

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**“DISEÑO ESTÁTICO DEL FLUJO DE AGUA EN LA RED DE  
DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO POBLADO LA PALMA CENTRAL  
PROVINCIA DE JAÉN APLICACIÓN DEL PROGRAMA WATERCAD”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

Línea de Investigación: Hidráulica

**AUTORES:** Br. RENGIFO CENAS, TERESA CECILIA.  
Br. ZÁRATE YUYES, CARLOS JENSEN.

**ASESOR:** Ms. Ing. NARVÁEZ ARANDA, RICARDO ANDRÉS.

Nº de Registro: \_\_\_\_\_

**TRUJILLO, ABRIL DEL 2016**



**Tesis: “Diseño estático del flujo de agua en la red de distribución del Centro Poblado La Palma Central Provincia de Jaén aplicación del programa WaterCAD”**

Por: Br. Zárate Yuyes, Carlos Jensen.  
Br. Rengifo Cenas, Teresa Cecilia.

**Jurado evaluador**

Presidente:

Ing. Perrigo Sarmiento, Felix Gilberto.

\_\_\_\_\_

Secretario:

Ing. Durand Orellana, Rocío Del Pilar.

\_\_\_\_\_

Vocal:

Ing. Serrano Hernández, José Luis.

\_\_\_\_\_

Asesor:

Ing. Narváez Aranda, Ricardo Andres.

\_\_\_\_\_

# PRESENTACIÓN

**Señores Miembros del Jurado:**

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, para el título Profesional de Ingeniero Civil, es grato poner a vuestra consideración, la presente tesis titulada: **“DISEÑO ESTÁTICO DEL FLUJO DE AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO POBLADO LA PALMA CENTRAL PROVINCIA DE JAÉN APLICACIÓN DEL PROGRAMA WATERCAD”**.

Atentamente,

Trujillo, abril del 2016

Br. Zárate Yuyes, Carlos Jensen.

Br. Rengifo Cenas, Teresa Cecilia.

## DEDICATORIA

A nuestros padres que con su amor y apoyo incondicional a lo largo de nuestra vida, hicieron posible alcanzar la meta proyectada.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiar nuestro camino, cumpliendo la meta anhelada.

A nuestros padres por darnos su apoyo, comprensión y todas las herramientas necesarias para que llegara este gran momento.

A nuestro asesor Ing. Narváez Aranda Ricardo Andrés, por brindarnos su apoyo y orientación en el desarrollo de la tesis.

## **RESUMEN**

### **“DISEÑO ESTÁTICO DEL FLUJO DE AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO POBLADO LA PALMA CENTRAL PROVINCIA DE JAÉN APLICACIÓN DEL PROGRAMA WATERCAD”**

**Por: Br. Zárate Yuyes, Carlos Jensen.**

**Br. Rengifo Cenas, Teresa Cecilia.**

El presente trabajo de suficiencia profesional, se desarrolló debido a la problemática que presenta el sistema de agua potable del Centro Poblado La Palma Central, el cual fue instalado hace más de 17 años notándose deterioro en la infraestructura de las tuberías, las cuales presentan fugas y bajo flujo de agua. A esto se suma el crecimiento poblacional en los últimos años, por lo que el caudal de la red de distribución actual es insuficiente para abastecer en forma permanente a la población.

En el desarrollo del diseño del sistema se recaudo información sitio, complementándola con datos suministrados por La Municipalidad Distrital de Jaén. Se realizó estudios poblacionales determinándose una población beneficiaria de 996 habitantes que ocupan 109 viviendas, para un período de diseño de 20 años, obteniendo así el consumo requerido por la población para el año 2035.

Por estudios topográficos se determinó que El Centro Poblado La Palma Central se encuentra entre la cota promedio de 1700 msnm, presentando una topografía ondulada.

Por estudios demecánica de suelos se ha determinado en la zona de estudio presencia de arcillas orgánicas mezcladas con restos vegetales en los primeros 0.30 m, y en una profundidad que inicia desde los 0.30 m hasta la profundidad explorada que fue de 2.00 m, se encontró limos inorgánicos de alta plasticidad, de color marrón y de consistencia suave.

Se ha realizado el diseño del sistema de abastecimiento de agua mediante el Software WaterCAD versión 8, a través del cual se simuló el sistema de distribución que hidráulicamente cumple con los parámetros establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones para este tipo de proyectos. Finalmente se obtuvo como resultado la elaboración del plano y el análisis estático de la red de distribución empleando el software AutoCAD 2015 y WaterCAD versión 8.

El proyecto se clasificó en ocho capítulos, los cuales presentan la siguiente secuencia lógica: el

capítulo uno, muestra las características generales de la zona de estudio, así como planteamiento del problema y los objetivos. El capítulo dos, establece el marco teórico relacionado con el tema de este proyecto. En el capítulo tres, se describe la metodología usada para la elaboración del proyecto. En el capítulo cuatro, se muestra los resultados obtenidos de los cálculos. En el capítulo cinco, se discuten los resultados. En el capítulo seis, se muestran las conclusiones y en el capítulo siete, se muestran las recomendaciones.

## **ABSTRACT**

### **“DISEÑO ESTÁTICO DEL FLUJO DE AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO POBLADO LA PALMA CENTRAL PROVINCIA DE JAÉN APLICACIÓN DEL PROGRAMA WATERCAD”**

**Por: Br. Zárate Yuyes, Carlos Jensen.**

**Br. Rengifo Cenas, Teresa Cecilia.**

The present work of professional proficiency entitled, it was developed due to the problems presented by the system of drinking water of Town Centre The Central Palma, which was installed over 17 years ago noticing deteriorating infrastructure of pipes, which leaks and low water flow. Add to that the population growth in recent years is added, so that the flow of the current distribution network is insufficient to supply permanently the population.

In developing the system design information site collection, supplemented with data provided by the District Municipality of Jaen. Population studies was performed by determining a target population of 996 who occupy housing 109 inhabitants design for a period of 20 years, obtaining the consumption required by the population by 2035.

By surveying it was determined that the Town Centre The Central Palma is among the average elevation of 1700 meters, presenting a rolling topography.

For studies of soil mechanics has been determined in the presence of organic clays mixed with plant remains in the first 0.30 m study, and a depth that starts from the 0.30 m to the depth explored was 2.00 m, it was found high plasticity inorganic limes, brown and smooth.

It has designed the water supply system by WaterCAD Software version 8, through which the hydraulic distribution system that meets the parameters established in the National Building Regulations for these projects was simulated. Finally it resulted preparing the plane and the static analysis of the distribution network using the AutoCAD 2015 software and WaterCAD version 8.

The project is classified into eight chapters, which have the following logical sequence: chapter one shows the general characteristics of the study area, as well as problem statement and objectives. Chapter two provides the theoretical framework related to the topic of this project. In chapter three, the methodology used for the preparation of the project is described. In chapter four, the results of

the calculations are shown. In chapter five, the results are discussed. In chapter six, the findings are shown and in chapter seven, the recommendations shown.

## INDICE DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR: .....	I
PRESENTACIÓN: .....	II
DEDICATORIA: .....	III
AGRADECIMIENTO:.....	IV
RESUMEN: .....	V
ABSTRACT: .....	VII
INDICE DE CONTENIDO: .....	IX
INDICE DE FIGURAS: .....	XIII
INDICE DE CUADROS: .....	XIV

### CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1.Planteamiento del Problema: .....	1
1.2.Delimitación del Problema:.....	2
1.3.Formulación del Problema:.....	2
1.4.Formulación de la Hipótesis: .....	2
1.5.Objetivos del Estudio:.....	2
1.5.1.General:.....	2
1.5.2.Específicos: .....	2
1.6.Justificación del Estudio: .....	2

### CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1.Antecedentes: .....	4
2.1.1.Antecedentes Internacionales: .....	4
2.1.2.Antecedentes Nacionales:.....	6
2.1.3.Antecedentes Locales: .....	7
2.2.Deficiones:.....	9

2.2.1.Fuentes de Abastecimiento: .....	9
2.2.1.1. Tipos de Fuentes de Agua: .....	9
2.2.1.2.Selección del Tipo de Fuente: .....	11
2.2.2.Red de Distribución : .....	13
2.2.3.Consideraciones básicas de Diseño: .....	14
2.2.4.Tipos de Redes de Distribución:.....	14
2.2.4.1.Sistema Abierto o Ramificado: .....	15
2.2.4.2.Sistema Cerrado: .....	16
2.2.5.Red Matriz: .....	16
2.2.6.Método de Cálculo: .....	16
2.2.7.Consideraciones:.....	17
2.2.7.1.Velocidad:.....	17
2.2.7.2.Dotación: .....	17
2.2.8.WATERCAD:.....	18
2.2.8.1.Descripción:.....	19
2.2.8.2.Características: .....	19

### CAPÍTULO III: MATERIAL Y MÉTODOS

3.1.Material.....	21
3.1.1.Población:.....	21
3.1.2.Muestra: .....	21
3.1.3. Unidad de Análisis:.....	21
3.2.Método: .....	21
3.2.1.Tipo de Investigación:.....	21
3.2.2.Diseño de Investigación: .....	21
3.2.3.VARIABLES de Estudio:.....	22
3.2.3.1.Hipótesis:.....	22
3.2.3.2.VARIABLES: .....	22
3.2.4.Instrumentos de Recolección de Datos: .....	22
3.2.4.1.Instrumentos para el estudio de la población: .....	22

3.2.4.2.Instrumentos para el estudio topográfico:.....	22
3.2.4.3.Instrumentos para el estudio de suelos:.....	23
3.2.4.4.Software: .....	23
3.2.5.Procedimientos y análisis de datos: .....	24
3.2.5.1.Estudio Topográfico:.....	24
3.2.5.2.Levantamiento Topográfico: .....	26
3.2.5.2.1.Levantamiento Planimétrico: .....	26
3.2.5.2.2.Levantamiento Altimétrico: .....	27
3.2.5.3.Mecanica de Suelos: .....	28
3.2.5.4.Estudio de la Situación actual: .....	29
3.2.5.5.Parámetros de diseño: .....	30
3.2.5.5.1.Periodo de diseño:.....	30
3.2.5.5.2.Población:.....	30
3.2.5.5.3.Dotación: .....	31
3.2.5.5.4.Coefficientes de variación de consumo:.....	32
3.2.5.5.5.Demanda actual y futura: .....	32
3.2.5.6.Aplicación del Software WaterCAD: .....	34

#### CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Estudio Topográfico .....	44
4.2. Estudio de Mecánica de suelos.....	44
4.3. Parámetros de diseño .....	45
4.3.1.Periodo de diseño .....	45
4.3.2.Población.....	45
4.3.3.Dotación .....	45
4.3.4.Variaciones de consumo .....	45
4.3.5.Demanda actual y futura .....	46
4.3.6.Aplicación del software WaterCAD.....	49

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	52
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES .....	54
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES .....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56
ANEXOS	

## INDICE DE FIGURAS

Figura 01: Captación de Agua de Lluvia	10.
Figura 02: Captación de Agua Superficial	10.
Figura 03: Captación de Agua Subterránea	11.
Figura 04: Recarga de Manantial	12.
Figura 05: Tipos de Manantiales	13.
Figura 06: Tipos de Redes de Distribución	15.
Figura 07: Logo Software WaterCAD V8i	18.
Figura 08: Mapa del Perú y Departamento de Cajamarca	24.
Figura 09: Mapa de La Provincia Jaén	25.
Figura 10: Ubicación del proyecto y Centros Poblados – Jaén	25.
Figura 11: Creación del proyecto – WaterCAD V8i	34.
Figura 12: Selección de Unidad de medida – WaterCAD V8i	35.
Figura 13: Introducción de parámetros hidráulicos-WaterCAD V8i	36.
Figura 14: Ubicación de reservorio – WaterCAD V8i	36.
Figura 15: Trazado de nodos y tuberías – WaterCAD V8i	37.
Figura 16: Ingreso de datos para cada nodo – WaterCAD V8i	38.
Figura 17: Ingreso de demandas para cada nodo – WaterCAD V8i	38.
Figura 18: Ingreso de coeficiente de rugosidad (PVC) – WaterCAD V8i	39.
Figura 19: Validación del diseño de la red – WaterCAD V8i	40.
Figura 20: Diagrama de Red de Distribución (Presión y Caudal)	41.
Figura 21: Diagrama de Red de Distribución (Velocidad y Diámetro)	42.

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 01: Dotación según OMS	18.
Cuadro 02: Profundidad de calicata	28.
Cuadro 03: Ensayos de laboratorio	28.
Cuadro 04: Periodos de Diseño	30.
Cuadro 05: Dotación por número de habitantes	31.
Cuadro 06: Resultados de ensayos de laboratorio	43.
Cuadro 07: Perfil estratigráfico	44.
Cuadro 08: Resultados en Nodos	48.
Cuadro 09: Resultados en tramos	49.
Cuadro 10: Resultados en tramos	50.

# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

## 1. INTRODUCCION

### 1.1. Planteamiento del Problema.

Existen zonas en nuestro país que carecen de agua potable, debido al incremento poblacional sin planificación, lo cual ha causado una gran demanda de los recursos, por lo que es fundamental buscar soluciones a la problemática del servicio de agua potable.

Un buen ejemplo de esta problemática se vive en La comunidad de El Centro Poblado La Palma Central Provincia de Jaén, la cual presenta carencias debido al crecimiento poblacional en los últimos años, por lo que el caudal de la red de distribución actual es insuficiente para abastecer en forma permanente a la población. Y un servicio de agua potable deficiente, debido que el proyecto fue ejecutado hace más de 17 años, notándose deterioro en la infraestructura de las tuberías, las cuales presentan fugas y bajo flujo de agua, contribuyendo en parte a la deficiencia del suministro de agua potable.

Muchos proyectos realizados y ejecutados, se basan en métodos de cálculo y diseño tradicionales, donde solo aplican criterios hidráulicos básicos; los cuales no cuentan con un análisis estático del flujo de las redes de distribución, pero con la tecnología actual nos presentan programas eficientes que consideran procesos iterativos con mayor rango de análisis (más de 50 iteraciones) diferenciándose de los tradicionales porque solo se realiza hasta 5 procesos iterativos.

En este sentido, debido a la alarmante situación que vive la comunidad de El Centro Poblado La Palma Central Provincia de Jaén surge el propósito de este proyecto, el cual se fundamenta en el diseño de un nuevo sistema de distribución de agua potable.

## **1.2. Delimitación del Problema:**

La delimitación del presente trabajo de investigación abarcará el diseño estático del flujo de agua en la red de distribución de agua, del Centro Poblado La Palma Central Provincia de Jaén.

## **1.3. Formulación del Problema:**

¿Cómo plantear el diseño estático del flujo de agua de la red de distribución del Centro Poblado La Palma Central Provincia de Jaén aplicación del programa WaterCAD?

## **1.4. Formulación de la Hipótesis:**

El análisis estático del flujo de agua usando el programa WaterCAD, permite diseñar la red de distribución del Centro Poblado La Palma Central.

## **1.5. Objetivos del Estudio:**

### **1.5.1. General:**

Diseñar la red de distribución de agua potable para el Centro Poblado La Palma Central Provincia de Jaén.

### **1.5.2. Específicos:**

- Estudiar la situación actual de la red de distribución de agua potable del Centro Poblado La Palma Central Provincia de Jaén.
- Realizar estudios básicos de ingeniería: topografía y mecánica de suelos.
- Identificar los requerimientos de diseño.
- Realizar el diseño estático de la red de distribución aplicando el software WaterCAD.
- Presentar los resultados en planos.

## **1.6. Justificación del Estudio:**

**Justificación académica:** El trabajo de investigación se justifica académicamente porque permitirá aplicar procedimientos y metodologías para analizar un flujo estático de una red de distribución aplicando software de simulación hidráulica.

Los motivos principales que generan la elaboración del diseño de la red de distribución del Centro Poblado La Palma Central es el inadecuado servicio a la población relacionada al uso permanente de agua potable, la falta de un caudal adecuado, deterioro en la infraestructura de las tuberías e insuficientes conexiones domiciliarias.

# CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 ANTECEDENTES

#### 2.1.1.ANTECEDENTES INTERNACIONALES

➤ **TITULO** : "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y RED MATRIZ DE AGUA POTABLE DE LOS SECTORES: BARRIO POLAR – HUECO DULCE, EL ENEAL I Y II, EL MIRADOR, EL ISLITA Y LA CEIBITA UBICADOS EN EL MUNICIPIO SIMÓN BOLÍVAR BARCELONA, ESTADO ANZOÁTEGUI"

**AUTOR** : Br. ANDRADE BARRERA, CLAUDIA JOSEFINA.  
Br. ORTIZ MICHELANGELLI, MARIELLA NATHALY.

**INSTITUCIÓN** : Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui.

**AÑO** : 2009

#### **RESUMEN:**

El presente trabajo se realizó el diseño del sistema de abastecimiento y red matriz de agua potable de los sectores Barrio Polar-Hueco Dulce, El Eneal I y II, El Mirador, La Islita y La Ceibita. Este deriva del proyecto de Sistema Integral de Abastecimiento de Agua Potable para los Sector Los Machos, Barrio Polar-El Eneal, ubicados en Barcelona, el cual nace debido a la deficiencia de abastecimiento de agua potable que presentan dichos sectores. En el desarrollo del diseño del sistema primeramente se recaudó información de sitio, complementándola con datos suministrados por los entes competentes en el área y se realizó a su vez un censo poblacional, elaborando así un estudio demográfico de los sectores con el objetivo de estipular, a través del método geométrico, la proyección futura de la zona para un periodo de diseño de 30 años, obteniendo así el consumo requerido por la población para el año 2038. Posteriormente se efectuó un levantamiento topográfico para detallar los accidentes y variaciones de cotas del terreno. Una vez obtenida la información, se determinó el sistema de abastecimiento mediante el Software WaterCAD, a través del cual se simuló

el sistema que hidráulicamente cumple con los parámetros establecidos en las Normas Sanitarias Venezolanas para este tipo de proyecto. El trabajo se clasifico en seis capítulos, los cuales presentan la siguiente secuencia lógica: El capítulo uno, muestra las características generales de la zona en estudio, así como el planteamiento del problema y los objetivos. El capítulo dos, establece el marco teórico relacionado con el tema de este proyecto. En el capítulo tres, se señala el comportamiento actual del sistema. En el capítulo cuatro, se describe el marco metodológico empleado y una muestra de los cálculos. En el capítulo cinco, se discuten los resultados y se proponen soluciones y en el capítulo seis se muestran las conclusiones y recomendaciones.

