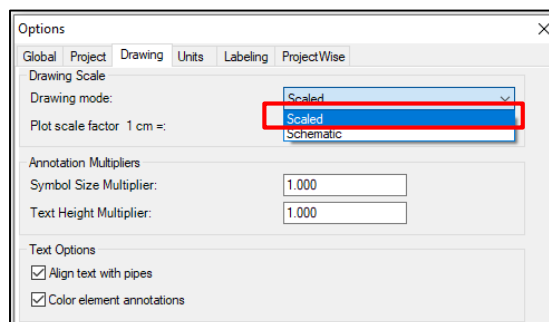


Figura 27: Ventana de opciones de dibujo

FUENTE: Elaboración propia

Una vez concluido la configuración de unidades, se seleccionó la fórmula de pérdida de carga con la que se trabajó. Para ello se ingresó a la pestaña *Analysis*, luego en *Calculation Options*.

Para este proyecto se utilizó el método de Hazen-Williams.

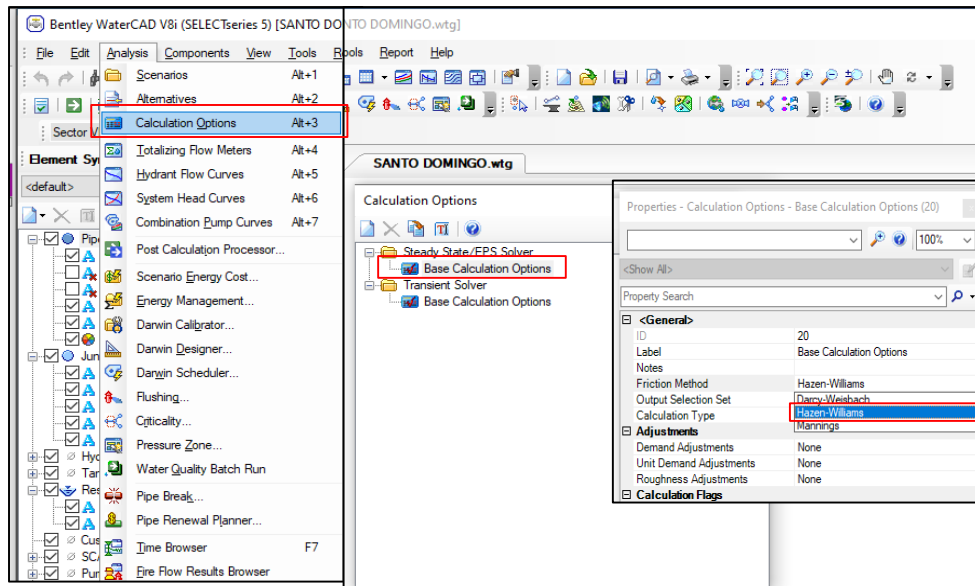


Figura 28: Pasos para selección de método de cálculo

FUENTE: Elaboración propia

c.3. Creación de Prototipos

La creación de prototipo, se dió para que, al ingresar el archivo de la red hidráulica, este tome las características del prototipo creado.

Para este caso, se creó un prototipo de material PVC de 63mm PN-7.5. Para ello se ingresó a la ventana *View* y luego a *Prototypes*.

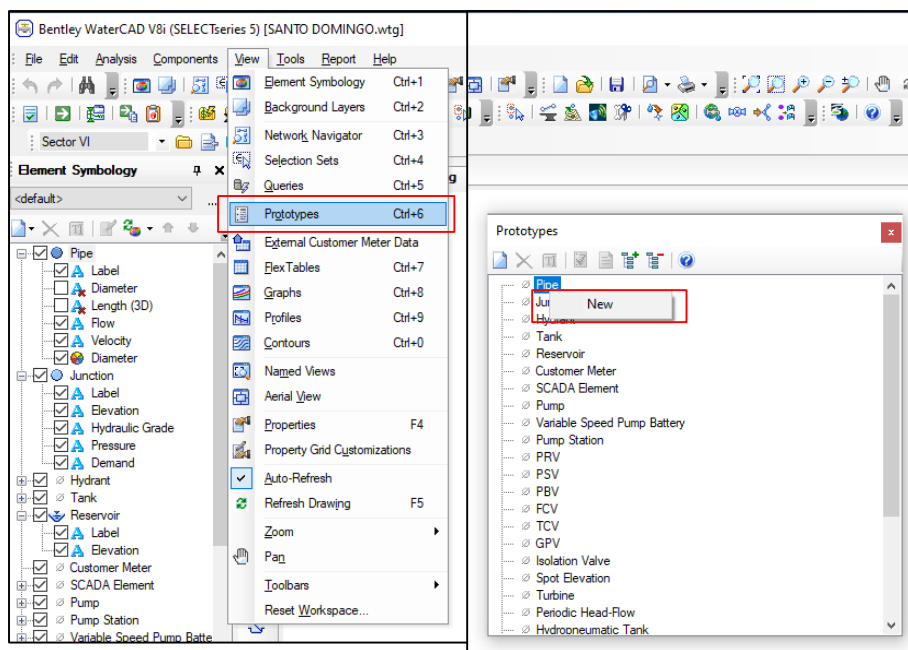


Figura 29: Pasos para la creación de prototipo nuevo

FUENTE: Elaboración propia

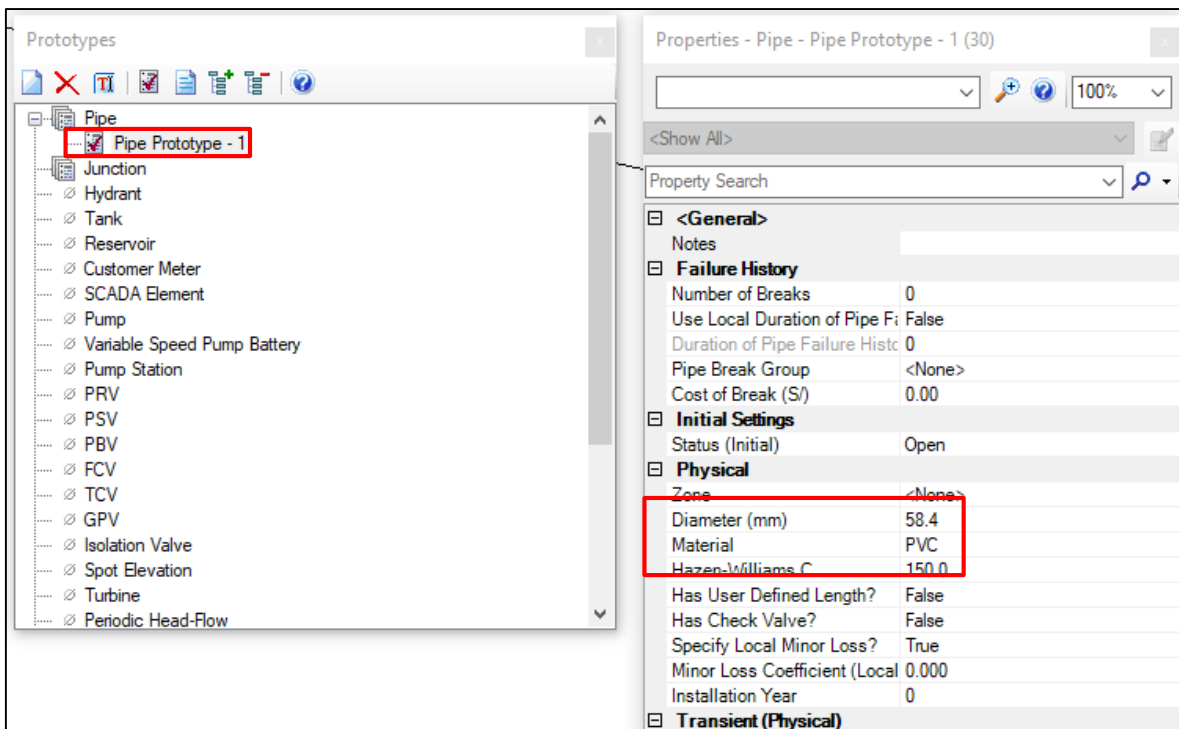


Figura 30: Elección de material de tubería

FUENTE: Elaboración propia

c.4. Creación de red hidráulica

Una vez culminado los pasos anteriores, se procedió con el modelamiento propiamente dicho. Ello inicia cargando la red hidráulica para que sea reconocido por el software.

Se ingresó a la ventana *Tools*, luego *Model Builder* y *New*. Seguidamente se escogió la opción *CAD Files* y se ubicó el archivo de redes previamente guardado en formato *Dxf*.

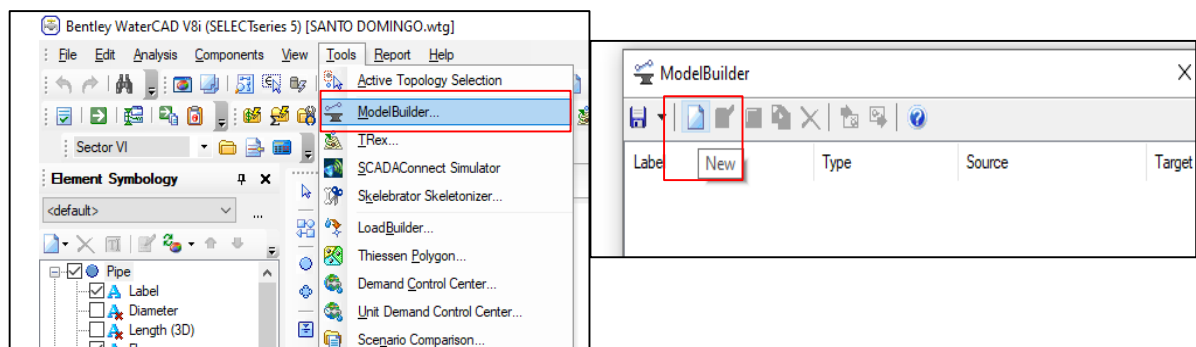


Figura 31: Pasos para cargar el archivo de red hidráulica

FUENTE: Elaboración propia

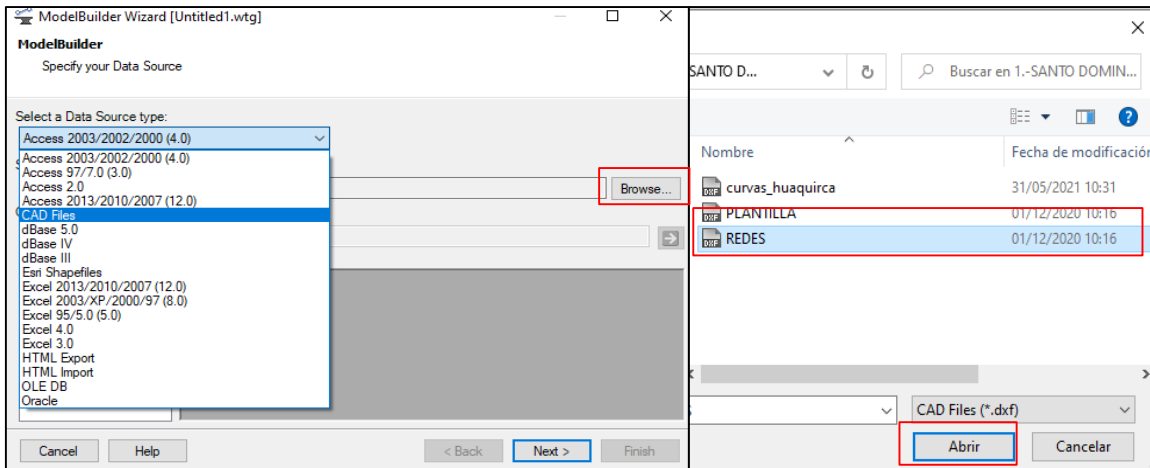


Figura 32: Selección de archivo Dxf

FUENTE: Elaboración propia

Apareció la siguiente pantalla (Ver Figura 33), a lo que se dió click en *Next*

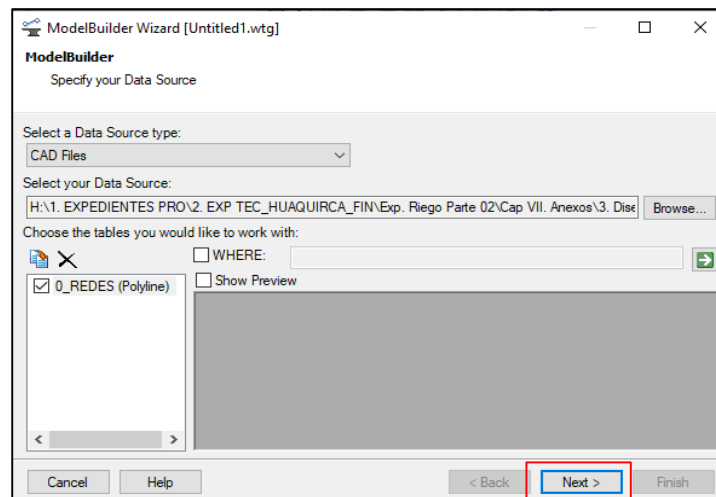


Figura 33: Ventana para aceptar el archivo cargado

FUENTE: Elaboración propia

A continuación, se presentó la ventana de opciones de conectividad, en la cual se modificó las coordenadas de la fuente a metros.

En la parte inferior de la ventana, se mostró la opción *Establish connectivity using spatial data*, en la cual el software puede unir dos puntos próximos para corregir problemas de dibujo. Para este caso se le asignó un valor de 0.5m.

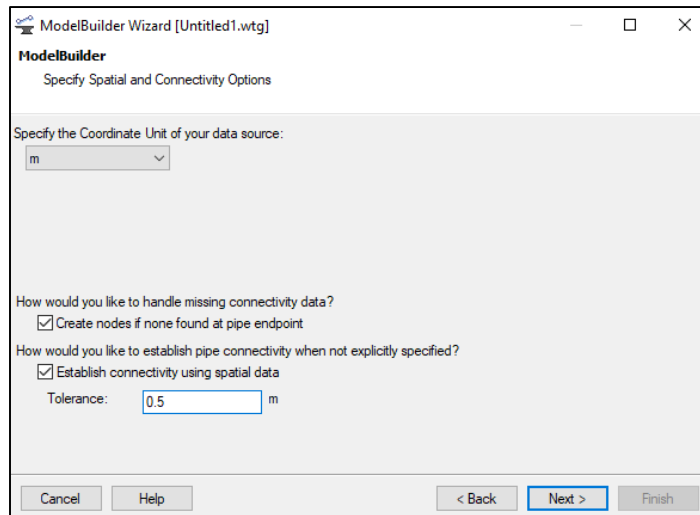


Figura 34: Selección de unidades para las coordenadas y establecimiento de tolerancia

FUENTE: Elaboración propia

Como siguiente ventana apareció las especificaciones de creación del modelo, en la cual no se realizó ninguna modificación.