- **TITULO** : "DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO Y CLOACAS PARA EL NÚCLEO DE DESARROLLO ENDÓGENO LOS PILONES, UBICADO EN EL MUNICIPIO ANACO ESTADO ANZOÁTEGUI"  
**AUTOR** : ING. FERMÍN MILLÁN, JUAN CARLOS.  
**INSTITUCIÓN** : Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui.  
**AÑO** : 2009

**RESUMEN:**

El campo Los Pilonos está ubicado al sureste del casco central de la ciudad de Anaco, Estado Anzoátegui, posee una forma irregular con una superficie de 80,43 ha., y presenta condiciones de deterioro de sus instalaciones, deficiencias en el urbanismo, y déficit de servicios básicos. Enfocado en el propósito de desarrollo de las comunidades, la Gerencia de Distrito Social de PDVSA GAS, decide iniciar un estudio de factibilidad para desarrollar el Campo Los Pilonos, como un Núcleo de Desarrollo Endógeno. Por lo que es necesario diseñar todos los servicios según la normativa vigente y de acuerdo al nuevo proyecto, siendo la red de acueductos y la red cloacas las principales prioridades. Por lo que se realiza esta investigación de Campo, descriptiva y experimental, modalidad proyecto factible; para diseñar tales sistemas de acueducto y cloacas. El diseño del sistema está calculado para abastecer a una población de 5720 habitantes. La nueva Red de Distribución de Agua Potable fue calculada con el programa WaterCAD, está integrada por tuberías de PVC con diámetros de 4", 6", y 8", transportando un caudal máximo horario de 84,88 l/s. El sistema incluye dos tanques de almacenamiento con capacidad de 1305 m<sup>3</sup> y 1715 m<sup>3</sup> cada uno. Para el

Sistema de Cloacas se diseñaron bocas de visita Tipo I, las pendientes de diseño en su mayoría se asumieron igual a la pendiente del terreno, a excepción de ciertos tramos donde se calcularon de tal manera que se asegure una velocidad mínima del agua de 0,60 m/s. Los colectores serán de concreto de diámetro 8", 12", 15", 18". La descarga de aguas servidas se realizará en una planta de tratamiento que será ubicada cercana a la boca de visita A1; el diseño de dicha planta es ajeno a este trabajo.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

- **TÍTULO** : "SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CUATRO POBLADOS RURALES DEL DISTRITO DE LANCONES"
- AUTOR** : Br. LOSSIOARICOCHE, MOIRA MILAGROS.
- INSTITUCIÓN** : Universidad de Piura.
- AÑO** : 2012

#### **RESUMEN:**

El presente trabajo de investigación, desarrolla una metodología para el diseño e implementación de sistemas de abastecimiento de agua potable mediante la utilización de energía solar fotovoltaica y bombas solares como una buena alternativa de aplicación en estas zonas de características tan particulares donde la energía solar ofrece mayores ventajas frente al uso de otros tipos de energía, usando placas o módulos solares fotovoltaicos en la producción de electricidad en zonas rurales aisladas de la red eléctrica. Debido a la naturaleza de la energía solar este tipo de sistemas tienen que aprovechar al máximo la energía solar y deben de ser capaces de bombear agua durante periodos de baja insolación.

También se ha realizado una evaluación de la sostenibilidad económica del proyecto y del impacto ambiental con las respectivas medidas de mitigación.

➤ **TITULO** : "DISEÑO DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO PARA LA LOCALIDAD DE OMAS- YAUYOS-LIMA"

**AUTOR** : Br. GARCÍA HERRERA, KARIN MELISSA.

Br. REMATOZO MACEDO, EDUARDO MANUEL.

**INSTITUCION** : Universidad Ricardo Palma.

**AÑO** : 2015

**RESUMEN:**

La presente tesis se realizó el diseño de una red de distribución de agua potable y alcantarillado para La Localidad de Omas – Yauyos – Lima, para lo cual es importante conocer el área de estudio y sus correspondientes datos básicos de la cual se abastecerá de agua potable, para este caso, cabe hacer notar que el proyecto de abastecimiento de agua es para un distrito en una zona rural, y por lo tanto tendrá necesidades especiales que habrán que satisfacer. Asimismo el trabajo presenta aspectos teóricos del diseño de una red de agua potable, como son: fuentes de abastecimiento, planeación de la red, población proyecto, dotación, gastos de diseño, coeficientes de variación de gasto, también se presenta la metodología para el cálculo de la red.

En general el transporte de este importante líquido se logra mediante una fuente de abastecimiento y una línea de conducción para su posterior distribución con calidad, cantidad y presión adecuada, proporcionando así un servicio eficiente y que permita llevar el vital líquido hasta las viviendas. La fuente de abastecimiento será un Manantial concentrado de tipo ladera llamado “Panca”, ubicado unos 2 km aproximadamente del poblado, y abastecerá a unos 1809 habitantes. Se realizó de acuerdo a los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones.

### 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

➤ **TITULO** : "DISEÑO ÓPTIMO DE REDES CERRADAS DE TUBERIAS PRESURIZADAS PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN FLUJO PERMANENTE Y APLICACIÓN AL CENTRO POBLADO CAMPANITA UBICADO EN SAN JOSE PACASMAYO – LA LIBERTAD"

**AUTOR** : Br. ZAPATA NEGREIROS, LUIS ARMANDO.

**INSTITUCION** : Universidad Privada Antenor Orrego

**AÑO** : 2014

**RESUMEN:**

El objetivo de la presente tesis es diseñar en forma óptima redes cerradas de tuberías presurizadas para abastecimiento de agua potable, para lo cual se plantea una metodología basadas en algoritmos ingeniosos, lógicos y relativamente sencillos. La aplicación con la finalidad de explicar referida metodología en una forma didáctica es al centro poblado campanita ubicado en el distrito de San José, provincia Pacasmayo, departamento La Libertad. Se realizó una revisión del fundamento hidráulico aplicado a redes cerradas de tuberías presurizadas siendo los principios de conservación de masa y energía los que gobiernan el cálculo hidráulico. Con ayuda del Ms Excel, se comparó los diversos métodos de cálculo hidráulico verificándose su convergencia y estabilidad. Se seleccionó al método de la Teoría Lineal como el motor de cálculo hidráulico para la metodología de optimización que se propone por ser su relativa sencillez.

La normatividad actual (OS. 050 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO) no contempla la optimización en el diseño de tuberías presurizadas que conforman sistemas de distribución de agua potable. Con la metodología propuesta se pretende complementarla.

La metodología para optimización contempla priorizar tuberías teniendo en cuenta el número de Reynolds, aumentando el diámetro de tubería por el inmediato superior comercial de opción por iteración que tenga mayor beneficio/costo hasta alcanzar carga de presión mínima (10 m H<sub>2</sub>O) al menor costo, permitiendo también dar seguimiento al análisis de cálculo hidráulico desde un punto de vista físico identificando las tuberías principales, como se demuestra en la aplicación donde las tuberías principales son P1, P2, P7 y P8, lo cual tiene correlación lógica con la topografía del terreno, es decir, se necesita de tuberías con mayor diámetro para que la línea de carga dinámica se mantenga en niveles que garanticen una carga de presión adecuada en este sector; lo cual se obtiene reduciendo las pérdidas de carga por fricción aumentando el diámetro en tuberías.

## **2.2. DEFINICIONES**

### **2.2.1.FUENTES DE ABASTECIMIENTO.**

Según Agüero, R (1997), las fuentes de agua constituyen el elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y antes de dar cualquier paso es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad. De acuerdo a la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento así como a la topografía del terreno, se consideran dos tipos de sistemas: los de gravedad y los de bombeo.

En los sistemas de agua potable por gravedad, la fuente de agua debe estar ubicada en la parte alta de la población para que el agua fluya a través de tuberías, usando sólo la fuerza de la gravedad. En los sistemas de agua potable por bombeo, la fuente de agua se encuentra localizada en elevaciones inferiores a las poblaciones de consumo, siendo necesario transportar el agua mediante sistemas de bombeo a reservorios de almacenamiento ubicados en elevaciones superiores al centro poblado.

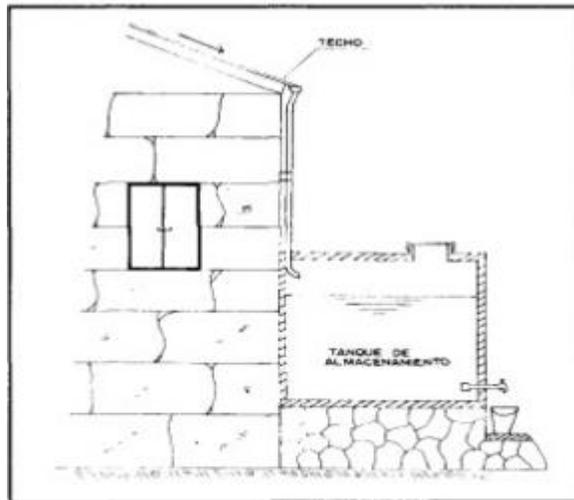
Para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, es importante seleccionar una fuente adecuada o una combinación de fuentes para abastecer de agua en cantidad suficiente a la población. De acuerdo a la forma de abastecimiento se consideran tres tipos principales de fuente.

#### **2.2.1.1. TIPOS DE FUENTES DE AGUA.**

##### **A. AGUA DE LLUVIA.**

Según Agüero, R (1997), la captación de agua de lluvia se emplea en aquellos casos en los que no es posible obtener aguas superficiales y subterráneas de buena calidad y cuando el régimen de lluvias sea importante. Para ello se utilizarán los techos de las casas o algunas superficies impermeables para captar el agua y conducirla a sistemas cuya capacidad depende del gasto requerido y del régimen pluviométrico.

**Figura 01: Captación de Agua de Lluvia.**

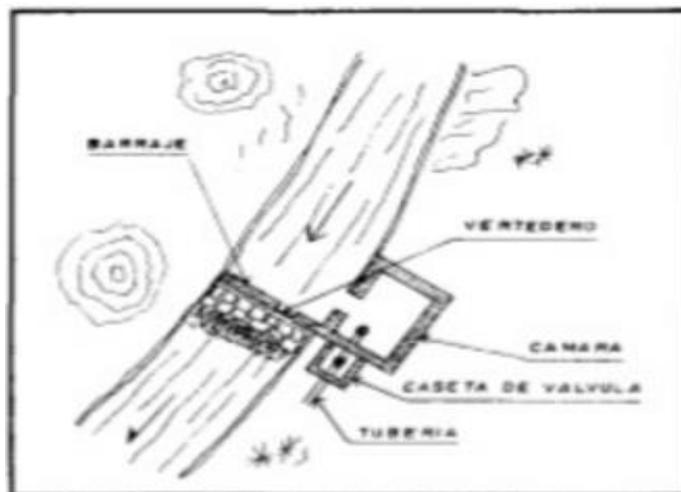


**Fuente:** Agua Potable para Poblaciones Rurales – Roger Agüero Pittman.

### **B. AGUAS SUPERFICIALES.**

Según Agüero, R (1997), las aguas superficiales están constituidas por los arroyos, ríos, lagos, etc. Que se discurren naturalmente en la superficie terrestre. Estas fuentes no son tan deseables, especialmente si existen zonas habitadas o de pastoreo animal aguas arriba. Sin embargo a veces no existe otra fuente alternativa en la comunidad, siendo necesario para su utilización, contar con información detallada y completa que permita visualizar su estado sanitario, caudales disponibles y calidad de agua.

**Figura 02: Captación de Agua Superficial**



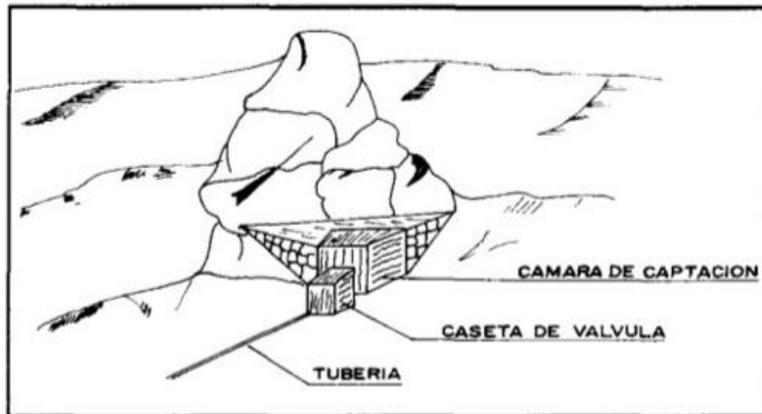
**Fuente:** Agua Potable para Poblaciones Rurales – Roger Agüero Pittman.

### C. AGUAS SUBTERRÁNEAS.

Según Agüero, R (1997), parte de la precipitación en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La explotación de éstas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero.

La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos (excavados y tubulares).

**Figura 03: Captación de Agua Subterránea (manantial).**



**Fuente:** Agua Potable para Poblaciones Rurales – Roger Agüero Pittman.

#### 2.2.1.2. SELECCIÓN DEL TIPO DE FUENTE.

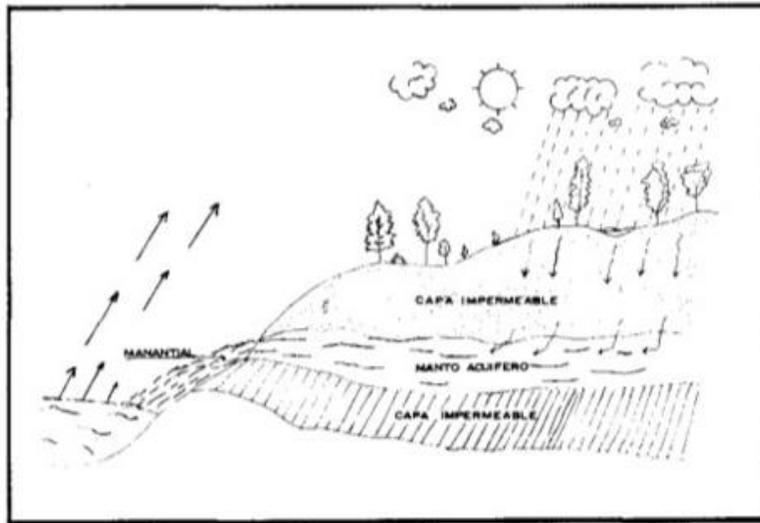
Según Agüero, R (1997), en la mayoría de poblaciones rurales de nuestro país, existen dos tipos de fuentes de agua: superficial y subterránea. La primera representada por las quebradas, riachuelos y ríos, que generalmente conduce agua contaminada con la presencia de sedimentos y residuos orgánicos; siendo necesario plantear para su captación un sistema de tratamiento, que implica la construcción de obras civiles como bocatomas, desarenadores, cámaras de filtros e instalación de sistemas de cloración. Plantear dicha alternativa representa un costo elevado y en la mayoría de centros poblados rurales del país esta propuesta no tiene resultados satisfactorios debido principalmente al mantenimiento que requiere el sistema.

La segunda alternativa representada por manantiales localizados en la parte de la población, generalmente tiene agua de buena calidad, y es el tipo de fuente considerada en los sistemas de abastecimiento de agua potable por gravedad sin tratamiento.

### A. MANANTIALES.

Según Agüero, R (1997), se puede definir un manantial como un lugar donde se produce un afloramiento natural de agua subterránea. El agua del manantial fluye por lo general a través de una formación de estratos con grava, arena o roca fisurada. En los lugares donde existen estratos impermeables, éstos bloquean el flujo subterráneo del agua y permiten que aflore a la superficie.

**Figura 04: Recarga de Manantial.**



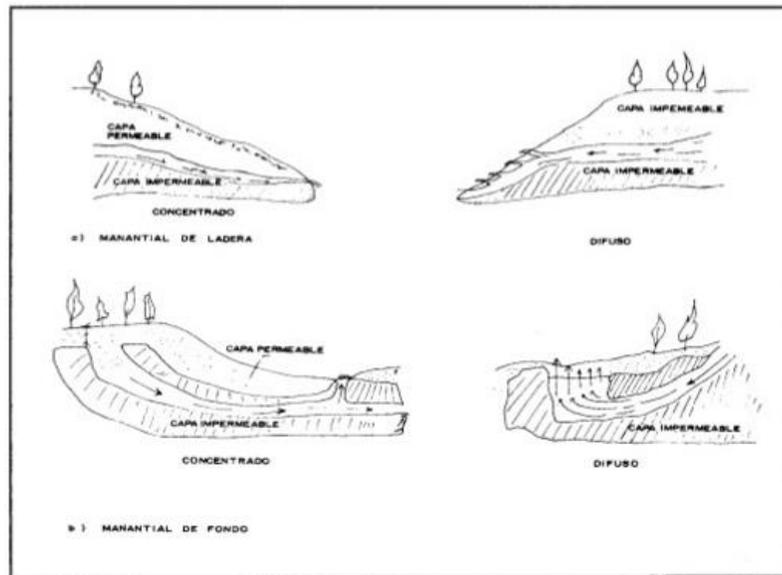
**Fuente:** Agua Potable para Poblaciones Rurales – Roger Agüero Pittman.

El agua del manantial es pura y, por lo general, se la puede usar sin tratamiento, a condición de que el manantial este adecuadamente protegido con una estructura que impida la contaminación del agua. Se debe asegurar que el agua provenga de un acuífero y que no se trate de agua de un arroyo que se ha sumergido a corta distancia.

En el país, El Ministerio de Salud, clasifica los manantiales por su ubicación y su afloramiento. De acuerdo a lo primero, pueden ser de ladera o de fondo; y de acuerdo a lo segundo, de afloramiento concentrado o difuso.

Los manantiales generalmente se localizan en las laderas de las colinas y los valles ribereños. En los de ladera el agua aflora en forma horizontal; mientras que en los de fondo el agua aflora en forma ascendente hacia la superficie. Para ambos casos, si el afloramiento es por un solo punto y sobre un área pequeña, es un manantial concentrado y cuando aflora el agua por varios puntos en un área mayor, es un manantial difuso.

**Figura 05: Tipos de Manantiales.**



**Fuente:** Agua Potable para Poblaciones Rurales – Roger Agüero Pittman.

### **2.2.2. RED DE DISTRIBUCION.**

Según Agüero, R (1997), la red de distribución es el conjunto de tuberías de diferentes diámetros, válvulas, grifos y demás accesorios cuyo origen está en el punto de entrada al pueblo (final de la línea de aducción) y que se desarrolla por todas las calles de la población.

Para el diseño de la red de distribución es necesario definir la ubicación tentativa del reservorio de almacenamiento con la finalidad de suministrar el agua en cantidad y presión adecuada a todos los puntos de la red. Las cantidades de agua se han definido en base a las dotaciones y en el diseño se contempla las condiciones más desfavorables, para lo cual se analizaron las variaciones de consumo considerando en el diseño de la red el consumo máximo horario (Q<sub>mh</sub>).

Las presiones deben satisfacer las condiciones máximas y mínimas para las diferentes situaciones de análisis que puedan ocurrir. En tal sentido, la red debe mantener presiones de servicio mínimas, que sean capaces de llevar agua al interior de las viviendas (parte alta del pueblo). También en la red deben existir limitaciones de presiones máximas tales que no provoquen daños en las conexiones y que permitan el servicio sin mayores inconvenientes de uso (parte baja).

### **2.2.3. CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO.**

Según Agüero, R (1997), la red de distribución se debe calcular considerando la velocidad y presión del agua en las tuberías.

Se recomiendan valores de velocidad mínima de 0.6 m/s y máxima de 3.0 m/s. Si se tiene velocidades menores que la mínima, se presentarán fenómenos de sedimentación; y con velocidades muy altas, se producirá el deterioro de los accesorios y tuberías.

La presión mínima depende de las necesidades domésticas, y la máxima influye en el mantenimiento de la red, ya que con presiones elevadas se originan pérdidas por fugas y fuertes golpes de ariete. Las Normas Generales del Ministerio de Salud, recomiendan que la presión mínima de servicio en cualquier parte de la red no sea menor de 5m. y que la presión estática no exceda de 50m.

En las Normas del Ministerio de Salud se establece que el diámetro mínimo a utilizarse en la red, será aquel que satisfaga las condiciones hidráulicas que garanticen las presiones mínimas de servicio en la red y su capacidad deberá ser tal que pueda absorber en el futuro la instalación de conexiones domiciliarias. El diámetro mínimo recomendado es de 3/4”.

Las válvulas, según las Normas mencionadas, se deben ubicar para aislar tramos no mayores de 300m. o en lugares que garanticen el buen funcionamiento del sistema y permitan interrupciones para realizar las ampliaciones y reparaciones en la red.