Del mismo modo, en la nueva ventana que se presentó; que es de opciones adicionales; se dejó la configuración por defecto.

En la ventana siguiente en los campos de *Key Field* y *Field* se seleccionó la opción *label* en ambos casos.

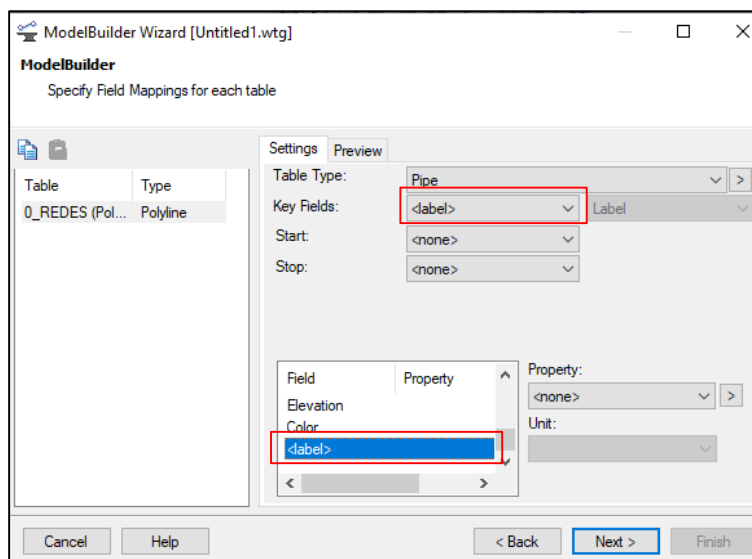


Figura 35: Asignaciones de campos para cada capa

FUENTE: Elaboración propia

Finalmente, en la última ventana, se hizo click en *Yes* para la construcción del modelo y *Finish* para terminar el proceso.

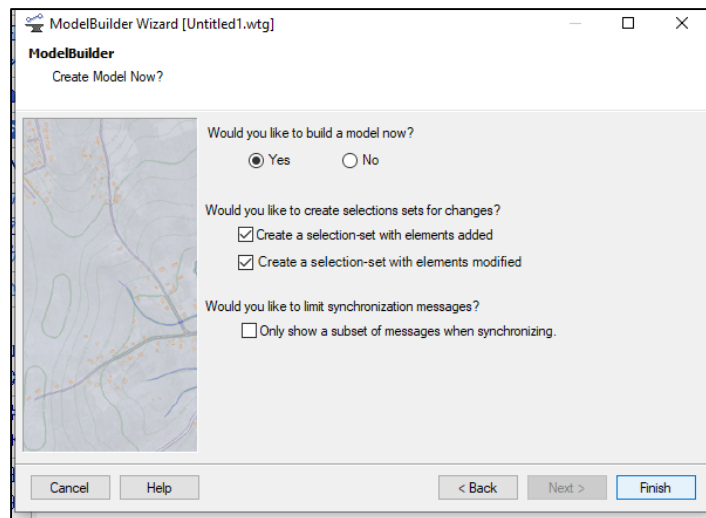


Figura 36: Ventana final para la conversión de polilíneas

FUENTE: Elaboración propia

Como resultado se presentará la red hídrica dibujada en el Software.

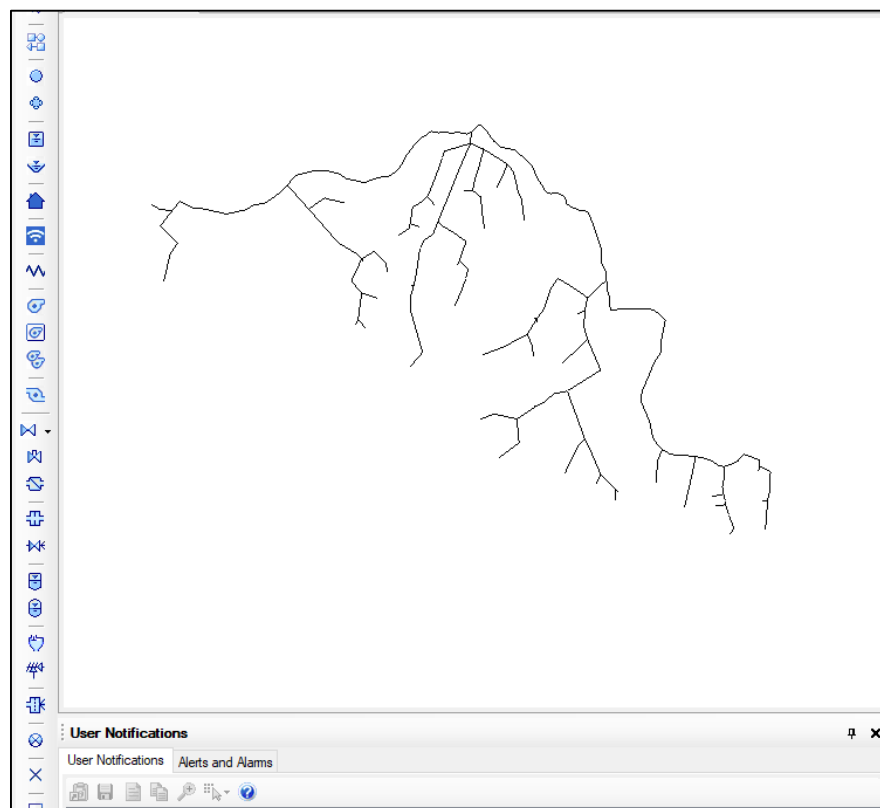


Figura 37: Red hidráulica reconocida en software Watercad

FUENTE: Elaboración propia

c.5. Renombrado de etiquetas

Una vez ingresado las redes, por defecto tienen una etiqueta de tuberías y nodos. Sin embargo, ello se modificó y se agregó etiquetas de diámetro, caudal y velocidad, así como los hidrantes. Para ello, se utilizó el archivo de guía previamente guardado.

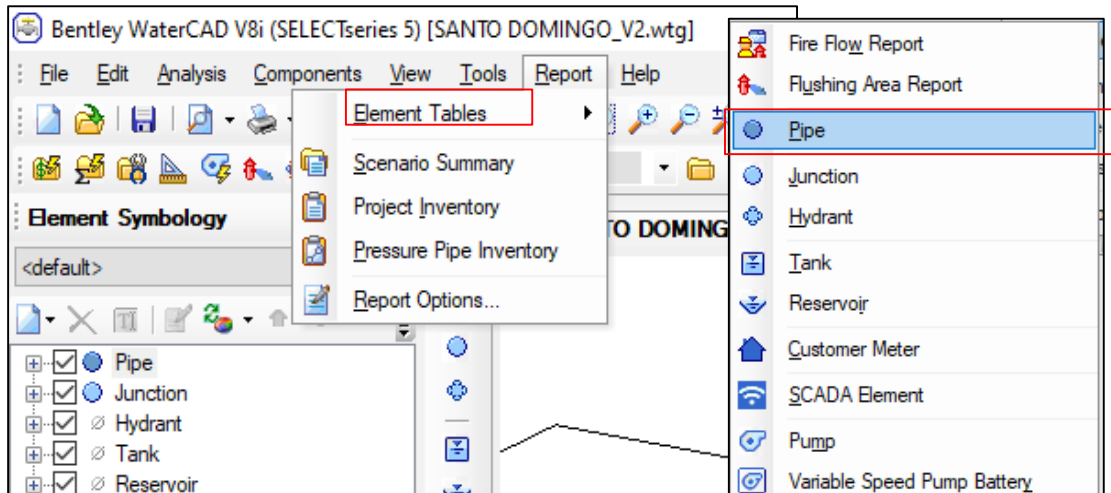


Figura 38: Procedimiento para ingresar la tabla de características de tuberías

FUENTE: Elaboración propia

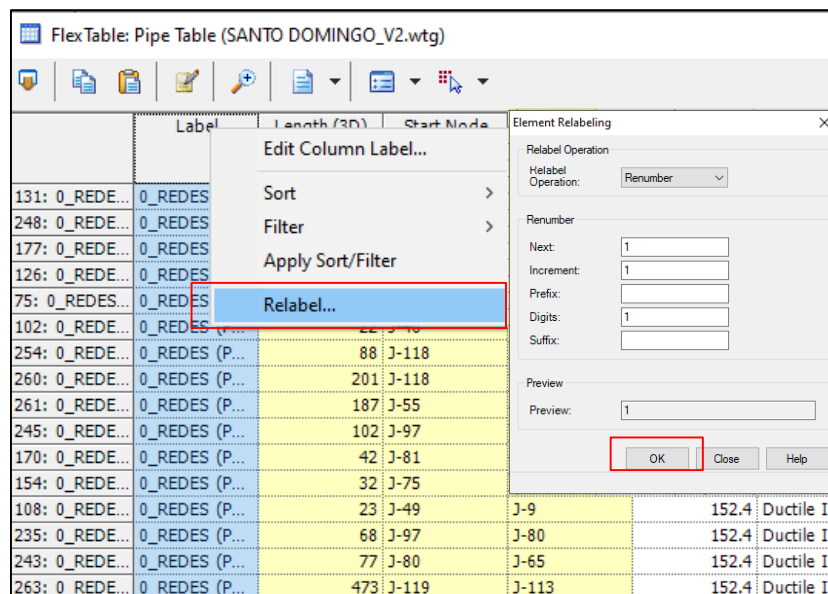


Figura 39: Procedimiento para reenumerar la etiqueta de tuberías

FUENTE: Elaboración propia

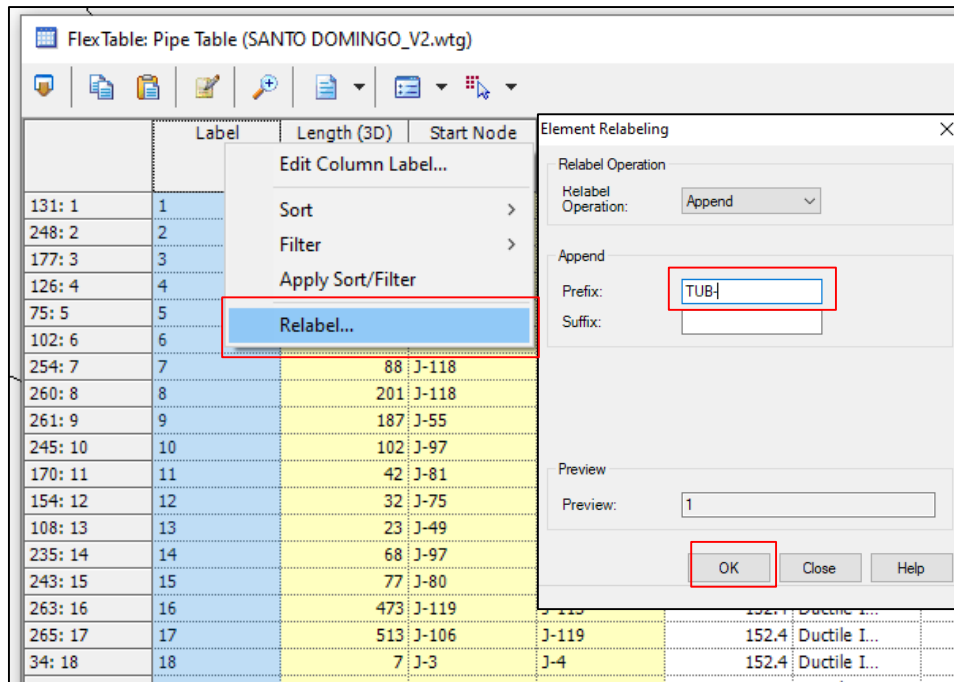


Figura 40: Procedimiento para agregar prefijo a la etiqueta

FUENTE: Elaboración propia

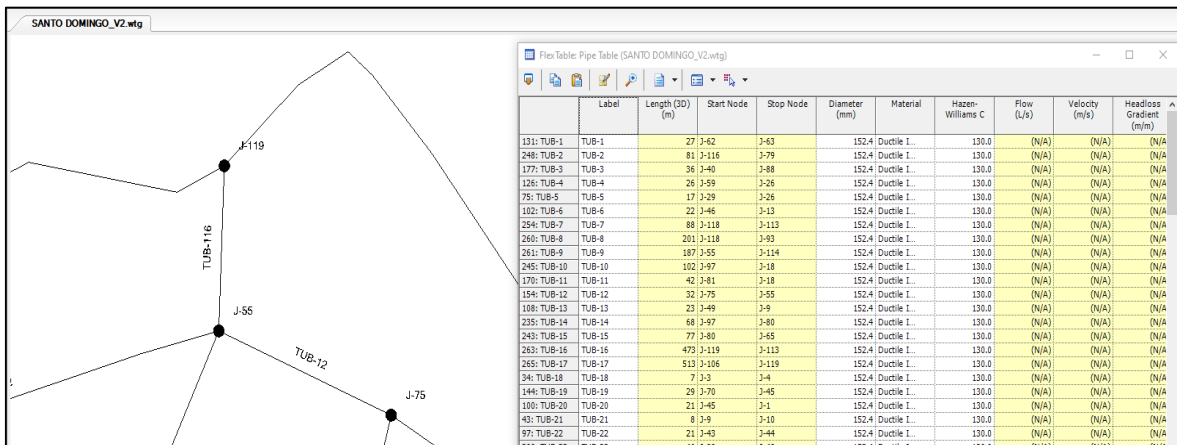


Figura 41: Resultado de cambio de etiqueta en tuberías

FUENTE: Elaboración propia

Este procedimiento se realizó de igual manera para los nodos, obteniendo como resultado lo que se muestra en la Figura 42.

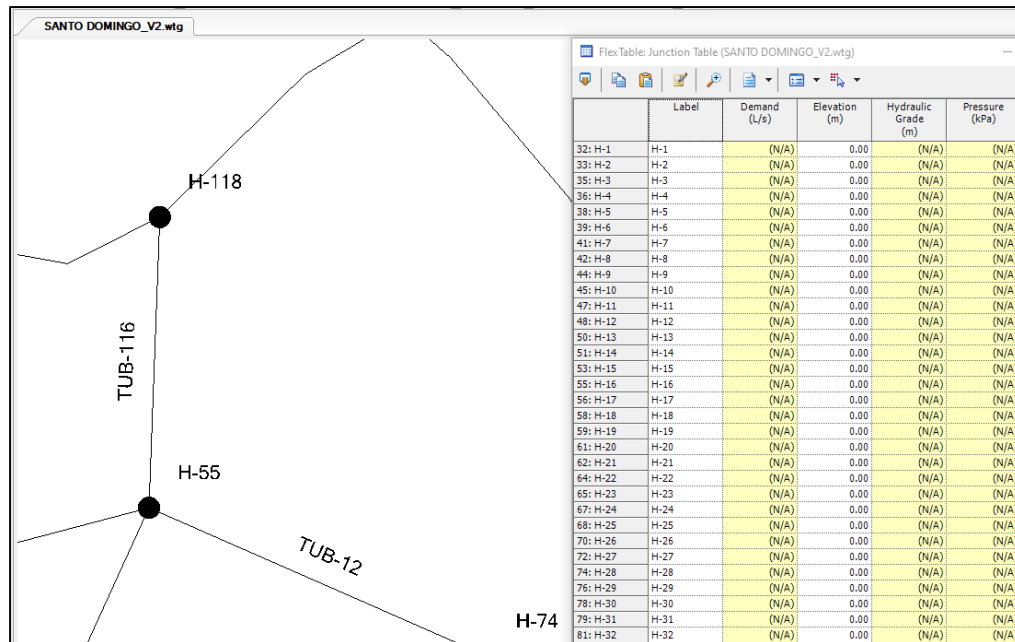


Figura 42: Resultado de cambio de etiqueta en nodos

FUENTE: Elaboración propia

c.6. Etiquetado de hidrantes y reservorio

En esta etapa, se procedió a ingresar la plantilla, la cual contiene información de ubicación de reservorio, parcelas, así como los hidrantes y su numeración.

Para ello, se ubicó en *Background Layer*, luego en nuevo y *File*. Aparecerá una ventana en la cual se debe buscar la ubicación del archivo.

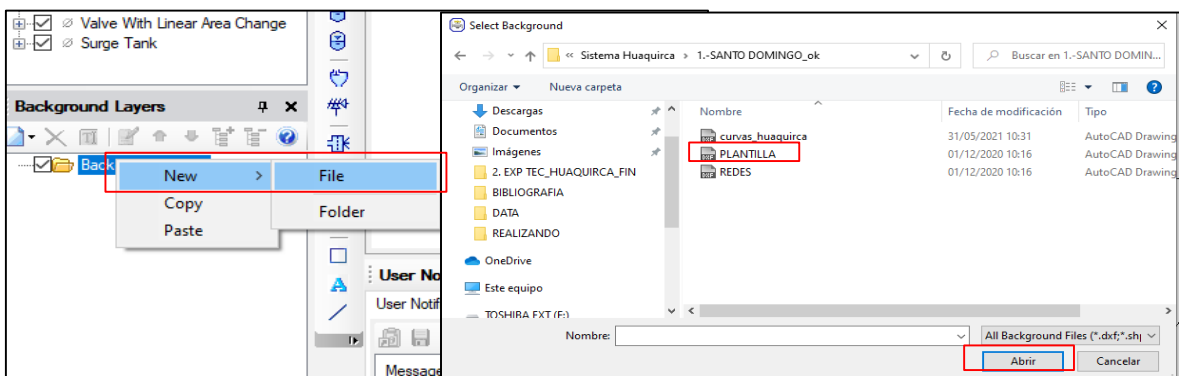


Figura 43: Procedimiento para ingresar archivo de plantilla

FUENTE: Elaboración propia

Finalmente, apareció el archivo tal como se muestra en la Figura 44.

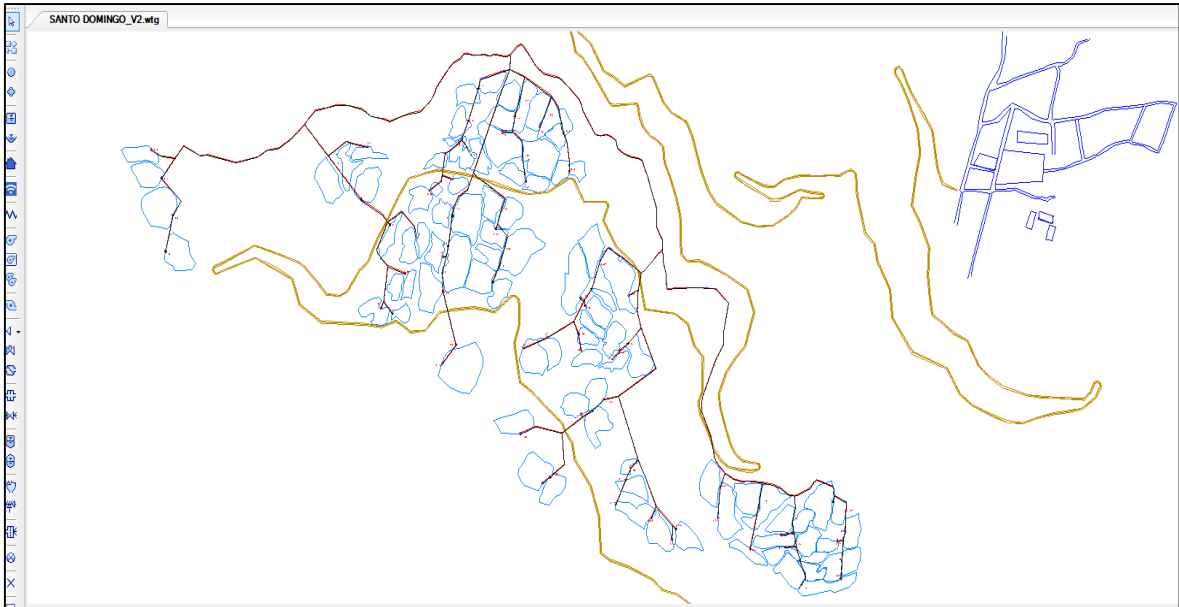


Figura 44: Resultado de ingresar archivo de plantilla

FUENTE: Elaboración propia

Luego, se procedió con la identificación del componente reservorio en la red. Para ello, por medio de la plantilla ya insertada se ubicó el reservorio siguiendo el siguiente procedimiento: Se ubicó en la barra de herramientas el icono de reservorio y se hizo click en el nodo sobre el que se ubicará. Luego de ello, apareció una ventana, la cual indica si se quiere cambiar de nodo a reservorio al cual se dió click en yes.

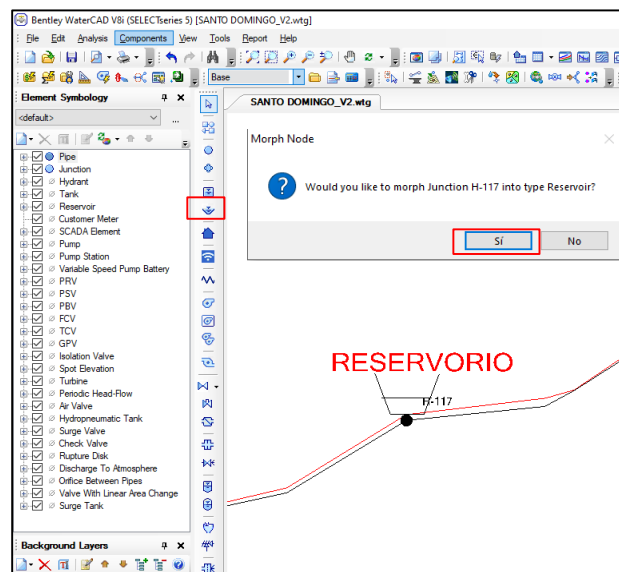


Figura 45: Procedimiento para agregar reservorio

FUENTE: Elaboración propia

Para el caso de los hidrantes, se procedió con la corrección de etiqueta en base a la plantilla ingresada. Para ello, se hizo doble click sobre el nodo. Apareció la ventana de Propiedades y se modificó en la sección de *label* con la numeración correcta.

Este procedimiento se repitió para los 87 hidrantes.

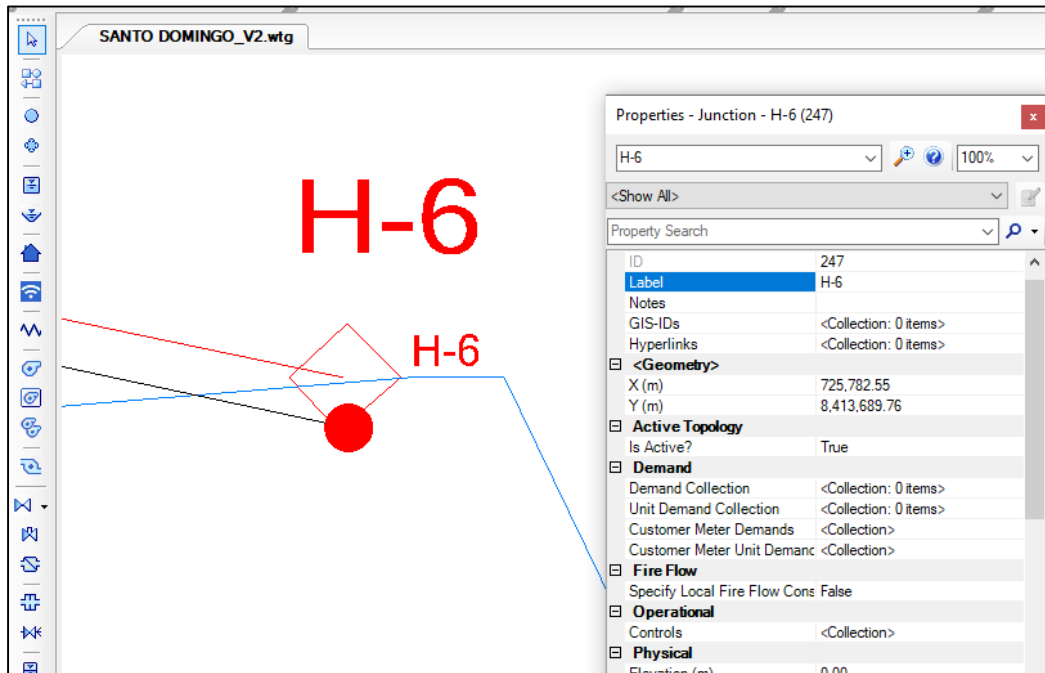


Figura 46: Cambio de etiquetas según plantilla

FUENTE: Elaboración propia

Una vez concluido la corrección de etiqueta de los 87 hidrantes, se procedió con la creación de más etiquetas tanto para tuberías, nodos y válvulas reguladores de presión.

Este procedimiento se ubicó en la sección de *Element Symbology* , en la cual se puede observar todos los elementos del Software.

Se ubicó en *Pipe* y se hizo anticlick en *Label*, luego *New* y *Annotation*. Luego, apareció la ventana *Annotation Properties*.

En el campo de *Field Name* se seleccionó la etiqueta que se requiere, para este caso *Diameter* y se configuró el prefijo o sufijo de la etiqueta, así como el tamaño de letra (Ver Figura 47).

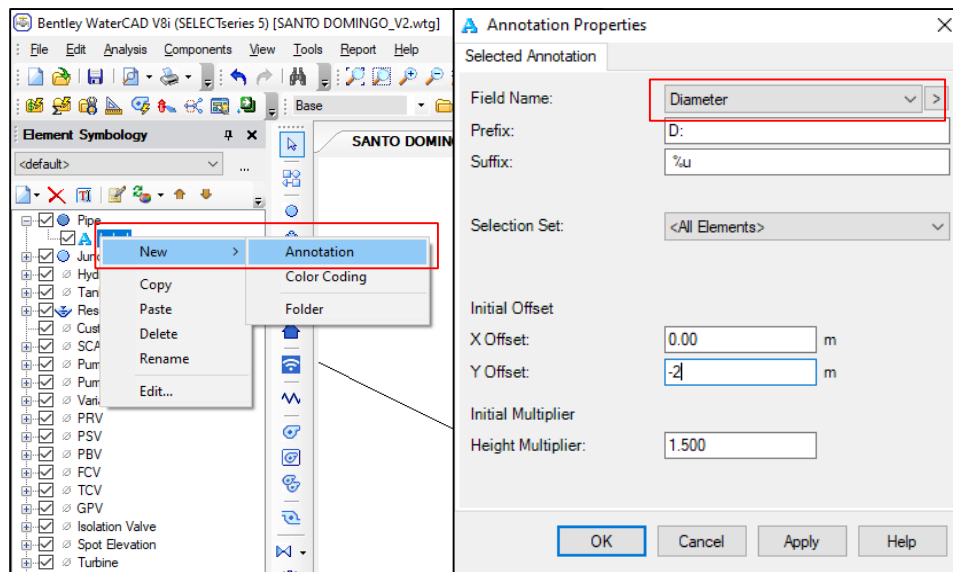


Figura 47: Procedimiento para creación de etiquetas

FUENTE: Elaboración propia

Del mismo modo, se realizó la creación de etiquetas de longitud, caudal, velocidad para las tuberías. Por otro lado, para la creación de la etiqueta del diámetro, se siguió otro procedimiento, ya que se asigna un color diferente a cada diámetro.

Se ubicó en *Pipe* y se hizo anticlick en *Label*, luego *New* y *Color Coding*. Luego, aparece la ventana *Color Coding Properties*. En el primer campo, se seleccionó *Diameter* y en la sección de *Color Maps*, se añadió los diámetros internos de las tuberías con un color característico para cada uno (Ver Figura 48).

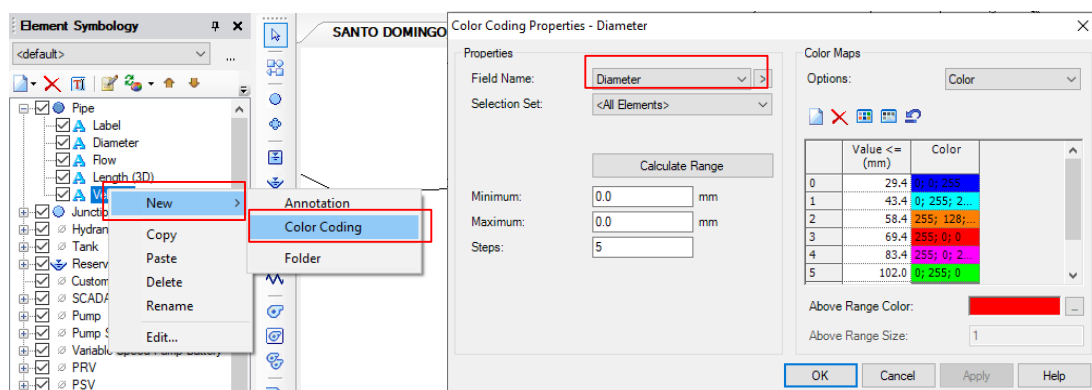


Figura 48: Procedimiento para creación de etiqueta de color del diámetro

FUENTE: Elaboración propia

Por otro lado, se creó las etiquetas de los nodos, como elevación, presión, demanda y gradiente hidráulico. Así mismo se creó etiquetas de las válvulas reguladores de presión

como Presión de llegada y salida.