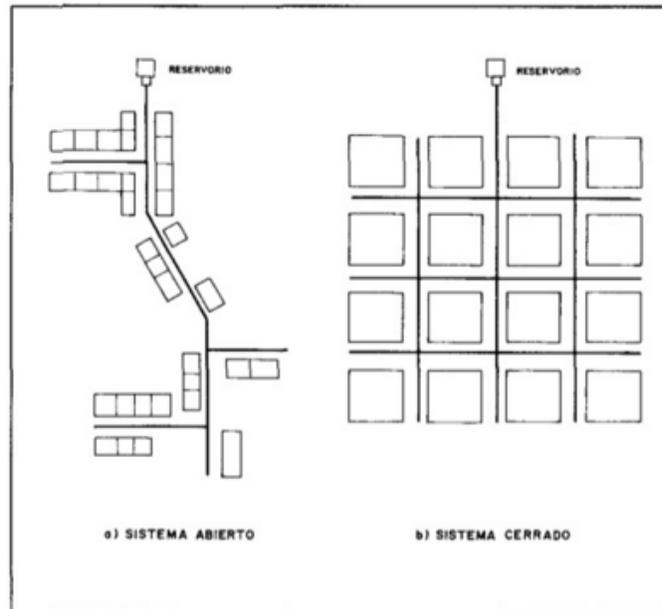
En base a estas consideraciones se efectúa el diseño hidráulico, de la red de distribución, siendo la tubería de PVC la más utilizada en los proyectos de agua potable en zonas rurales. Para el cálculo hidráulico, las Normas del Ministerio de Salud recomiendan el empleo de las ecuaciones de Hazen-Williams.

### **2.2.4. TIPOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN.**

Según Agüero, R (1997), la forma de los circuitos, existen dos tipos de sistemas de distribución: el sistema abierto o de ramales abiertos y el sistema de circuito cerrado, conocido como malla o parrilla, como se muestra en la **figura 06**.

En poblaciones rurales debido a la distribución de los lotes se recomienda usar redes del tipo abiertas.

**Figura 06: Tipos de Redes de Distribución**



**Fuente:** Agua Potable para Poblaciones Rurales – Roger Agüero Pittman.

#### **2.2.4.1. SISTEMA ABIERTO O RAMIFICADO.**

Según Agüero, R (1997), son redes de distribución que están constituidas por un ramal matriz y una serie de ramificaciones. Es utilizado cuando la topografía dificulta o no permite la interconexión entre ramales y cuando las poblaciones tienen un desarrollo lineal, generalmente a lo largo de un río o camino.

La tubería matriz o principal se instala a lo largo de una calle de la cual se derivan las tuberías secundarias. La desventaja es que el flujo está determinado en un solo sentido, y en caso de sufrir desperfectos puede dejar sin servicio a una parte de la población. El otro inconveniente es que en el extremo de los ramales secundarios se dan los puntos muertos, es decir el agua ya no circula, sino que permanece estática en los tubos originando sabores y olores, especialmente en las zonas donde las casas están más separadas. En los puntos muertos se requiere instalar válvulas de purga con la finalidad de limpiar y evitar la contaminación del agua.

#### **2.2.4.2. SISTEMA CERRADO.**

Según Agüero, R (1997), son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red es el más conveniente y tratará de lograrse mediante la interconexión de tuberías, a fin de crear un circuito cerrado que permita un servicio más eficiente y permanente. En este sistema se eliminan los puntos muertos; si se tiene que realizar reparaciones en los tubos, el área que se queda sin agua se puede reducir a una cuadra, dependiendo de la ubicación de las válvulas. Otra ventaja es que es más económico, los tramos son alimentados por ambos extremos consiguiéndose menores pérdidas de carga y por lo tanto menores diámetros; ofrece más seguridad en caso de incendios, ya que se podría cerrar las válvulas que se necesiten para llevar el agua hacia el lugar del siniestro.

#### **2.2.5. RED MATRIZ.**

Según Francois, G (2005), es la tubería que va desde el Reservorio hasta la zona de servicio. Se empleará tubería de plástico PVC por lo que le corresponde un coeficiente de rugosidad (C) igual a 150.

#### **2.2.6. MÉTODO DE CÁLCULO.**

Según Agüero, R (1997), los métodos existentes para realizar el diseño hidráulico de la red matriz son a través de un proceso iterativo aplicando el método de Hardy Cross que se basa en las fórmulas de HAZEN WILLIAMS.

#### **POR HAZEN Y WILLIAMS:**

$$H = \frac{1.72 \times 10^6 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \dots \text{Ecuación 01}$$

**Donde:**

H= pérdida de carga (m).

Q= caudal (L/s).

L= longitud de la tubería (Km).

D= diámetro (pulgadas).

## 2.2.7. CONSIDERACIONES.

### 2.2.7.1. VELOCIDAD.

Según El Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E), los valores para la velocidad mínima es de 0.6 m/s y máxima de 3.0 m/s.

La velocidad en las redes viene dada por la siguiente ecuación:

$$V=Q/A \quad \dots\text{Ecuación 02}$$

**Donde:**

V= velocidad (m/s)

Q= demanda en el tramo (m<sup>3</sup>/s)

A= área de la sección de la tubería (m<sup>2</sup>)

### 2.2.7.2. DOTACIÓN.

Según Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E), La dotación es variable de acuerdo a usos y costumbres de cada localidad según:

- **Reglamento Nacional de Edificaciones:** La Dotación Diaria por habitante, según el R.N.E. varía generalmente de acuerdo al número de habitantes de una localidad, al tipo de uso destinado y a las características de su clima.
- **DIGESA:**  
Según Dirección General de Salud Ambiental, para el medio rural recomienda:
  - Sierra :50 lt/hab/día
  - Selva :70 lt/hab/día.
  - Costa :60 lt/hab/día.
- **OMS:**  
Según Organización Mundial de Salud, recomienda los parámetros siguientes:

**CUADRO 01: Dotación según OMS**

Población	Clima	
	Frío	Cálido
Rural	100 lt/hab/día	100 lt/hab/día
2,000 – 10,000	120 lt/hab/día	150 lt/hab/día
10,000 – 50,000	150 lt/hab/día	200 lt/hab/día
50,000	200 lt/hab/día	250 lt/hab/día

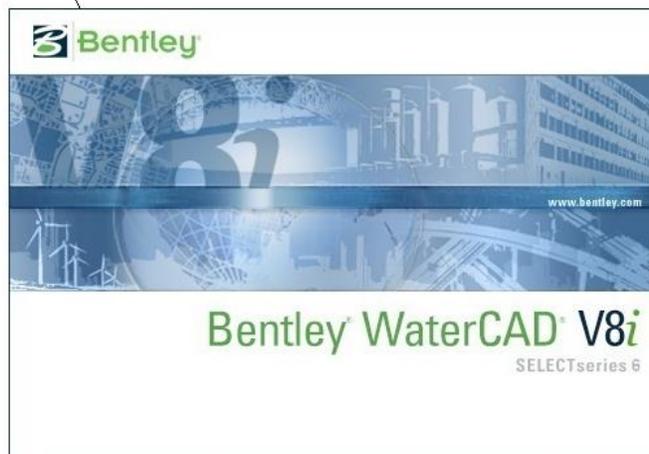
**Fuente:** Organización Mundial de la Salud.

### 2.2.8. WATERCAD.

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

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

**Figura 07: Logo Software WaterCAD V8i**



**Fuente:** Software WaterCAD V8i

### **2.2.8.1. DESCRIPCION.**

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

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

### **2.2.8.2. CARACTERÍSTICAS.**

- a) No existe límite en el tamaño de la red que se desea analizar.
- b) Calcula las pérdidas por fricción en las conducciones mediante las expresiones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning.
- c) Incluye pérdidas menores en elementos tales como codos, acoplamientos, etc.
- d) Modela bombas funcionando tanto a velocidades de giro constante como a velocidades de giro variables.
- e) Calcula la energía consumida y el coste de bombeo de las estaciones.

- f) Modela diferentes tipos de válvulas de regulación, válvulas de retención, válvulas de aislamiento, válvulas reductoras de presión, válvulas de control de caudal.
- g) Permite el almacenamiento de agua en tanques que presenten cualquier geometría.
- h) Considera la posibilidad de establecer diferentes categorías de consumo en los nudos, cada una de ellas con su propia curva de modulación.
- i) Modela consumos dependientes de la presión que salen al exterior del sistema a través de emisores.
- j) Puede determinar el funcionamiento del sistema simplemente con el nivel de agua en el tanque y controles de tiempo o utilizar un complicado sistema de regulación temporal.

# CAPITULO III: MATERIAL Y MÉTODOS

## 3. MATERIAL Y MÉTODOS.

### 3.1. MATERIAL.

#### 3.1.1.Población.

La población es la red de distribución de agua potable de todo el Distrito de Jaén, para la cual son válidas las conclusiones que se obtuvieron.

#### 3.1.2.Muestra.

La muestra es la red de La Localidad del Centro Poblado La Palma Central mediante un diseño estático.

#### 3.1.3.Unidad de Análisis.

Se consideró como la unidad de análisis a La Localidad del Centro Poblado La Palma Central – Provincia de Jaén, la cual corresponde a la entidad representativa de lo que fue el objeto de interés de estudio para la investigación.

### 3.2. MÉTODO.

#### 3.2.1.Tipo de Investigación:

El método es inductivo, porque se utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos para llegar a conclusiones, de carácter general.

#### 3.2.2.Diseño de la Investigación:

El diseño de la investigación es descriptiva, consiste en caracterizar a un hecho, fenómeno o en establecer su estructura o comportamiento. El estudio descriptivo mide de forma independiente las variables, y aun cuando no se formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de la investigación. Se estudiará el comportamiento y a la vez se establecerá el diseño de flujo estático en la red de distribución de agua potable en La Localidad del Centro Poblado La Palma Central – Provincia de Jaén.

### 3.2.3. Variables de Estudio:

#### 3.2.3.1. Hipótesis.

El análisis estático del flujo de agua usando el programa WaterCAD, permite diseñar la red de distribución del Centro Poblado La Palma Central.

#### 3.2.3.2. Variables.

**Variable Independiente (V1):** El análisis estático del flujo de agua usando el programa WaterCAD.

**Variable Dependiente (V2):** El diseño de la red de distribución del Centro Poblado La Palma Central – Provincia de Jaén.

### 3.2.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

#### 3.2.4.1. Instrumentos para el estudio de la población.

- **Análisis documental:** consistió en la búsqueda de información referente a la población de la zona en estudio, que nos permitió contrastar con los resultados obtenidos.