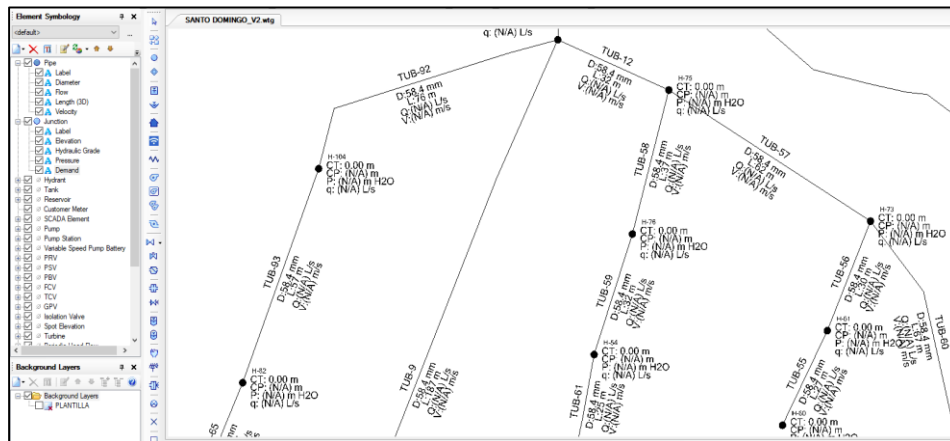


Figura 49: Etiquetas de todos los elementos

FUENTE: Elaboración propia

c.7. Ingreso de información topográfica

Luego de etiquetar la totalidad de los hidrantes, se debe asignar elevaciones a los nodos para ello se utilizó el comando *TRex*. Para abrir este comando se seleccionó el icono correspondiente (Ver Figura 47). Luego se abrió una ventana llamada *TRex Wizard*. En el primer campo se seleccionó *DXF Contours*, luego en el campo de *File*, se seleccionó el archivo de curvas de nivel. Así mismo en los campos de *Select Elevation Field* se escogió *Elevation* y en las unidades de X-Y-Z seleccionar metro.

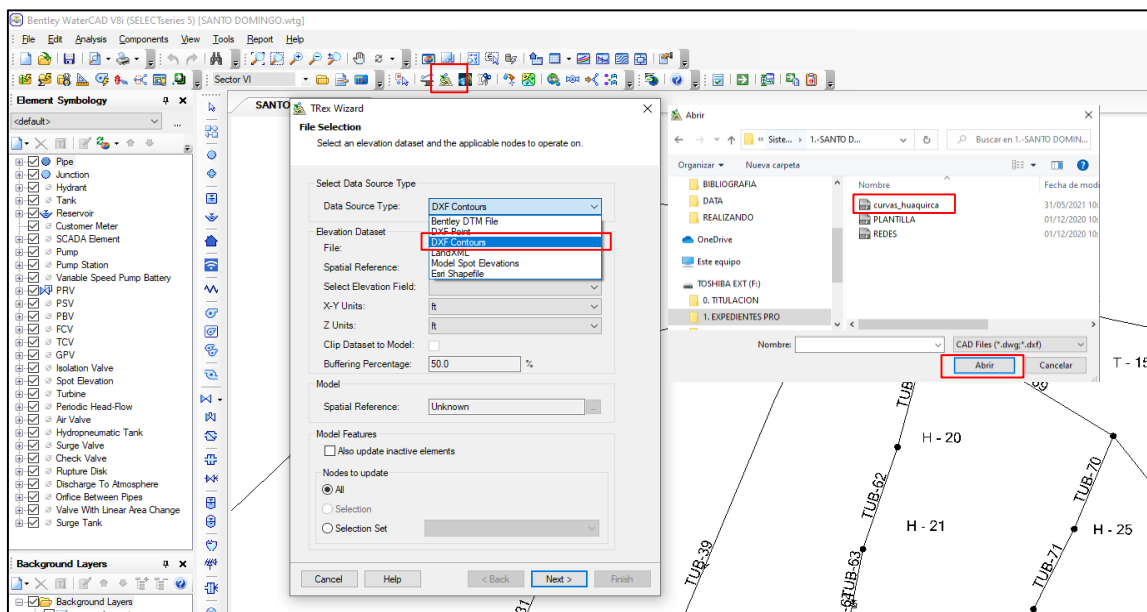


Figura 50: Procedimiento para ingresar información topográfica

FUENTE: Elaboración propia

Luego aparecerá la siguiente Figura, la cual dar click en siguiente.

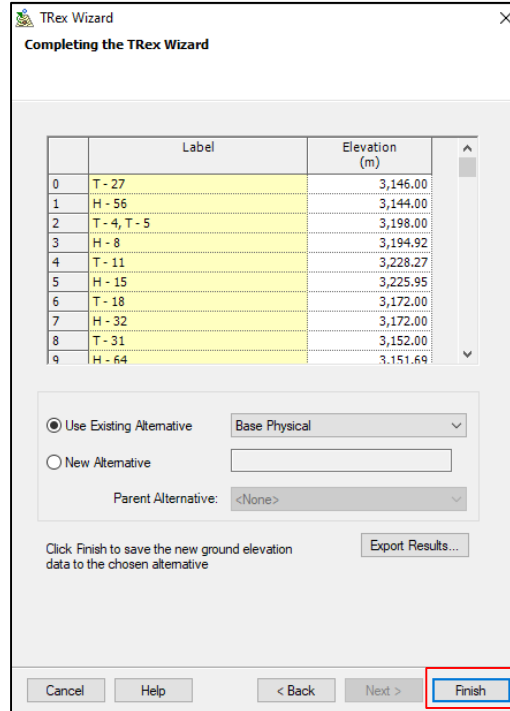


Figura 51: Ventana para finalizar ingreso de información topográfica

FUENTE: Elaboración propia

Luego se procedió a validar la información cargada. Se hizo click en herramienta *valide* y aparece la ventana *Engine Information Message* el cual indica que no hay problemas, tal como se observa en la Figura 52.

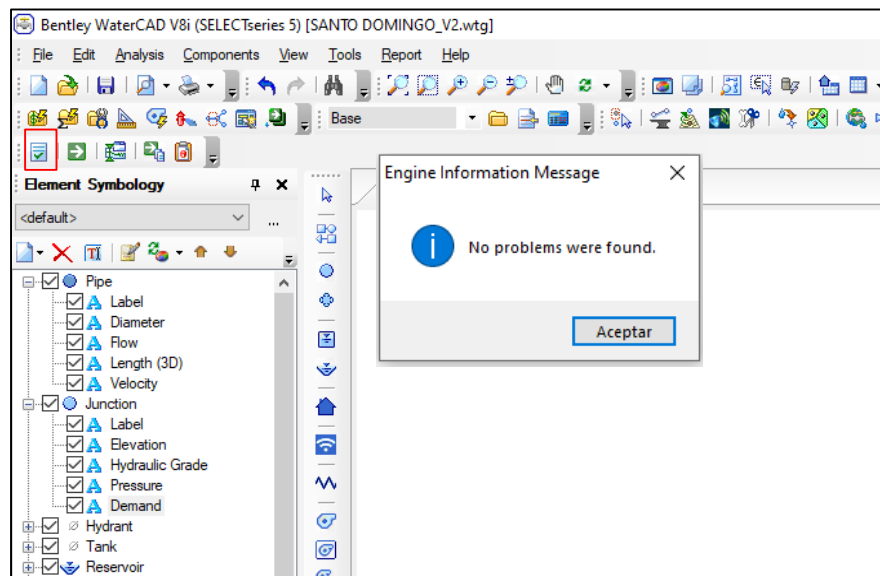


Figura 52: Procedimiento para validar información

FUENTE: Elaboración propia

c.8. Creación de escenarios

En esta etapa, se creó los escenarios, según el número de sectores en que se distribuyó el sistema de riego. Para este caso se creó 6 sectores siguiendo el siguiente procedimiento:

En la barra de herramientas se ubicó la opción de *Scenarios*, luego *compute* y finalmente *scenario*. Este procedimiento se repite por cada Sector de Riego.

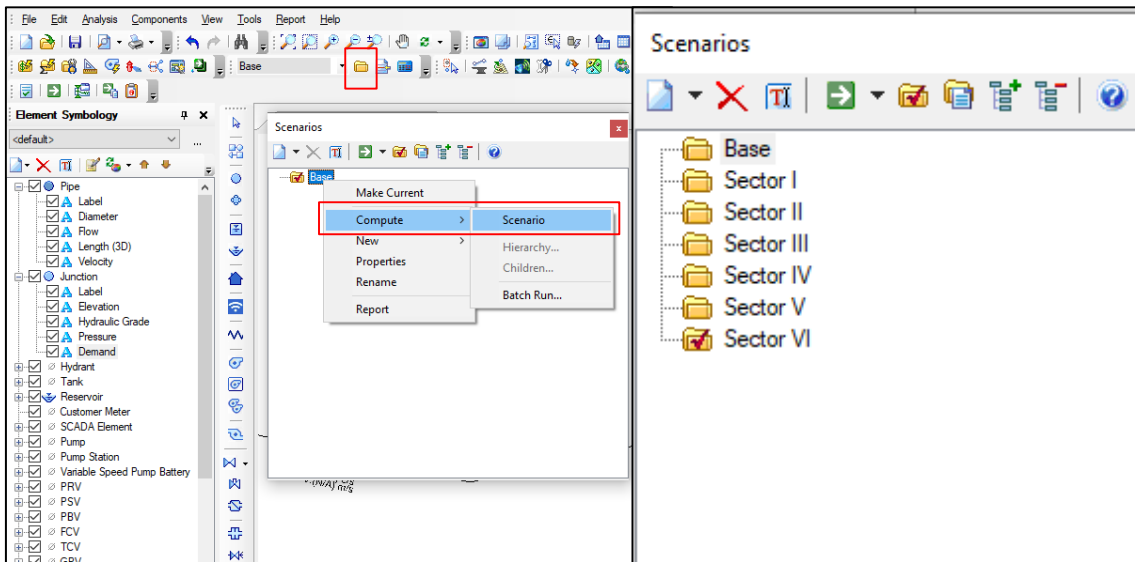


Figura 53: Procedimiento de creación de escenarios

FUENTE: Elaboración propia

Así mismo, se creó las demandas para cada escenario. Para ello se hizo click en el icono de *alternatives*, luego en *demand*, *new* y finalmente en *Base Alternative*.

Este procedimiento se repite para cada sector de riego.

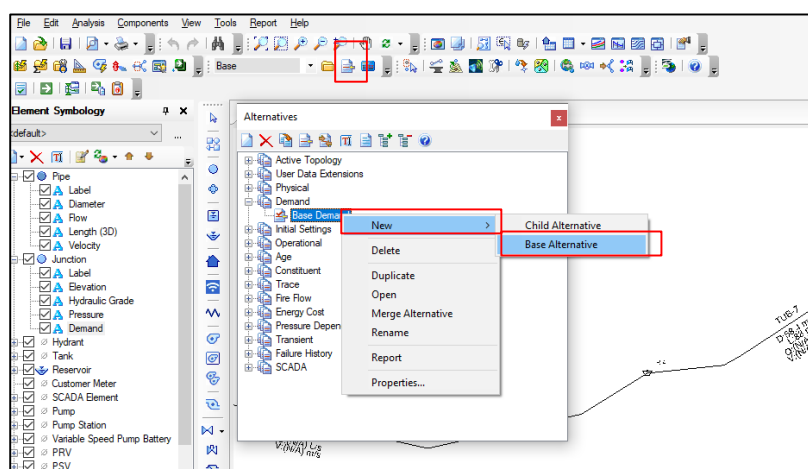


Figura 54: Procedimiento para creación de demanda

FUENTE: Elaboración propia

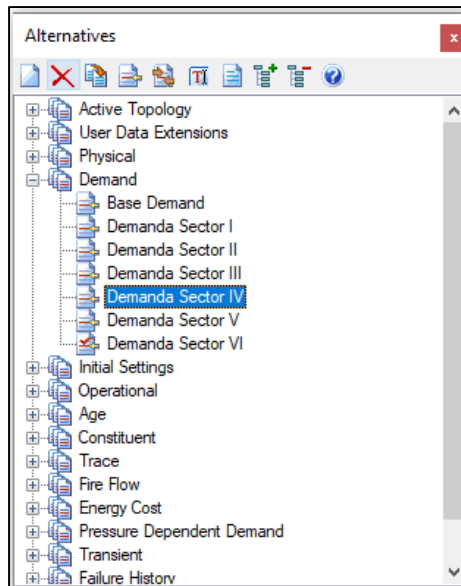


Figura 55: Demanda por cada sector de riego

FUENTE: Elaboración propia

Luego, se procedió a enlazar a cada escenario su demanda correspondiente. Se ubicó en la ventana *Scenarios*, se hizo doble click en el *Sector I*. Luego apareció la ventana *Properties-Scenario-Sector I* y en el campo de *Demand* se seleccionó Demanda Sector I. Ello se repite para cada sector.

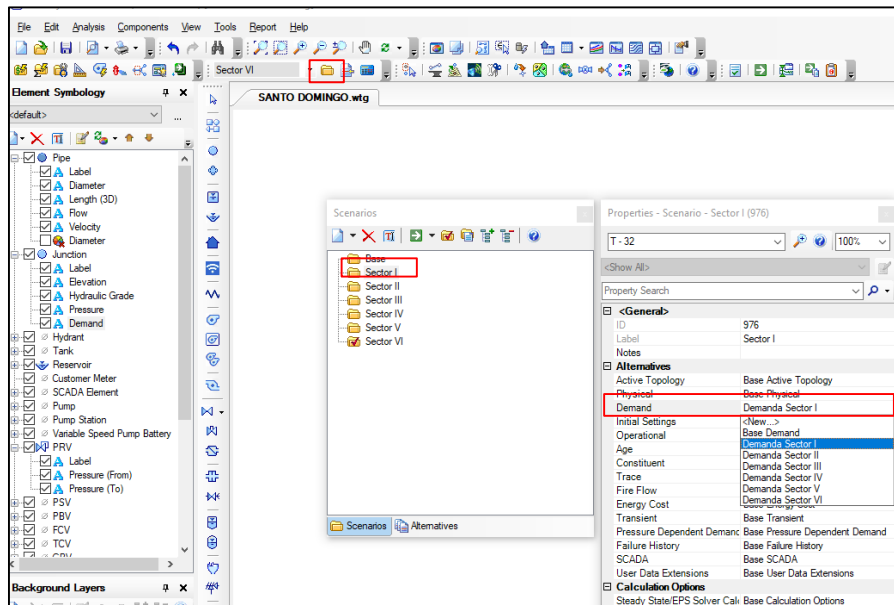


Figura 56: Procedimiento para asignar demanda a escenarios

FUENTE: Elaboración propia

c.9 Asignación de caudales a sector de riego

Se asignó el caudal de hidrante según la sectorización de riego.

Se seleccionó el escenario en cual se va a trabajar y apareció una ventana *Demand Control Center*, se seleccionó la pestaña de la herramienta *New* y se dio click en *Initializale demands for all elements*. Esto para que se carguen todos los nodos.

Seguidamente, se ingresó el caudal a los hidrantes que pertenecen al Sector I. Ello se realizó sucesivamente para cada Sector de Riego.

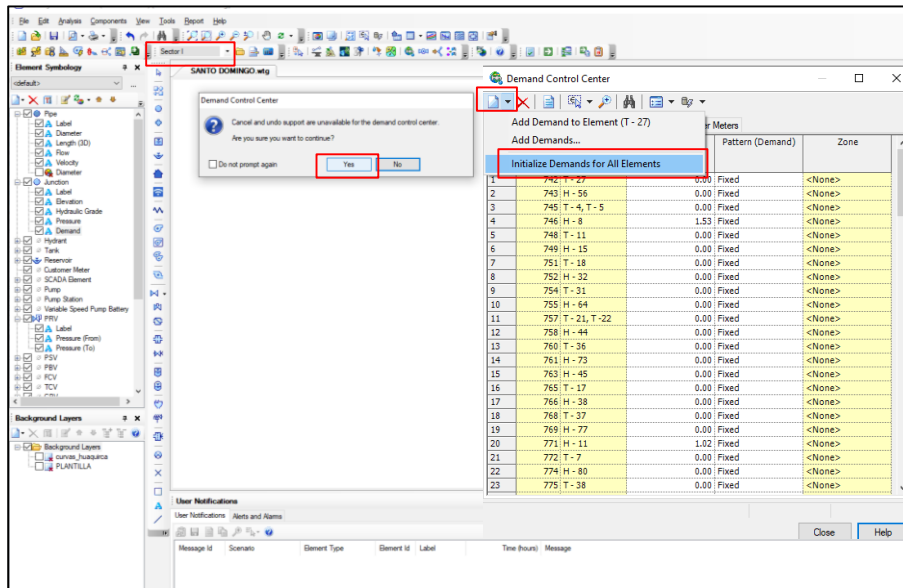


Figura 57: Procedimiento para asignación de caudales a hidrantes

FUENTE: Elaboración propia

c.10. Dimensionamiento de redes de distribución

En esta etapa se dimensiona cada tubería, teniendo en consideración las velocidades, así como las presiones de salida en cada hidrante. Para ello se seleccionó el tramo de tubería en estudio, haciendo doble click sobre él. Luego apareció la ventana de *Properties* la cual por defecto tiene el diámetro asignado del prototipo creado (58.4mm).

En el campo de *Diameter* se cambió por el diámetro correspondiente y se verificó que la velocidad cumpla los parámetros. Este procedimiento se realizó para cada tramo de tubería de toda la red de distribución.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- La topografía del ámbito de estudio posee pendientes fuertes, superiores al 15 %. Así mismo el tipo de suelo corresponde a una textura franco limoso (Arena: 41%, Limo: 53%, Arcilla: 6%) con un PH de 6.9, el cual es neutro y una conductividad eléctrica de 0.32 mmhos/cm lo que indica un suelo normal. Respecto al contenido de materia orgánica, este es de 2.1% el cual indica un porcentaje medio (Ver Tabla 41).

Tabla 41: Resultados de análisis de caracterización de suelos

Cal	Análisis Mecánico (%)			Clase Textural	CIC meq/100	C.E. mmhos/cm	pH	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)		Cationes cambiabiles (meq/100)	
	Arena	Limo	Arcilla							P2O5 (ppm)	K2O (ppm)	Ca++	Mg++
	7	41	53							6	Franco-Limoso	12	0.32

FUENTE: Estudio Agrológico

En la Tabla 42 se presentan los resultados de las variables meteorológicas obtenidas del Estudio Hidrológico, en el cual se tuvo una temperatura máxima de 25.8 °C para el mes de noviembre, mientras que la temperatura mínima fue de 0.7 °C en el mes de julio. La humedad relativa fue incrementándose de 78.1% para el mes de febrero a una máxima de 97.8% para el mes de agosto, del mismo modo, la insolación se incrementó de 4.5 hrs en febrero a 7 hrs en agosto. Finalmente la velocidad del viento se obtuvo un valor mínimo de 13 km/hr para el mes de junio, mientras que en enero se presentó el valor máximo de 127 km/hr, dicho valor va de acuerdo a los cambios de estación que se presentan en la sierra de Perú.

Tabla 42: Resumen de variables meteorológicas

VARIABLE MET	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
T° MIN	7.7	6.4	6.1	5.1	2.7	1.1	0.7	1.4	2.8	3.5	4.7	5.7
T° MAX	23.0	22.8	22.1	22.6	23.5	22.8	22.5	23.6	24.5	25.3	25.8	25.1
% HUMEDAD	83.5	78.1	82.5	87.6	89.0	88.9	91.2	97.8	91.0	93.5	90.3	87.3
VIENTO	127	127	112	41	20	13	13	16	22	33	33	67
INSOLACION	4.7	4.5	4.7	5.8	6.8	7.0	6.9	7.0	6.5	6.8	6.9	5.0

FUENTE: Estudio hidrológico

El ámbito de estudio, como cédula de cultivo actual se manejan los cultivos de maíz, papa, haba grano y arveja verde con un total de áreas de 4.98, 2.99, 1.66 y 0.83 has respectivamente, haciendo una suma de 10.46 has que son aprovechadas en la campaña grande, la misma que corresponde a los meses de octubre a abril. (Ver Tabla 43). Por otro lado, en campaña chica; es decir en los meses de mayo a setiembre solo se cultiva haba verde y arveja con 2.49 y 3.32 has respectivamente haciendo un total de 5.81 has. Esta cantidad mucho menor de área sembrada se debe a que en época de estiaje no se cuenta con las lluvias y por tanto la cantidad de área sembrada es muy reducida.

Tabla 43: Cédula de cultivo campaña grande

CULTIVO	AREAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	(Has)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
AREAS (Ha)													
MAIZ	4.98	4.98	4.98	4.98	4.98							4.98	4.98
PAPA	2.99	2.99	2.99	2.99							2.99	2.99	2.99
HABA GRANO	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66							1.66	1.66
ARVEJA VERDE	0.83	0.83	0.83	0.83								0.83	0.83
TOTAL	10.46	10.46	10.46	10.46	6.64						2.99	10.46	10.46

FUENTE: Estudio Agrologico

Tabla 44: Cédula de cultivo campaña chica

CULTIVO	AREAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	(Has)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
AREAS (Ha)													
HABA VERDE	2.49					2.49	2.49	2.49	2.49	2.49			
ARVEJA	3.32					3.32	3.32	3.32	3.32	3.32			
TOTAL	5.81					5.81	5.81	5.81	5.81	5.81			

FUENTE: Estudio Agrológico

- Del diseño agronómico, se obtuvo que la precipitación horaria del sistema es de 7.18 mm/hr, con un tiempo de riego de 3.44 horas que incluyen los tiempos para cambios de posición. Así mismo, la frecuencia de riego es de 7 días, de los cuales el séptimo será para mantenimiento. Por otro lado, la jornada de riego es de 12 horas. Por tanto, se regarán 3 turnos por día, 4 horas/turno, dando un total de 18 turnos.
- Los parámetros de entrada al software fueron la red hidráulica, topográfica y caudales de hidrantes por sectores (Ver Tabla 45). Así mismo se puede observar que los caudales por sector son similares, obteniendo para el sector V un caudal de 12.25 l/s como mínimo, mientras que para el Sector I, II, III y VI se obtuvo un caudal de 15.31 l/s.

Por otro lado, la cantidad de hidrantes agrupados por sector varia de 17 para el Sector VI a 10 para el Sector V, ello se debe a que cada hidrante depende de la cantidad de aspersores asociados que tiene a él, es así, que el Sector VI tiene 30 aspersores operando simultáneamente, mientras que el Sector V tiene 24 aspersores.

Tabla 45: Caudales de hidrantes del Sector I

Sector de Riego	N° hidrante	H una salida =1 H dos salidas=2	N° Aspersores	Posición (4 Hr)	Caudal aspersor (l/s)	Caudal hidrante (l/s)	Caudal por sector (l/s)
Sector I	H-1	1	2	2	0.51	1.02	15.31
	H-2	1	3	2	0.51	1.53	
	H-3	1	3	3	0.51	1.53	
	H-4	1	3	3	0.51	1.53	
	H-5	2	2	3	0.51	2.04	
	H-6	1	2	2	0.51	1.02	
	H-7	1	3	2	0.51	1.53	
	H-8	1	3	2	0.51	1.53	
	H-9	2	1	3	0.51	1.02	
	H-10	1	2	2	0.51	1.02	
	H-11	1	2	3	0.51	1.02	
	H-12	1	1	1	0.51	0.51	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 46: Caudales de hidrantes del Sector II

Sector de Riego	N° hidrante	H una salida =1 H dos salidas=2	N° Aspersores	Posición (4 Hr)	Caudal aspersor (l/s)	Caudal hidrante (l/s)	Caudal por sector (l/s)
Sector II	H-13	1	3	2	0.51	1.53	15.31
	H-14	1	1	3	0.51	0.51	
	H-15	1	1	1	0.51	0.51	
	H-16	2	1	3	0.51	1.02	
	H-17	1	1	2	0.51	0.51	
	H-18	1	1	2	0.51	0.51	
	H-19	1	2	3	0.51	1.02	
	H-20	2	1	3	0.51	1.02	
	H-21	1	2	3	0.51	1.02	
	H-22	1	1	3	0.51	0.51	
	H-23	2	3	3	0.51	3.06	
	H-24	1	3	2	0.51	1.53	
	H-25	2	1	3	0.51	1.02	
	H-26	1	1	2	0.51	0.51	
	H-27	1	1	3	0.51	0.51	
	H-28	1	1	3	0.51	0.51	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 47: Caudales de hidrantes del Sector III

Sector de Riego	N° hidrante	H una salida =1 H dos salidas=2	N° Aspersores	Posición (4 Hr)	Caudal aspersor (l/s)	Caudal hidrante (l/s)	Caudal por sector (l/s)
Sector III	H-29	1	2	3	0.51	1.02	15.31
	H-30	1	3	3	0.51	1.53	
	H-31	1	3	3	0.51	1.53	
	H-32	1	1	3	0.51	0.51	
	H-33	1	3	3	0.51	1.53	
	H-34	1	2	3	0.51	1.02	
	H-35	1	1	2	0.51	0.51	
	H-36	1	3	3	0.51	1.53	
	H-37	2	1	3	0.51	1.02	
	H-38	1	1	3	0.51	0.51	
	H-39	1	3	3	0.51	1.53	
	H-40	1	3	2	0.51	1.53	
	H-41	1	3	3	0.51	1.53	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 48: Caudales de hidrantes del Sector IV

Sector de Riego	N° hidrante	H una salida =1 H dos salidas=2	N° Aspersores	Posición (4 Hr)	Caudal aspersor (l/s)	Caudal hidrante (l/s)	Caudal por sector (l/s)
Sector IV	H-42	2	2	3	0.51	2.04	14.80
	H-43	1	3	1	0.51	1.53	
	H-44	1	3	3	0.51	1.53	
	H-45	1	3	3	0.51	1.53	
	H-46	1	2	2	0.51	1.02	
	H-47	1	3	2	0.51	1.53	
	H-48	1	2	1	0.51	1.02	
	H-49	1	1	3	0.51	0.51	
	H-50	1	2	3	0.51	1.02	
	H-51	1	3	3	0.51	1.53	
	H-52	1	2	2	0.51	1.02	
	H-53	1	1	3	0.51	0.51	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 49: Caudales de hidrantes del Sector V

Sector de Riego	N° hidrante	H una salida =1 H dos salidas=2	N° Aspersores	Posición (4 Hr)	Caudal aspersor (l/s)	Caudal hidrante (l/s)	Caudal por sector (l/s)
Sector V	H-54	1	2	3	0.51	1.02	12.25
	H-55	1	3	2	0.51	1.53	
	H-56	1	2	2	0.51	1.02	
	H-57	1	2	3	0.51	1.02	
	H-58	1	1	3	0.51	0.51	
	H-59	1	3	3	0.51	1.53	
	H-60	1	1	1	0.51	0.51	
	H-61	1	2	2	0.51	1.02	
	H-62	1	2	1	0.51	1.02	
	H-63	1	2	3	0.51	1.02	
	H-64	1	3	2	0.51	1.53	
	H-65	1	1	2	0.51	0.51	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 50: Caudales de hidrantes del Sector VI

Sector de Riego	N° hidrante	H una salida =1	N° Aspersores	Posición (4 Hr)	Caudal aspersor (l/s)	Caudal hidrante (l/s)	Caudal por sector (l/s)
Sector VI	H-66	1	2	3	0.51	1.02	15.31
	H-67	1	1	2	0.51	0.51	
	H-68	1	2	3	0.51	1.02	
	H-69	2	2	3	0.51	2.04	
	H-70	1	1	3	0.51	0.51	
	H-71	2	1	3	0.51	1.02	
	H-72	1	2	3	0.51	1.02	
	H-73	1	1	3	0.51	0.51	
	H-74	1	1	3	0.51	0.51	
	H-75	1	2	2	0.51	1.02	
	H-76	1	3	3	0.51	1.53	
	H-77	1	3	3	0.51	1.53	
	H-78	1	1	2	0.51	0.51	
	H-79	1	1	3	0.51	0.51	
	H-80	1	1	2	0.51	0.51	
	H-81	2	1	3	0.51	1.02	
	H-82	1	1	3	0.51	0.51	

FUENTE: Elaboración propia

- Como resultado del modelo se obtuvo la red hidráulica dimensionada con un diámetro mayor de 160mm, 110mm, 90mm, 75mm, 63mm, 50mm y 32mm cuyas longitudes totales ascienden a 5057 m, 456m, 756m, 310m, 978m, 1560m y 1246m respectivamente (Ver Figura 58)
- Así mismo, se obtuvo reportes de los hidrantes, tuberías y válvulas reguladoras de presión por cada sector de riego (Ver Anexo 5).