#### 3.2.4.2. Instrumentos para el estudio topográfico.

##### Instrumentos Principales:

Sirven para realizar operaciones precisas, operan por procedimientos ópticos mecánicos y electrónicos.

- **Teodolito:** es un instrumento de medición mecánico-óptico que se utiliza para obtener ángulos verticales y sobre todo, horizontales, ámbito en el cual tiene una precisión elevada.

##### Instrumentos Secundarios:

Son usados en operaciones sencillas y de poca precisión.

- **Wincha:** es una cinta métrica flexible, de lona o metal, que generalmente está graduada en centímetros en un costado de la cinta y en pulgadas en el otro. Sirve para medir distancias.
- **Mira o estadía:** es una regla graduada que permite mediante un nivel topográfico, medir desniveles, es decir, diferencias de altura.

- **Jalones:** marcan señales o puntos topográficos y pueden ser de madera o de metal.
- **Estacas:** ubican puntos topográficos y son de madera o de metal.

#### 3.2.4.3. Instrumentos para el estudio de suelos.

- **Balanza de torsión:** se usa para pesar cantidades entre 100 y 4,500 gr. Nos permite pesar materiales en estudios granulométricos.
- **Balanza de dos escalas:** se usa para cantidades de hasta 211 gr. Se usa en la determinación de contenido de humedad y para ensayos de peso específico.
- **Horno de secado:** equipo herméticamente reforzado, se usa para determinar el contenido de humedad.
- **Serie de tamices o mallas:** son de forma circular de 8" de diámetro. Sirven para realizar el ensayo granulométrico de los suelos separando los materiales gruesos de los finos. El diámetro de los orificios de cada malla varía de 75 mm (Nº3) a 0.075 mm (Nº200).
- **Fiola o vaso calibrado:** es el recipiente de vidrio transparente graduado y de capacidad volumétrica específica.
- **Copa de Casagrande:** sirve para determinar el límite líquido de los suelos.

#### 3.2.4.4. Software.

- **AutoCAD 2015:** programa de diseño de dibujo asistido por computadora que permitirá plasmar el diseño de la red de distribución de agua potable del Centro Poblado La Palma Central.
- **WaterCAD V8i:** es un software de simulación hidráulica, análisis, modelación y gestión de redes a presión (sistemas de distribución de agua potable o de riego).
- **Microsoft Excel 2013:** programa informático que permite realizar cálculos y operaciones.

### 3.2.5.PROCEDIMIENTOS Y ANALISIS DE DATOS:

#### 3.2.5.1. Estudio Topográfico.

##### a) Topografía.

- Ubicación.

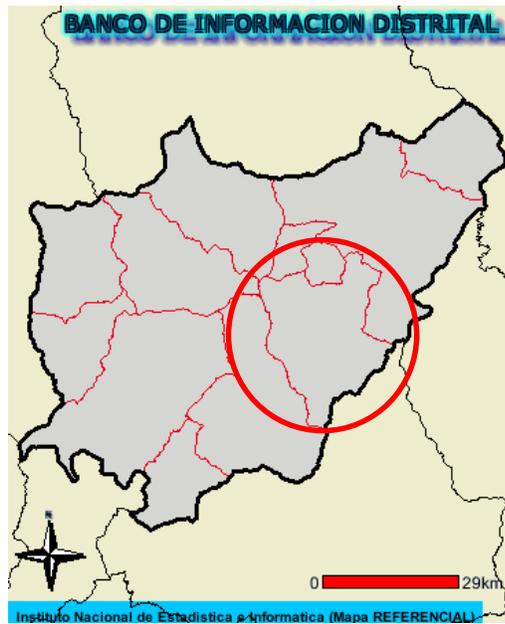
**Región** : Cajamarca.  
**Departamento** : Cajamarca.  
**Provincia** : Jaén.  
**Distrito** : Jaén.  
**Sector** : La Palma Central.

Figura 08: Mapa del Perú y Departamento de Cajamarca.



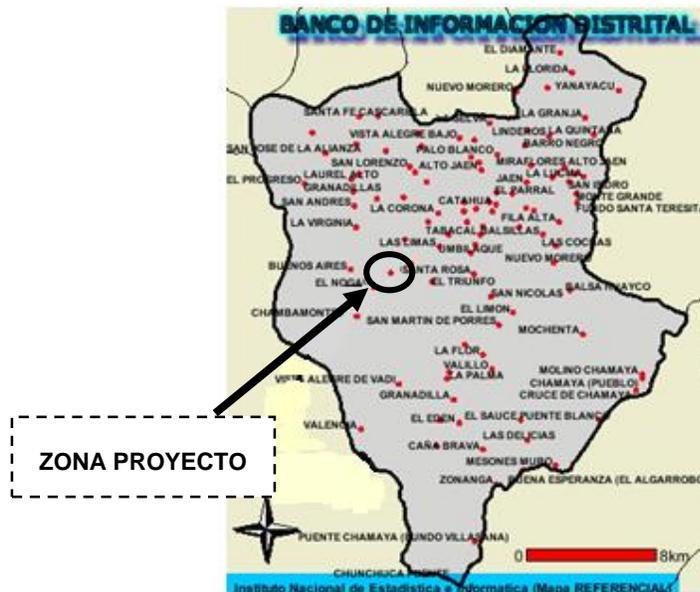
Fuente: Imágenes INEI.

Figura 09: Mapa de La Provincia Jaén



Fuente: Imágenes INEI

Figura 10: Ubicación del proyecto y Centros Poblados - Jaén



Fuente: Imágenes INEI.

### **3.2.5.2. Levantamiento Topográfico.**

El levantamiento topográfico es uno de los aspectos más importantes en el diseño de una red, pues con este se determinan las coordenadas de los diferentes puntos que conforman la red de distribución de agua potable.

#### **A. Reconocimiento del Terreno.**

Antes de realizar el levantamiento topográfico, fue necesario efectuar un estudio y reconocimiento previo del terreno. Para determinar las condiciones en las que se encontraba, así como su topografía a grandes rasgos y revalidar los planos de la localidad del Centro Poblado La Palma Central.

#### **3.2.5.2.1. Levantamiento Planimétrico.**

Planimetría es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles del terreno sobre una superficie plana, prescindiendo de su relieve; solo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario que se supone es la superficie media de la Tierra.

#### **TRABAJO DE CAMPO.**

Para el levantamiento Planimétrico se utilizó el plano proporcionado por La Municipalidad Distrital de Jaén, a partir del cual se revalidó los datos proporcionados por la entidad ya mencionada. La medición se hizo lote por lote en todas las calles, ubicando los centros entre las intersecciones de cada calle, una vez ubicados estos puntos se midió la distancia empleando una wincha de 50.00m; luego se procedió a estacionar el Teodolito y tomar la lectura de los ángulos entre los ejes de las calles.

#### **TRABAJO DE GABINETE.**

Al elaborar el plano topográfico del Centro Poblado La Palma Central, con los datos obtenidos y comparando con el plano proporcionado por La Municipalidad Distrital de Jaén, se encontró algunas variaciones en las medidas y el eje de las calles, además se han incluido algunos lotes que han sido poblados posteriormente a la realización de los planos iniciales.

### **A. Poligonación.**

La Poligonación consiste básicamente en una sucesión de líneas quebradas, conectadas entre sí en los vértices. Consta principalmente de dos partes, en la medición de los ángulos horizontales en cada uno de los vértices y la distancia horizontal entre los vértices consecutivos.

### **TRABAJO DE CAMPO**

Tomando en cuenta las características de la localidad del Centro Poblado La Palma Central se utilizó una poligonal de tipo cerrada, realizando el siguiente proceso: ubicamos los vértices de la poligonal, medimos los lados y ángulos de la poligonal, y finalizamos con el cálculo y dibujo.

#### **3.2.5.2.2. Levantamiento Altimétrico.**

La altimetría o nivelación tiene por objetivo la determinación de la diferencia de alturas entre distintos puntos del espacio, a partir de una superficie de referencia.

### **TRABAJO DE CAMPO**

El levantamiento de altimetría se realizó partiendo del BM, hasta encontrar primero las cotas de todos los vértices de la poligonal perimétrica. Se utilizó dos miras, dos jalones y estacas de madera; con los instrumentos se tomó las medidas de los puntos necesarios que permitan obtener la real configuración del terreno a levantarse.

### **TRABAJO DE GABINETE.**

Con los datos del trabajo de campo, se procedió al cálculo obteniéndose los desniveles entre los puntos de cambio, con los cuales se determino las cotas, para la elaboración del plano de curvas de nivel.

### **B. Curvas de Nivel.**

Las curvas de nivel son las líneas que se obtienen al unir todos los puntos de igual cota.

Se realizó el plano de curvas de nivel con una equidistancia de 1 m entre cada curva.

### 3.2.5.3. Mecánica de Suelos.

El objetivo del estudio de mecánica de suelos fue determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación, para el diseño de la red de distribución de agua potable del Centro Poblado La Palma Central.

- **Exploración Geotécnica.**

Para la exploración geotécnica fue necesario un reconocimiento de superficie, con el fin de detectar con anterioridad cualquier singularidad del terreno. Se excavó una calicata asignándole como C-1, para extraer una muestra del terreno en estudio.

**Cuadro 02: Profundidad de calicata.**

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)
C-1	1.50 m

**Fuente:** Municipalidad Provincial de Jaén.

- **Ensayos de laboratorio.**

Se realizaron ensayos necesarios para conocer las propiedades, índice y clasificación del suelo en estudio.

**Cuadro 03: Ensayos de laboratorio**

ENSAYOS DE LABORATORIO	NORMA PERUANA	NORMAS DE REFERENCIA	
Análisis Granulométrico de suelos por tamizado	MTC E-107	ASTM D422	AASHTO T88
Ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo	MTC E-108	ASTM D2216	-
Determinación de límite líquido de suelos	MTC E-110	ASTM D4318	AASHTO T89
Determinación de límite plástico e índice de plasticidad	MTC E-111	ASTM D4318	AASHTO T89
Gravedad específica de los suelos	MTC E-113	ASTM D854	AASHTO T100

**Fuente:** Manual de diseño de carreteras del MTC.

- **Clasificación de suelos.**

La muestra extraída de la calicata C-1 fue analizada de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS y AASHTO).