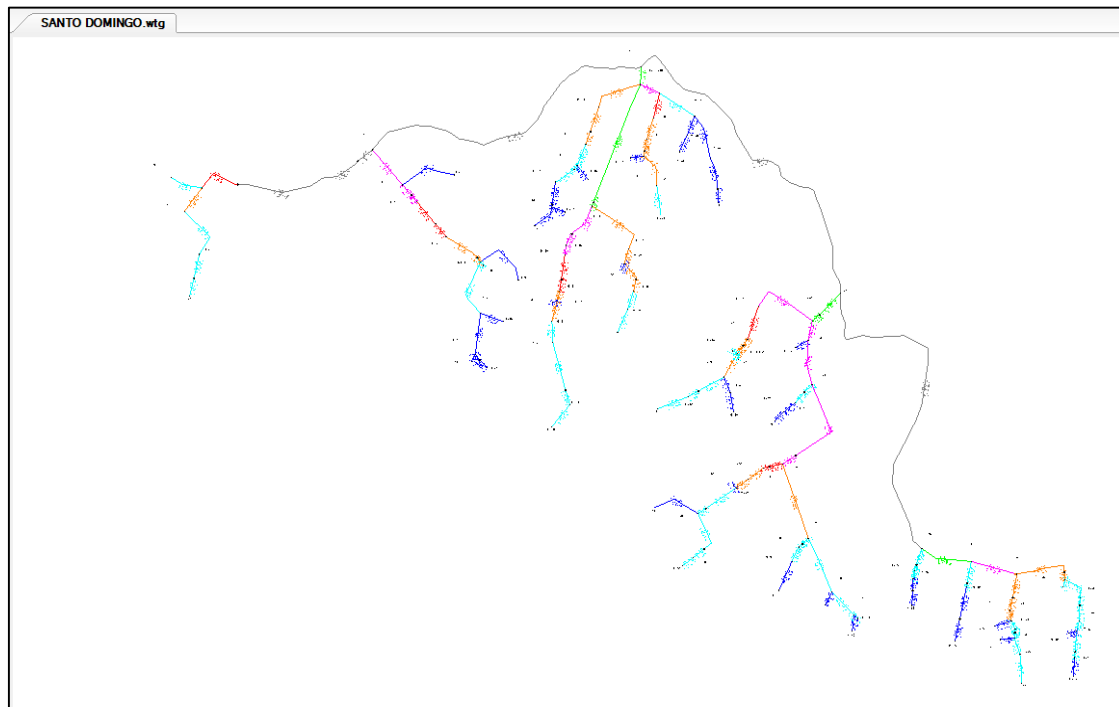


Figura 58: Red Hidráulica diseñada con software Watercad

FUENTE: Elaboración propia

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Se determinó la topografía como una superficie colinada cuya extensión de área agrícola es de 16.60 has con una cédula de cultivo actual de maíz, papa, haba y arveja. Además, cuenta con dos tipos de climas: semiseco frío; con deficiencia de lluvia en otoño e invierno y semi frígido. Por otro lado, la textura del suelo es un franco limoso el cual es adecuado para la explotación agrícola.
- Se determinó el diseño agronómico para la cédula propuesta, teniendo en cuenta el mes crítico, para este caso agosto. Así mismo se seleccionó el aspersor Vyr 36 con el cual se realizó los parámetros de operación.
- Se logró configurar toda la información de ingreso para el modelamiento en el software Watercad como los caudales por sectores de riego, lo que permitió la creación de escenarios en el software.
- Se determinó el diseño hidráulico de las redes de distribución del sistema de riego Santo Domingo a través del software Watercad, obteniendo una tubería matriz de tubería PVC 160 mm PN 7.5. con velocidades no menores a 0.5 m/s y con presiones promedio en los hidrantes de 30 mca.

7.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener cuidado con las velocidades mínimas y máximas en el dimensionamiento de las tuberías.
- Se recomienda implementar este software en los modelamientos hidráulicos de las redes de distribución de un sistema de riego, debido a que agiliza su dimensionamiento gracias a la creación de escenarios.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anten, M. y Willet, H. (2000). Diseño de pequeños sistemas de riego por aspersión en ladera. Cajamarca-Perú. PRONAMACHCS.
- Bentley Communities (2014). Historia de los métodos de análisis y análisis de modelos computacionales para análisis de redes de distribución a presión [Mensaje en un blog]. Recuperado de https://comunidades.bentley.com/other/old_site_member_blogs/bentley_employees/b/juan_gutierrezs_blog/posts/historia-de-los-metodos-de-analisis-y-modelos_computacionales-para-an-193-lisis-de-redes-de-distribuci-211-n-a-presi-211-n
- Cañamero, M.; Vásquez, A.; Vásquez, C.; Vásquez, I. (2017). Fundamentos de la Ingeniería de Riego. Lima: Q&P Impresiones.
- Eadic, formación y consultoría (31 de marzo de 2016). Re: Watercad el software para obras hidráulicas [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.eadic.com/watercad-el-software-para-obras-hidraulicas>
- FAO. (2002). La agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Gonzales, M. (2018). Propuesta de renovación de redes de agua potable mediante el método pipe bursting Urb. San Diego distrito SMP, Lima-2018". (Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo). Recuperada de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27668>

Gutierrez, Y.; Huamani, M. (2019). Modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software watercad en el diseño de las redes de distribución en la etapa del proyecto San Antonio de (Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres). Recuperada de: <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/5486>

Loza, H. (2015). WaterCAD V8i. Lima: Megabyte.

Saldarriaga, J. (2016). Hidráulica de tuberías. Abastecimiento de agua, redes y riego. Bogotá: Alfaomega. Vargas, L. (2020). Diseño de redes de agua potable y alcantarillado de la comunidad campesina La Ensenada de Collancac Distrito de Pachacamac mediante el uso de los programas de watercad y sewerCAD. (Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú). Recuperada de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17207>

Vidal, C. (2009). Diseño y modelación de sistemas de distribución de agua con waterCAD. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.

IX. ANEXOS

Anexo 1: Lista de beneficiarios

ITEM	APELLIDOS Y NOMBRES	CODIGO DE PARCELA	DNI	AREA (ha)	PERIMETRO (m)
1	COMUNIDAD CAMPESINA DE HUAQUIRCA	P-1		0.15	180.76
2	CECILIO SUBELETE ROJAS	P-2	48105732	0.19	172.7
3	JUAN RODOLFO BRAVO DAVILA	P-3	31304266	0.36	222.87
4	FORTUNATO HUARANCCA HUARANCCA	P-4	31304724	0.26	197.22
5	YGNACIO TRUJILLO HUAMANI	P-5	71798257	0.25	205.17
6	FRANCISCO HUARHUA CHECCLLO	P-6	08509674	0.15	241.99
7	MARLENI MOTTA VALENZUELA	P-7	40250975	0.1	168.79
8	COMUNIDAD CAMPESINA DE HUAQUIRCA	P-8		0.22	183.17
9	SEBASTIAN MARIN DURAN	P-9	31304644	0.12	198.43
10	FELICITAS CLAVIA CHECCLLO MEJIA	P-10	43925401	0.15	168.33
11	MARIO MARIN CASAVARDE	P-11	31304131	0.04	72.81
12	WENCESLAO QUISPE CHIPANA	P-12	31304036	0.08	126.12
13	PAULINA LLACMA CHOQUE	P-13	31304221	0.03	97.01
14	JOSE QUISPE BUENDIA	P-14	31304031	0.14	208.26
15	TITO DELGADO CCONISLLA	P-15	43124711	0.13	152.4
16	ORESTES MOTTA CHAUCA	P-16	31304727	0.13	151.5
17	DINA QUISPE CORDOVA	P-17	44697894	0.12	149.88
18	CUMUNIDAD CAMPESINA DE HUAQUIRCA	P-18		0.16	152.35
19	SANTIAGO HUAMANI CHOQUE	P-19	45418732	0.17	163.46
20	CECILIA DAVILA ARONI	P-20	31304552	0.2	219.85
21	RUFINO MARIO LLAMOCCA CCONISLLA	P-21	43769163	0.19	181.29
22	FLAVIO CASTILLO HUACHACA	P-22	40716676	0.14	180.3
23	ANA POCCO MARTINEZ	P-23	80365497	0.07	112.09
24	PETRONILA ROSALES DAVILA	P-24	80311344	0.1	128.67
25	MARIO GUALBER CASAVARDE ZELA	P-25	31304208	0.39	263.08
26	CLAUDIO MEJIA PUMACAYO	P-26	31310188	0.36	260.52
27	JUSTINA ZELA AMPUERO	P-27	40105574	0.1	124.97
28	JUANA ALARCON DURAND	P-28	31304049	0.07	114.78
29	GUMERCINDA QUISPE GOMEZ	P-29	09608949	0.15	199.35
30	ALEJANDRO MANUELO QUISPE	P-30	23964797	0.12	142.77
31	FAUSTINA PUMACAYO CHECLLO	P-31	08273285	0.11	135.18
32	COMUNIDAD CAMPESINA DE HUAQUIRCA	P-32		0.17	164.52
33	JESUS HUILLCA TAIPECCA HUANA	P-33	10357061	0.15	179.38
34	ANA MARIA CASTILLO BELLO	P-34	31304132	0.08	110.85
35	JESUS HUILLCA TAIPECCA HUANA	P-35	10357061	0.36	255.53

ITEM	APELLIDOS Y NOMBRES	CODIGO DE PARCELA	DNI	AREA (ha)	PERIMETRO (m)
36	JUVENAL MARTINEZ ARONI	P-36	72627023	0.12	147.77
37	COMUNIDAD CAMPESINA DE HUAQUIRCA	P-37		0.15	169.33
38	FAUSTINA PUMACAYO CHECCLO	P-38	08273285	0.41	264.63
39	TITO DELGADO CCONISLLA	P-39	43124711	0.11	159.6
40	TITO DELGADO CCONISLLA	P-40	43124711	0.14	165.5
41	ADAN MARIN HUAMANI	P-41	10359222	0.23	191.87
42	JUANA MERCEDES LARCON DURAN	P-42	31304049	0.39	265.36
43	FELICITAS QUESO HUILLCA	P-43	40565733	0.14	179.45
44	MARTINA PUMACAYO HUAMANI	P-44	31304593	0.11	149.65
45	ERASMO MANUELO QUISPE	P-45	23865674	0.15	167.32
46	LUCILA MEJIA PUMACAYO	P-46	48625250	0.27	222.4
47	COMUNIDAD CAMPESINA DE HUAQUIRCA	P-47		0.09	137.04
48	PAULINO MEJIA POCCO	P-48	31304614	0.1	133.53
49	MARIANO PUMACAYO DELGADO	P-49	80610565	0.07	114.39
50	JESUSA CHUMBE CCOSCCO	P-50	48926066	0.16	203.56
51	GERMAN HECTOR DAVILA GUILLEN	P-51	31304011	0.52	269.48
52	ADELAIDA BARRIENTOS DAVILA	P-52	31304719	0.25	189.64
53	AQUILINO BUENDIA QUISPE	P-53	31304026	0.15	171.83
54	ADELAIDAD BARRIENTOS DAVILA	P-54	31304719	0.39	291.97
55	PETRONILA ROSALES DAVILA	P-55	80311344	0.24	222.41
56	HECTOR CASTILLO HUARHUA	P-56	42809404	0.41	314.67
57	JULIA CRUZ QUISPE	P-57	08131360	0.07	135.94
58	VANESA BARRIENTOS FLORIDO	P-58	44109782	0.16	161.04
59	VANESA BARRIENTOS FLORIDO	P-59	44109278	0.09	148.36
60	BERNADO HUACHACA MARIN	P-60	31300941	0.08	120.71
61	JUAN DOROTEO HUILLCA ZANABRIA	P-61	08505120	0.17	186.21
62	CRISTINA QUISPE DE ARONI	P-62	23867945	0.13	155.68
63	COMUNIDAD CAMPESINA DE HUAQUIRCA	P-63		0.09	156.65
64	SEBASTIAN HUAMANI VARGAS	P-64	31304051	0.22	211.06
65	ERASMO MANUELO QUISPE	P-65	23865674	0.16	162.9
66	ALEJANDRO MANUELO QUISPE	P-66	23964797	0.17	160.12
67	JORGE DANIEL BELLO PUMACAYO	P-67	43770005	0.22	195.68
68	JOSE ALCCA HUAMANI CCACHUCO	P-68	31304424	0.21	215.28
69	OSCAR CCOSCCO ACOSTUPA	P-69	10019403	0.28	200.38
70	COMUNIDAD CAMPESINA DE HUAQUIRCA	P-70		0.17	164.95
71	MARIA JESUS CHOQUE PUMACAYO	P-71	31304333	0.15	176.67
72	MARIA JESUS CHOQUE PUMACAYO	P-72	31304333	0.05	100.87
73	JUANA MERCEDES LARCON DURAN	P-73	31304049	0.22	199.88
74	SOLEDAD DELGADO ARONI	P-74	09617096	0.18	203.87
75	DIOMEDES ARONI QUISPE	P-75	31304055	0.16	170.66
76	SOLEDAD DELGADO ARONI	P-76	09617096	0.22	192.72
77	MAXIMILIANA PUMACAYO HUILLCA	P-77	31304074	0.29	244.25
78	DANIEL FEDERICO BARRIENTOS ZELA	P-78	31304124	0.23	190.31
79	JACINTO MORAYA BARRIENTOS	P-79	31304090	0.27	274.42
80	GIL BARRIENTOS HUAMANI	P-80	73658688	0.15	170.77

ITEM	APELLIDOS Y NOMBRES	CODIGO DE PARCELA	DNI	AREA (ha)	PERIMETRO (m)
81	JULIA GOMEZ CASAVARDE	P-81	25813050	0.11	182.79
82	JULIA GOMEZ CASAVARDE	P-82	25813050	0.15	201.64
83	ADAN MARIN DAVILA	P-83	10359222	0.13	197.53
84	ANASTACIA ROSALES DAVILA	P-84	31304685	0.21	190.01
85	EDWIN ANTONIO ZELA ALARCON	P-85	42200638	0.16	162.8
86	EMPERATRIZ DAVILA PUMACAYO	P-86	80144943	0.11	136.98
87	VICENTE CHECCLO TAYPECAHUANA	P-87	07389440	0.29	236.78
88	SEBASTIAN HUAMANI VARGAS	P-88	31304051	0.11	129.41
89	JUSTO TEOFILO CASAVARDE ZELA	P-89	08657858	0.15	160.58
90	JESUS QUISPE CHIPANA	P-90	31304304	0.08	115.29
91	BRAULIA HUAMANI LLACMA	P-91	43462166	0.06	129.48
92	AYDE CASTILLO HUACHACA	P-92	31304712	0.1	175.29
93	CESAR MARIN CHOQUE	P-93	10126908	0.15	183.5
94	ROSAS CASTILLO ACUSTUPA	P-94	31304235	0.13	144.29
95	ANDRES PFUÑO TITO	P-95	25180757	0.21	267.77

Anexo 2: Plano parcelario

Anexo 3: Plano de Redes de distribución

Anexo 4: Plano de diagrama de presiones

Anexo 5: Características hidráulicas de tuberías del Sector I

Label	Longitud (m)	Nodo Inicio	Nodo Final	Diametro Exterior (mm)	Diametro Interior (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdidas (m/m)
TUB-1	132.77	R-SANTO ICABEZAL I		160	148.4	PVC	150	5.61	0.32	0.001
TUB-2	71.22	CABEZAL IT - 1		75	69.4	PVC	150	5.61	1.48	0.03
TUB-3	50.03	T - 1	H - 1	50	43.4	PVC	150	1.02	0.69	0.012
TUB-4	46.87	T - 1	H - 2	63	58.4	PVC	150	4.59	1.71	0.047
TUB-5	84.65	H - 2	H - 3	50	43.4	PVC	150	3.06	2.07	0.095
TUB-6	36.83	H - 3	PRV-1	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026
TUB-7	28.14	PRV-1	H - 4	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026
TUB-8	59.47	R-SANTO ICABEZAL I		160	148.4	PVC	150	9.7	0.56	0.002
TUB-9	28.34	CABEZAL IT - 2		160	148.4	PVC	150	9.71	0.56	0.002
TUB-10	72.83	T - 2	T - 3	90	83.4	PVC	150	9.69	1.77	0.033
TUB-11	87.5	T - 3	H - 6	32	29.4	PVC	150	1.02	1.5	0.083
TUB-12	20.59	T - 3	PRV-2	90	83.4	PVC	150	8.67	1.59	0.027
TUB-13	12.93	PRV-2	H - 5	90	83.4	PVC	150	8.67	1.59	0.027
TUB-14	43.9	H - 5	PRV-3	75	69.4	PVC	150	6.63	1.75	0.04
TUB-15	26.48	PRV-3	H - 7	75	69.4	PVC	150	6.63	1.75	0.04
TUB-16	59.62	H - 7	PRV-4	63	58.4	PVC	150	5.1	1.9	0.058
TUB-17	8.69	PRV-4	T - 4, T - 5	63	58.4	PVC	150	5.1	1.9	0.058
TUB-18	7.42	T - 4, T - 5	H - 8	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026
TUB-19	90.83	T - 4, T - 5	H - 9	32	29.4	PVC	150	1.02	1.5	0.083
TUB-20	88.97	T - 4, T - 5	T - 6	50	43.4	PVC	150	2.55	1.72	0.068
TUB-21	36.95	T - 6	H - 10	32	29.4	PVC	150	1.02	1.5	0.083
TUB-22	60.96	T - 6	T - 7	32	29.4	PVC	150	1.53	2.25	0.176
TUB-23	11.65	T - 7	H - 11	32	29.4	PVC	150	1.02	1.5	0.083
TUB-24	10.2	T - 7	PRV-5	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023
TUB-25	16.85	PRV-5	H - 12	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023

Anexo 6: Características hidráulicas de tuberías del Sector II

Label	Longitud (m)	Nodo Inicio	Nodo Final	Diametro Exterior (mm)	Diametro Interior (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdidas (m/m)
TUB-8	59.47	R-SANTO ICABEZAL I		160	148.4	PVC	150	15.31	0.89	0.005
TUB-9	28.34	CABEZAL I T - 2		160	148.4	PVC	150	15.32	0.89	0.005
TUB-26	470.27	T - 2	T - 8	160	148.4	PVC	150	15.31	0.89	0.005
TUB-27	27.13	T - 8	T - 9, T- 10	110	102	PVC	150	15.3	1.87	0.029
TUB-28	77.1	T - 9, T- 10	H - 13	63	58.4	PVC	150	5.61	2.09	0.069
TUB-29	38.07	H - 13	PRV-6	63	58.4	PVC	150	4.08	1.52	0.038
TUB-30	20.99	PRV-6	H - 14	63	58.4	PVC	150	4.08	1.52	0.038
TUB-31	34.18	H - 14	T - 11	50	43.4	PVC	150	3.57	2.41	0.127
TUB-32	7.22	T - 11	H - 15	50	43.4	PVC	150	2.55	1.72	0.068
TUB-33	34.11	H - 15	H - 17	50	43.4	PVC	150	2.04	1.38	0.045
TUB-34	34.44	H - 17	PRV-7	32	29.4	PVC	150	1.53	2.25	0.176
TUB-35	4.86	PRV-7	T - 12	32	29.4	PVC	150	1.53	2.25	0.176
TUB-36	21.25	T - 12	H - 18	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023
TUB-37	39.73	T - 12	H - 19	32	29.4	PVC	150	1.02	1.5	0.083
TUB-38	25.86	T - 11	H - 16	32	29.4	PVC	150	1.02	1.5	0.083
TUB-60	31.63	T - 9, T- 10	T - 13	90	83.4	PVC	150	9.69	1.77	0.033
TUB-61	38.59	T - 13	H - 20	75	69.4	PVC	150	7.14	1.89	0.046
TUB-62	32.28	H - 20	H - 21	63	58.4	PVC	150	6.12	2.28	0.081
TUB-63	16.47	H - 21	PRV-8	63	58.4	PVC	150	5.1	1.9	0.058
TUB-64	8.8	PRV-8	T - 14	63	58.4	PVC	150	5.1	1.9	0.058
TUB-66	19.72	T - 14	H - 22	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023
TUB-67	50.97	T - 14	H - 23	63	58.4	PVC	150	4.59	1.71	0.047
TUB-68	44.45	H - 23	H - 24	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026
TUB-69	62.13	T - 13	T - 15	50	43.4	PVC	150	2.55	1.72	0.068
TUB-70	30.35	T - 15	H - 25	32	29.4	PVC	150	1.53	2.25	0.176
TUB-71	26.95	H - 25	H - 26	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023
TUB-72	67.57	T - 15	H - 27	32	29.4	PVC	150	1.02	1.5	0.083
TUB-73	46.35	H - 27	PRV-8	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023
TUB-74	22.62	PRV-8	H - 28	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023

Anexo 7: Características hidráulicas de tuberías del Sector III

Label	Longitud (m)	Nodo Inicio	Nodo Final	Diametro Exterior (mm)	Diametro Interior (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdidas (m/m)
TUB-8	59.47	R-SANTO ICABEZAL I		160	148.4	PVC	150	15.31	0.89	0.005
TUB-9	28.34	CABEZAL IT - 2		160	148.4	PVC	150	15.32	0.89	0.005
TUB-26	470.27	T - 2	T - 8	160	148.4	PVC	150	15.32	0.89	0.005
TUB-27	27.13	T - 8	T - 9, T- 10	110	102	PVC	150	15.3	1.87	0.029
TUB-39	188.04	T - 9, T- 10	PRV-9	110	102	PVC	150	15.3	1.87	0.029
TUB-40	7.43	PRV-9	T - 16	110	102	PVC	150	15.3	1.87	0.029
TUB-41	54.09	T - 16	PRV-10	90	83.4	PVC	150	9.18	1.68	0.03
TUB-42	19.55	PRV-10	H - 29	90	83.4	PVC	150	9.18	1.68	0.03
TUB-43	14.41	H - 29	H - 30	90	83.4	PVC	150	8.16	1.49	0.024
TUB-44	36.16	H - 30	PRV-11	75	69.4	PVC	150	6.63	1.75	0.04
TUB-45	17.91	PRV-11	H - 31	75	69.4	PVC	150	6.63	1.75	0.04
TUB-46	16.24	H - 31	T - 18	63	58.4	PVC	150	5.1	1.9	0.058
TUB-47	7.15	T - 18	H - 32	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023
TUB-48	30.22	T - 18	H - 33	63	58.4	PVC	150	4.59	1.71	0.047
TUB-49	32.18	H - 33	H - 34	50	43.4	PVC	150	3.06	2.07	0.095
TUB-50	73.52	H - 34	PRV-12	50	43.4	PVC	150	2.04	1.38	0.045
TUB-51	23.95	PRV-12	H - 35	50	43.4	PVC	150	2.04	1.38	0.045
TUB-52	43.72	H - 35	H - 36	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026
TUB-53	99.29	T - 16	H - 37	63	58.4	PVC	150	6.12	2.28	0.081
TUB-54	22.8	H - 37	T - 17	63	58.4	PVC	150	5.1	1.9	0.058
TUB-55	10.2	T - 17	H - 38	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023
TUB-56	30.47	T - 17	PRV-13	63	58.4	PVC	150	4.59	1.71	0.047
TUB-57	17.73	PRV-13	H - 39	63	58.4	PVC	150	4.59	1.71	0.047
TUB-58	28.49	H - 39	H - 40	50	43.4	PVC	150	3.06	2.07	0.095
TUB-59	37.21	H - 40	H - 41	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026

Anexo 8: Características hidráulicas de tuberías del Sector IV

Label	Longitud (m)	Nodo Inicio	Nodo Final	Diametro Exterior (mm)	Diametro Interior (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdidas (m/m)
TUB-8	59.47	R-SANTO ICABEZAL I		160	148.4	PVC	150	14.8	0.86	0.004
TUB-9	28.34	CABEZAL IT - 2		160	148.4	PVC	150	14.81	0.86	0.004
TUB-26	470.27	T - 2	T - 8	160	148.4	PVC	150	14.81	0.86	0.004
TUB-75	512.45	T - 8	T - 19	160	148.4	PVC	150	14.8	0.86	0.004
TUB-76	47.56	T - 19	PRV-14	110	102	PVC	150	14.79	1.81	0.027
TUB-77	16.39	PRV-14	T - 20	110	102	PVC	150	14.79	1.81	0.027
TUB-78	105.91	T - 20	H - 42	90	83.4	PVC	150	10.71	1.96	0.04
TUB-79	50.72	H - 42	H - 43	75	69.4	PVC	150	8.67	2.29	0.067
TUB-80	11.6	H - 43	PRV-15	63	58.4	PVC	150	7.14	2.67	0.108
TUB-81	14.36	PRV-15	T - 21, T - 22	63	58.4	PVC	150	7.14	2.67	0.108
TUB-82	8.3	T - 21, T - 22	H - 44	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026
TUB-83	8.95	T - 21, T - 22	H - 45	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026
TUB-84	42.01	T - 21, T - 22	T - 23	63	58.4	PVC	150	4.08	1.52	0.038
TUB-85	24.07	T - 23	H - 48	32	29.4	PVC	150	1.53	2.25	0.176
TUB-86	29.2	H - 48	H - 49	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023
TUB-87	47.84	T - 23	PRV-16	50	43.4	PVC	150	2.55	1.72	0.068
TUB-88	18.97	PRV-16	H - 46	50	43.4	PVC	150	2.55	1.72	0.068
TUB-89	51.48	H - 46	H - 47	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026
TUB-90	28.45	T - 20	T - 24	90	83.4	PVC	150	4.08	0.75	0.007
TUB-91	22.54	T - 24	H - 50	32	29.4	PVC	150	1.02	1.5	0.083
TUB-92	66.38	T - 24	T - 25	90	83.4	PVC	150	3.06	0.56	0.004
TUB-93	20.34	T - 25	PRV-17	50	43.4	PVC	150	3.06	2.07	0.095
TUB-94	21.7	PRV-17	H - 51	50	43.4	PVC	150	3.06	2.07	0.095
TUB-95	22.28	H - 51	H - 52	32	29.4	PVC	150	1.53	2.25	0.176
TUB-96	21.02	H - 52	H - 53	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023

Anexo 9: Características hidráulicas de tuberías del Sector V

Label	Longitud (m)	Nodo Inicio	Nodo Final	Diametro Exterior (mm)	Diametro Interior (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdidas (m/m)
TUB-8	59.47	R-SANTO ICABEZAL I		160	148.4	PVC	150	12.25	0.71	0.003
TUB-9	28.34	CABEZAL IT - 2		160	148.4	PVC	150	12.26	0.71	0.003
TUB-26	470.27	T - 2	T - 8	160	148.4	PVC	150	12.26	0.71	0.003
TUB-75	512.45	T - 8	T - 19	160	148.4	PVC	150	12.25	0.71	0.003
TUB-76	47.56	T - 19	PRV-14	110	102	PVC	150	12.24	1.5	0.019
TUB-77	16.39	PRV-14	T - 20	110	102	PVC	150	12.24	1.5	0.019
TUB-90	28.45	T - 20	T - 24	90	83.4	PVC	150	12.24	2.24	0.051
TUB-92	66.38	T - 24	T - 25	90	83.4	PVC	150	12.24	2.24	0.051
TUB-97	141.62	T - 25	PRV-18	90	83.4	PVC	150	12.24	2.24	0.051
TUB-98	26.53	PRV-18	T - 26	90	83.4	PVC	150	12.24	2.24	0.051
TUB-99	21.35	T - 26	PRV-19	75	69.4	PVC	150	6.63	1.75	0.04
TUB-100	10.79	PRV-19	H - 54	75	69.4	PVC	150	6.63	1.75	0.04
TUB-101	29.54	H - 54	H - 55	63	58.4	PVC	150	5.61	2.09	0.069
TUB-102	22.52	H - 55	T - 27	63	58.4	PVC	150	4.08	1.52	0.038
TUB-103	5.9	T - 27	H - 56	32	29.4	PVC	150	1.02	1.5	0.083
TUB-104	60.93	T - 27	PRV-20	50	43.4	PVC	150	3.06	2.07	0.095
TUB-105	15.23	PRV-20	T - 28	50	43.4	PVC	150	3.06	2.07	0.095
TUB-106	75.14	T - 28	H - 57	32	29.4	PVC	150	1.02	1.5	0.083
TUB-107	60.8	T - 28	PRV-21	50	43.4	PVC	150	2.04	1.38	0.045
TUB-108	23.5	PRV-21	H - 58	50	43.4	PVC	150	2.04	1.38	0.045
TUB-109	21.42	H - 58	H - 59	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026
TUB-110	113.72	T - 26	T - 29	63	58.4	PVC	150	5.61	2.09	0.069
TUB-111	14.48	T - 29	PRV-22	50	43.4	PVC	150	2.55	1.72	0.068
TUB-112	9.08	PRV-22	H - 60	50	43.4	PVC	150	2.55	1.72	0.068
TUB-113	24.3	H - 60	H - 61	50	43.4	PVC	150	2.04	1.38	0.045
TUB-114	46.72	H - 61	H - 62	32	29.4	PVC	150	1.02	1.5	0.083
TUB-115	87.49	T - 29	T - 30	50	43.4	PVC	150	3.06	2.07	0.095
TUB-116	21.88	T - 30	H - 63	32	29.4	PVC	150	1.02	1.5	0.083
TUB-117	46.76	T - 30	T - 31	50	43.4	PVC	150	2.04	1.38	0.045
TUB-118	7.8	T - 31	H - 64	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026
TUB-119	23.68	T - 31	H - 65	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023