#### **3.2.5.4. Estudio de la situación actual.**

Se realizó un estudio y análisis de la información proporcionada por La Municipalidad Distrital de Jaén sobre la situación actual de la red de distribución de agua potable. El Centro Poblado La Palma Central, se encuentra ubicado al oeste del Distrito de Jaén, Provincia de Jaén, existen dos accesos, uno partiendo desde el distrito de Jaén – Las Naranjas – Nuevo San Andrés – El Triunfo – La Palma Central, el otro acceso es partiendo también del distrito de Jaén – Chamaya – Sonanga – Tabacal – Chamba montero – Nogal – La Palma Central, siendo este último el más largo, se puede llegar a la zona de la captación de agua en vehículo por la trocha a 5 minutos de viaje y luego a 2.0 metros aguas arriba de la quebrada.

En el Centro Poblado La Palma Central existen dos sistemas de agua potable, uno que data del año 1987 y que ya no brinda un buen servicio a la comunidad, esto debido al deterioro en la infraestructura del reservorio de 10 m<sup>3</sup>, el mismo que presenta agrietamientos en la base y por otro lado la deficiente organización de la población en cuanto a la operación y mantenimiento de este sistema de agua. El otro sistema es nuevo hecho por FONCODES y que se puede considerar como un sistema sostenible con una infraestructura en óptimas condiciones y que permite brindar un servicio de buena calidad, cantidad y continuidad; debiendo mejorarse este sistema planteando un nuevo diseño de la red de distribución de agua.

### 3.2.5.5. Parámetros de diseño.

#### 3.2.5.5.1. Periodo de Diseño.

El periodo de diseño puede definirse como el tiempo en el cual el sistema será 100% eficiente. Para determinar el periodo de diseño se consideran factores como: durabilidad o vida útil de las instalaciones, factibilidad de construcción y posibilidades de ampliación o financiamiento.

Se proyectó el diseño de la red de distribución de agua de modo de atender y satisfacer la necesidad de toda la comunidad durante un periodo determinado.

Tomando en cuenta los criterios y factores señalados, para el presente proyecto se asumió un **periodo de diseño de 20 años**.

**Cuadro 04: Periodos de Diseño.**

TIPO DE INSTALACIÓN	CARACTERÍSTICAS	PERIODOS
Grandes presas y conductores de aducción.	Ampliación difícil y costosa.	25-30 años
Pozos, sistema de distribución, filtros, decantadores.	Ampliación fácil.	10-50 años
	Crec. Poblacional Alto Crec. Poblacional Bajo	20-25 años
Edificios y Reservorios.	Ampliación difícil.	30-40 años
Tubería de más de 12" de diámetro.	Sustitución costosa.	20-25 años
Tubería menos de 12" de diámetro.	Sustitución fácil.	15-20 años
Maquinaria y Equipo.	Vida corta.	10-20 años

**Fuente:** Manual de Hidráulica Azevedo Neto.

#### 3.2.5.5.2. Población.

Se determinó la población y la densidad poblacional para el periodo de diseño adoptado.

La determinación de la población final para el periodo de diseño adoptado se realizó a partir de proyecciones, utilizando la tasa de crecimiento distrital y provincial. El método usado fue el siguiente:

- **Método Aritmético.**

Es un método de proyección completamente teórico. En la estimación de diseño, a través de este método, sólo se necesita el tamaño en dos tiempos distintos. Se aplica la siguiente ecuación:

$$N_t = N_o (1+r)^t \quad \dots\text{Ecuación 03}$$

**Donde:**

- Nt : Población futura.
- No : Población inicial.
- r : Tasa de crecimiento poblacional.
- t : Tiempo proyectado.

**3.2.5.5.3. Dotación.**

Para la estimación de la dotación, nos regimos de las normas del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), el cual recomienda utilizar entre 60 – 80 lt/hab/día para poblaciones entre 500 – 1000 habitantes y las normas de DIGESA que recomienda utilizar una dotación de 70 lt/hab/día para la región selva.

Se consideró una **dotación de 70 lt/hab/día** para la población proyectada de 996 habitantes del Centro Poblado La Palma Central.

**Cuadro 05: Dotación por número de habitantes.**

<b>POBLACIÓN (habitantes)</b>	<b>DOTACIÓN (lt/hab/día)</b>
Hasta 500	60
500 - 1000	60 - 80
1000 - 2000	80 - 100

**Fuente:** Ministerio de Economía y Finanzas (MEF)

#### **3.2.5.5.4. Coeficientes de variación de consumo.**

Las variaciones que experimentan los consumos de agua tienen mucha importancia en el diseño de las diferentes estructuras componentes del sistema de abastecimiento.

- **VARIACIONES DIARIAS.**

Estas variaciones son analizadas diariamente, las cuales son ocasionadas por los cambios climatológicos, concurrencias a centros de trabajo, etc. Según el R.N.E (Reglamento Nacional de Edificaciones) se recomienda valores entre **1.30 y 1.50**.

Para el presente trabajo se consideró un **k1 = 1.30** (coeficiente máxima anual de demanda diaria.)

- **VARIACIONES HORARIAS.**

Durante cualquier día, los consumos de agua de una comunidad presentan variaciones hora a hora dependiendo de los hábitos y actividades domésticas de la población.

Según el R.N.E (Reglamento Nacional de Edificaciones) se recomienda valores entre **1.80 y 2.50**.

Para el presente trabajo se consideró un **k2 = 2.5** (coeficiente máximo anual de la demanda horaria).

#### **3.2.5.5.5. Demanda Actual y Futura.**

Los consumos de agua de la localidad del Centro Poblado La Palma Central muestran variaciones mensuales, diarias y horarias.

- **CAUDAL PROMEDIO DIARIO (Qm).**

El caudal medio diario, se define como el resultado de una estimación del consumo para la población futura del periodo de diseño, expresada en litros por segundo (lt/s). Se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$Q_m = (P_f \times D_{ot})/86400 \quad \dots \text{Ecuación 04}$$

**Donde:**

Q <sub>m</sub>	:	Caudal promedio diario (lt/s).
P <sub>f</sub>	:	Población Futura (hab).
D <sub>ot.</sub>	:	Dotación (lt/hab/día).

- **CAUDAL MÁXIMO DIARIO (Q<sub>md</sub>).**

El caudal máximo diario se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año. Su valor se considera entre 120% y 150% del consumo promedio diario. Se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{mh} = K_1 \times Q_m \quad \dots \text{Ecuación 05}$$

**Donde:**

Q <sub>m</sub>	:	Caudal promedio diario (lt/s).
K <sub>1</sub>	:	Coefficiente de variación de consumo.

- **CAUDAL MÁXIMO HORARIO (Q<sub>mh</sub>).**

Se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo. Su valor considera entre 150% y 200% del consumo promedio diario. Se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{mh} = K_2 \times Q_m \quad \dots \text{Ecuación 06}$$

**Donde:**

Q <sub>m</sub>	:	Caudal Promedio diario (lt/s).
K <sub>2</sub>	:	Coefficiente de variación de consumo.

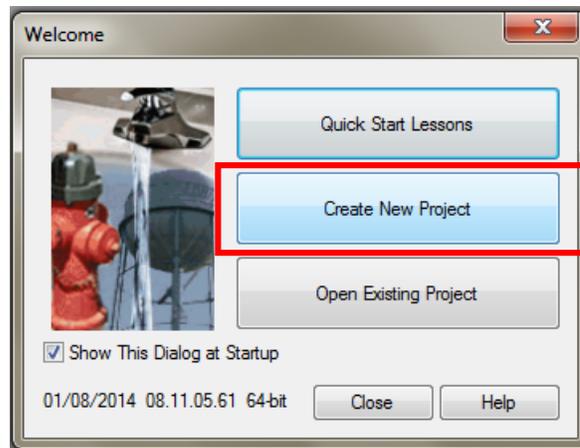
### 3.2.5.6. Aplicación del Software WaterCAD.

Se utilizó el software WaterCAD V8i, con el propósito de dar una solución adecuada y de precisar las deficiencias que pudiera presentar el sistema actual. Se evaluó el comportamiento del flujo de agua en la red de distribución de agua potable y se realizó un diseño estático.

- **Introducción al software WaterCAD.**

Para modelar en el software, fue necesario crear y configurar nuestro proyecto.

**Figura 11: Creación del proyecto – WaterCAD V8i.**



**Fuente:** Elaboración propia.

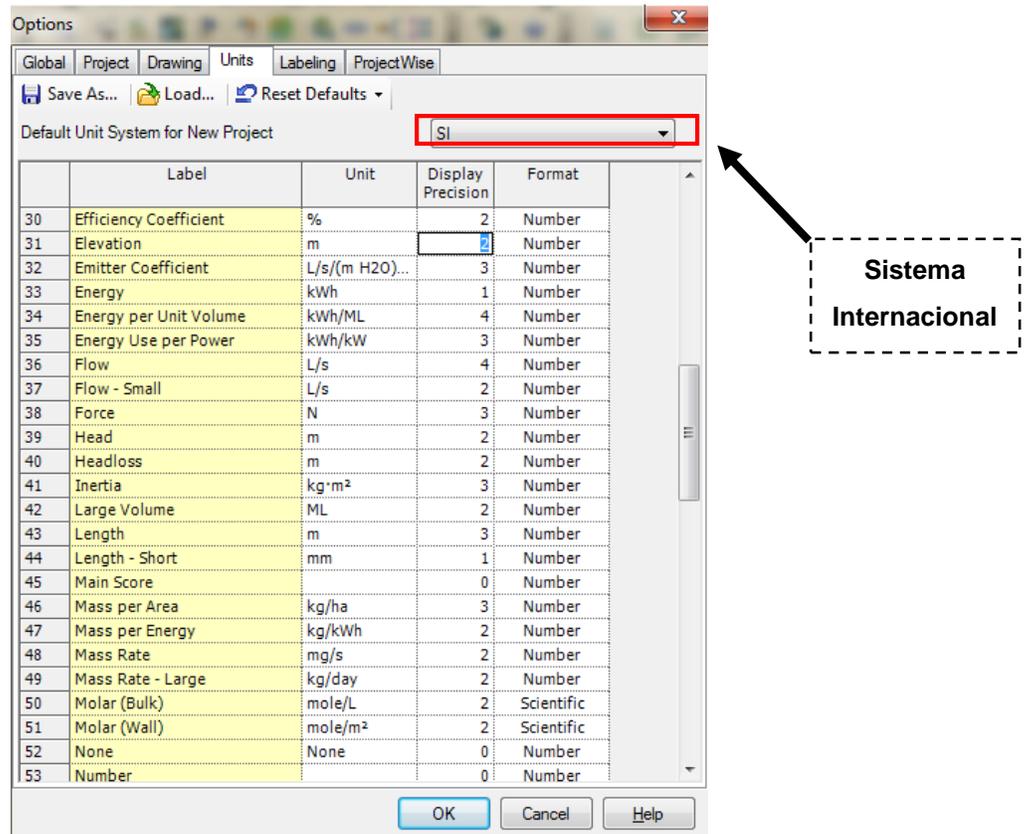
- **Requerimientos.**

Antes de empezar a modelar, el programa requiere de datos básicos:

**Unidad de medida:** El software requiere las unidades a trabajar las cuales están dadas en el sistema internacional de medidas SI.