Anexo 10: Características hidráulicas de tuberías del Sector VI

Label	Longitud (m)	Nodo Inicio	Nodo Final	Diametro Exterior (mm)	Diametro Interior (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdidas (m/m)
TUB-8	59.47	R-SANTO ICABEZAL I		160	148.4	PVC	150	15.31	0.89	0.005
TUB-9	28.34	CABEZAL IT - 2		160	148.4	PVC	150	15.31	0.89	0.005
TUB-26	470.27	T - 2	T - 8	160	148.4	PVC	150	15.31	0.89	0.005
TUB-75	512.45	T - 8	T - 19	160	148.4	PVC	150	15.31	0.88	0.005
TUB-120	509.09	T - 19	T - 32	160	148.4	PVC	150	15.3	0.88	0.005
TUB-121	33.52	T - 32	PRV-23	50	43.4	PVC	150	2.55	1.72	0.068
TUB-122	15.02	PRV-23	H - 66	50	43.4	PVC	150	2.55	1.72	0.068
TUB-123	14.3	H - 66	H - 67	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026
TUB-124	18.85	H - 67	PRV-24	32	29.4	PVC	150	1.02	1.5	0.083
TUB-125	24.74	PRV-24	H - 68	32	29.4	PVC	150	1.02	1.5	0.083
TUB-126	78.36	T - 32	T - 33	110	102	PVC	150	12.75	1.56	0.021
TUB-127	37.92	T - 33	PRV-25	50	43.4	PVC	150	2.55	1.72	0.068
TUB-128	7.84	PRV-25	H - 69	50	43.4	PVC	150	2.55	1.72	0.068
TUB-129	56.04	H - 69	PRV-26	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023
TUB-130	35.65	PRV-26	H - 70	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023
TUB-131	71.52	T - 33	T - 34	90	83.4	PVC	150	10.2	1.87	0.037
TUB-132	50.58	T - 34	PRV-27	63	58.4	PVC	150	5.61	2.09	0.069
TUB-133	20.75	PRV-27	H - 71	63	58.4	PVC	150	5.61	2.09	0.069
TUB-134	15.64	H - 71	T - 35	63	58.4	PVC	150	4.59	1.71	0.047
TUB-135	26.31	T - 35	H - 72	32	29.4	PVC	150	1.02	1.5	0.083
TUB-136	13.38	T - 35	H - 73	50	43.4	PVC	150	3.57	2.41	0.127
TUB-137	4.84	H - 73	PRV-28	50	43.4	PVC	150	3.06	2.07	0.095
TUB-138	9.32	PRV-28	T - 36	50	43.4	PVC	150	3.06	2.07	0.095
TUB-139	21.72	T - 36	H - 74	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023
TUB-140	25.49	T - 36	H - 75	50	43.4	PVC	150	2.55	1.72	0.068
TUB-141	42.4	H - 75	H - 76	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026
TUB-142	91.66	T - 34	PRV-29	63	58.4	PVC	150	4.59	1.71	0.047
TUB-143	11.53	PRV-29	T - 37	63	58.4	PVC	150	4.59	1.71	0.047
TUB-144	13.01	T - 37	H - 77	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026
TUB-145	43.52	T - 37	H - 78	50	43.4	PVC	150	3.06	2.07	0.095
TUB-146	10.33	H - 78	PRV-30	50	43.4	PVC	150	2.55	1.72	0.068
TUB-147	24.87	PRV-30	H - 79	50	43.4	PVC	150	2.55	1.72	0.068
TUB-148	17.35	H - 79	T - 38	50	43.4	PVC	150	2.04	1.38	0.045
TUB-149	12.2	T - 38	H - 80	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023
TUB-150	31.74	T - 38	PRV-31	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026
TUB-151	9.67	PRV-31	H - 81	50	43.4	PVC	150	1.53	1.03	0.026
TUB-152	26.82	H - 81	H - 82	32	29.4	PVC	150	0.51	0.75	0.023

Anexo 11: Características hidráulicas de hidrantes del Sector I

Label	Demanda (L/s)	Elevacion (m)	Gradiente Hidraulico (m)	Presion (m H2O)
H - 1	1.02	3,258.64	3,283.71	25.02
H - 2	1.53	3,242.84	3,282.30	39.38
H - 3	1.53	3,226.22	3,274.41	38.08
H - 4	1.53	3,205.52	3,232.83	27.26
H - 5	2.04	3,244.00	3,269.25	25.2
H - 6	1.02	3,242.05	3,275.60	33.49
H - 7	1.53	3,223.80	3,249.27	25.42
H - 8	1.53	3,194.92	3,219.17	24.2
H - 9	1.02	3,174.00	3,212.09	38.01
H - 10	1.02	3,172.00	3,210.45	38.37
H - 11	1.02	3,165.98	3,201.99	35.94
H - 12	0.51	3,160.54	3,186.20	25.61

Anexo 12: Características hidráulicas de hidrantes del Sector II

Label	Demanda (L/s)	Elevacion (m)	Gradiente Hidraulico (m)	Presion (m H2O)
H - 13	1.53	3,250.00	3,276.76	26.71
H - 14	0.51	3,236.19	3,262.33	26.09
H - 15	0.51	3,225.95	3,257.66	31.65
H - 16	1.02	3,224.00	3,256.01	31.95
H - 17	0.51	3,220.20	3,256.15	35.88
H - 18	0.51	3,208.58	3,230.82	22.2
H - 19	1.02	3,198.27	3,228.11	29.77
H - 20	1.02	3,248.76	3,279.23	30.41
H - 21	1.02	3,244.15	3,276.65	32.43
H - 22	0.51	3,237.70	3,262.40	24.65
H - 23	3.06	3,232.97	3,260.45	27.42
H - 24	1.53	3,224.00	3,259.30	35.23
H - 25	1.02	3,248.81	3,271.53	22.67
H - 26	0.51	3,244.00	3,270.92	26.86
H - 27	0.51	3,246.00	3,271.20	25.15
H - 28	0.51	3,225.21	3,253.42	28.16

Anexo 13: Características hidráulicas de hidrantes del Sector III

Label	Demanda (L/s)	Elevacion (m)	Gradiente Hidraulico (m)	Presion (m H2O)
H - 29	1.02	3,195.31	3,218.99	23.63
H - 30	1.53	3,191.60	3,218.65	27
H - 31	1.53	3,177.20	3,203.74	26.49
H - 32	0.51	3,172.00	3,202.68	30.62
H - 33	1.53	3,166.00	3,201.44	35.37
H - 34	1.02	3,158.00	3,198.48	40.4
H - 35	0.51	3,129.30	3,155.58	26.23
H - 36	1.53	3,116.07	3,154.48	38.33
H - 37	1.02	3,198.46	3,230.07	31.55
H - 38	0.51	3,192.29	3,228.55	36.19
H - 39	1.53	3,184.27	3,206.84	22.53
H - 40	1.53	3,178.74	3,204.18	25.39
H - 41	1.53	3,170.98	3,203.23	32.18

Anexo 14: Características hidráulicas de hidrantes del Sector IV

Label	Demanda (L/s)	Elevacion (m)	Gradiente Hidraulico (m)	Presion (m H2O)
H - 42	2.04	3,220.83	3,256.63	35.73
H - 43	1.53	3,213.74	3,253.29	39.47
H - 44	1.53	3,204.63	3,228.68	24
H - 45	1.53	3,206.00	3,228.66	22.61
H - 46	1.02	3,164.54	3,188.43	23.84
H - 47	1.53	3,151.40	3,187.12	35.65
H - 48	1.02	3,194.15	3,223.13	28.92
H - 49	0.51	3,184.55	3,222.50	37.87
H - 50	1.02	3,225.61	3,258.89	33.21
H - 51	1.53	3,202.82	3,222.51	19.64
H - 52	1.02	3,196.16	3,218.77	22.57
H - 53	0.51	3,188.00	3,218.33	30.27

Anexo 15: Características hidráulicas de hidrantes del Sector V

Label	Demanda (L/s)	Elevacion (m)	Gradiente Hidraulico (m)	Presion (m H2O)
H - 54	1.02	3,161.19	3,184.11	22.88
H - 55	1.53	3,151.88	3,182.18	30.24
H - 56	1.02	3,144.00	3,180.89	36.82
H - 57	1.02	3,101.21	3,128.50	27.23
H - 58	0.51	3,096.00	3,123.74	27.69
H - 59	1.53	3,088.00	3,123.22	35.15
H - 60	0.51	3,156.00	3,181.00	24.95
H - 61	1.02	3,148.00	3,179.97	31.91
H - 62	1.02	3,140.60	3,176.15	35.48
H - 63	1.02	3,145.23	3,188.05	42.73
H - 64	1.53	3,151.69	3,187.52	35.76
H - 65	0.51	3,147.27	3,187.19	39.84

Anexo 16: Características hidráulicas de hidrantes del Sector VI

Label	Demanda (L/s)	Elevacion (m)	Gradiente Hidraulico (m)	Presion (m H2O)
H - 66	1.02	3,219.71	3,246.80	27.03
H - 67	0.51	3,211.25	3,246.50	35.18
H - 68	1.02	3,190.92	3,218.86	27.88
H - 69	2.04	3,225.39	3,255.59	30.14
H - 70	0.51	3,183.25	3,211.39	28.08
H - 71	1.02	3,201.41	3,223.44	21.98
H - 72	1.02	3,194.55	3,220.55	25.95
H - 73	0.51	3,195.38	3,221.07	25.63
H - 74	0.51	3,188.50	3,212.31	23.76
H - 75	1.02	3,183.97	3,211.13	27.11
H - 76	1.53	3,176.08	3,210.04	33.89
H - 77	1.53	3,223.11	3,253.41	30.24
H - 78	0.51	3,216.51	3,249.76	33.18
H - 79	0.51	3,204.12	3,229.70	25.53
H - 80	0.51	3,196.07	3,228.73	32.59
H - 81	1.02	3,180.03	3,204.28	24.2
H - 82	0.51	3,176.87	3,203.67	26.74

Anexo 17: Características hidráulicas de Válvulas Regulatoras de Presión Sector I

Label	Diametro (Valvula) (mm)	Caudal (L/s)	Elevacion (m)	Gradiente Hidraulico (Llegada) (m)	Presion (Llegada) (m H2O)	Presion (Salida) (m H2O)
PRV-1	43.4	1.53	3213.49	3,273.49	59.88	20.01
PRV-2	83.4	8.67	3247.54	3,282.26	34.65	22.01
PRV-3	69.4	6.63	3230.26	3,267.56	37.23	20.01
PRV-4	58.4	5.1	3201.76	3,246.08	44.23	18.01
PRV-5	29.4	0.51	3165.52	3,202.71	37.12	21.01

Anexo 18: Características hidráulicas de Válvulas Regulatoras de Presión Sector II

Label	Diametro (Valvula) (mm)	Caudal (L/s)	Elevacion (m)	Gradiente Hidraulico (Llegada) (m)	Presion (Llegada) (m H2O)	Presion (Salida) (m H2O)
PRV-6	58.4	4.08	3,241.06	3,275.35	34.22	22.01
PRV-7	29.4	1.53	3,209.07	3,250.43	41.27	23.01
PRV-8	58.4	5.1	3,241.29	3,275.71	34.35	22.01
PRV-8	29.4	0.51	3,233.86	3,270.18	36.25	20.01

Anexo 19: Características hidráulicas de Válvulas Regulatoras de Presión Sector III

Label	Diametro (Valvula) (mm)	Caudal (L/s)	Elevacion (m)	Gradiente Hidraulico (Llegada) (m)	Presion (Llegada) (m H2O)	Presion (Salida) (m H2O)
PRV-9	102	15.3	3,218.14	3,276.67	58.42	20.01
PRV-10	83.4	9.18	3,199.52	3,236.42	36.83	20.01
PRV-11	69.4	6.63	3,183.37	3,217.23	33.79	21.01
PRV-12	43.4	2.04	3,138.53	3,195.29	56.65	18.01
PRV-13	58.4	4.59	3,185.63	3,227.39	41.68	22.01

Anexo 20: Características hidráulicas de Válvulas Regulatoras de Presión Sector IV

Label	Diametro (Valvula) (mm)	Caudal (L/s)	Elevacion (m)	Gradiente Hidraulico (Llegada) (m)	Presion (Llegada) (m H2O)	Presion (Salida) (m H2O)
PRV-14	102	14.79	3,243.20	3,279.45	36.18	18.01
PRV-15	58.4	7.14	3,209.35	3,252.14	42.7	21.01
PRV-16	43.4	2.55	3,171.58	3,224.49	52.8	18.01
PRV-17	43.4	3.06	3,207.48	3,258.96	51.38	17.01

Anexo 21: Características hidráulicas de Válvulas Regulatoras de Presión Sector V

Label	Diametro (Valvula) (mm)	Caudal (L/s)	Elevacion (m)	Gradiente Hidraulico (Llegada) (m)	Presion (Llegada) (m H2O)	Presion (Salida) (m H2O)
PRV-14	102	12.24	3,243.20	3,281.12	37.85	18.01
PRV-18	83.4	12.24	3,185.91	3,249.09	63.04	21.01
PRV-19	69.4	6.63	3,164.48	3,204.97	40.41	20.01
PRV-20	43.4	3.06	3,117.96	3,176.20	58.12	18.01
PRV-21	43.4	2.04	3,104.68	3,131.96	27.22	20.01
PRV-22	43.4	2.55	3,161.45	3,197.13	35.61	20.01

Anexo 22: Características hidráulicas de Válvulas Regulatoras de Presión Sector VI

Label	Diametro (Valvula) (mm)	Caudal (L/s)	Elevacion (m)	Gradiente Hidraulico (Llegada) (m)	Presion (Llegada) (m H2O)	Presion (Salida) (m H2O)
PRV-23	43.4	2.55	3,231.40	3,276.32	44.83	16.01
PRV-24	29.4	1.02	3,202.62	3,245.11	42.4	18.01
PRV-25	43.4	2.55	3,230.91	3,274.22	43.22	25.01
PRV-26	29.4	0.51	3,195.12	3,254.51	59.27	17.01
PRV-27	58.4	5.61	3,208.74	3,271.40	62.54	16.01
PRV-28	43.4	3.06	3,193.59	3,220.64	26.99	20.01
PRV-29	58.4	4.59	3,234.16	3,269.40	35.17	20.01
PRV-30	43.4	2.55	3,213.23	3,249.09	35.79	18.01
PRV-31	43.4	1.53	3,182.47	3,228.26	45.69	22.01