**Características:** el software requiere definir características, como el material de la tubería que se va a usar, el coeficiente de Hazen y Williams, diámetros y velocidades que cumplan con el R.N.E (Reglamento Nacional de Edificaciones).

Figura 12: Selección de Unidad de medida – WaterCAD V8i.

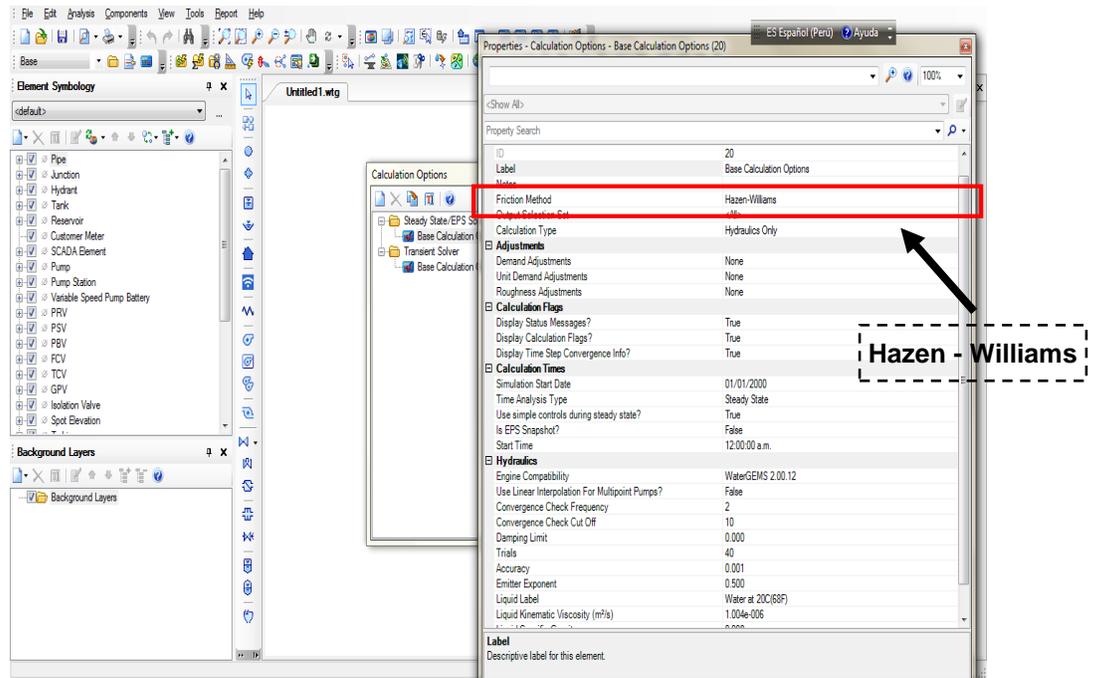


Fuente: Elaboración propia.

- **Parámetros Hidráulicos.**

Antes de empezar a diseñar se requiere indicar el método para el cálculo de las velocidades, presiones, tipo de líquido y la temperatura con el cual se trabaja. En la ejecución de este trabajo se utilizó la ecuación de **Hazen-Williams**.

**Figura 13: Introducción de parámetros hidráulicos – WaterCAD V8i.**

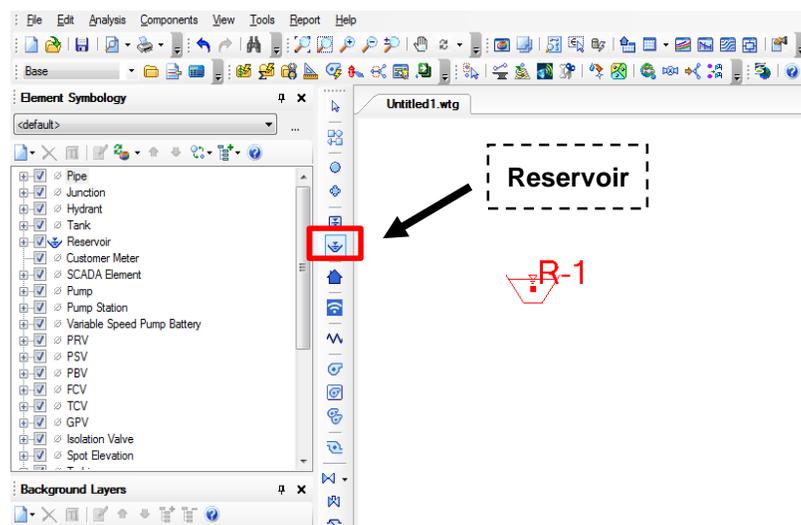


Fuente: Elaboración propia.

- **Modelamiento del proyecto.**

Iniciamos con la ubicación del reservorio el cual viene a ser “reservoir” en WaterCAD, para así proceder con el trazado de las tuberías y los nodos a estudiar.

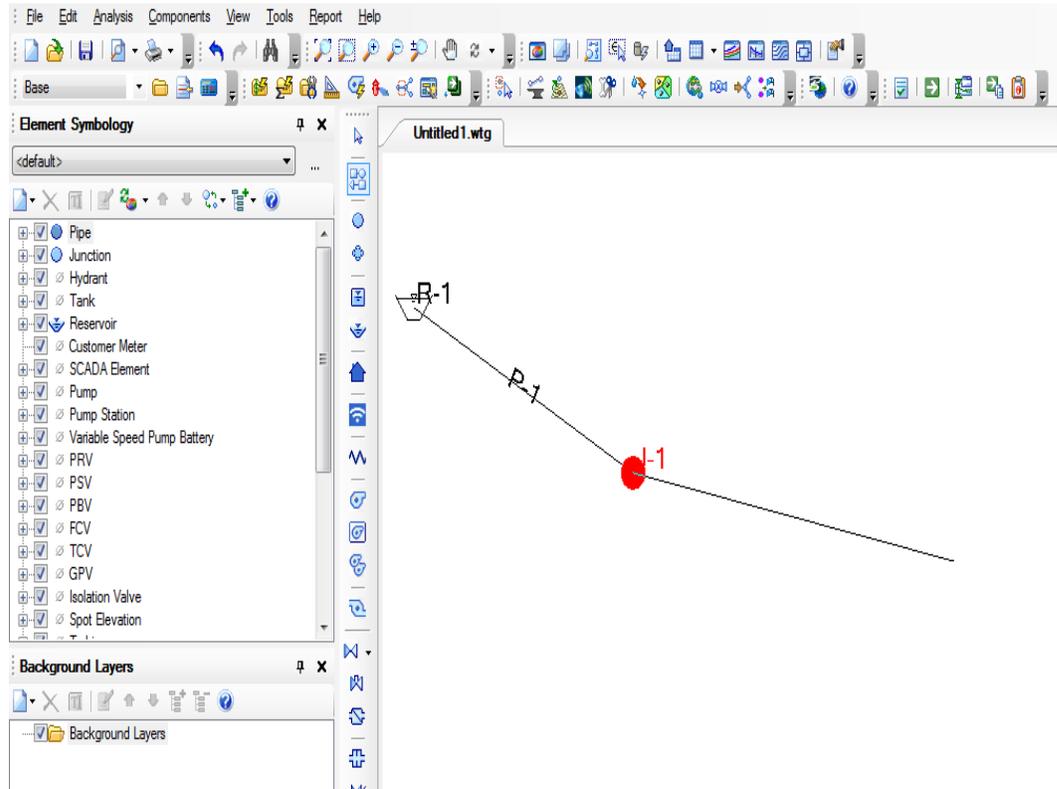
**Figura 14: Ubicación del reservorio – WaterCAD V8i**



Fuente: Elaboración propia.

Al tener el reservorio ubicado, se procede a colocar los nodos con la ayuda del comando “Junction” y posteriormente trazar las tuberías con el comando “Pipe”, tomando en cuenta el orden de nodo inicial y final para la dirección del caudal.

**Figura 15: Trazado de nodos y tuberías – WaterCAD V8i.**



**Fuente:** Elaboración propia.

Teniendo toda la red de distribución de agua, se procede a ingresar los datos para cada nodo con la ayuda de “Flex Tables” – “TableJunction”; se colocó las cotas de terreno y demanda para cada nodo.

**Figura 16: Ingreso de datos para cada nodo – WaterCAD V8i.**

	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (kPa)
31: J-1	31	J-1	797.35	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
33: J-2	33	J-2	796.15	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
35: J-3	35	J-3	783.25	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
37: J-4	37	J-4	780.88	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
39: J-5	39	J-5	777.95	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
41: J-6	41	J-6	770.10	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
43: J-7	43	J-7	778.10	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
45: J-8	45	J-8	770.08	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
47: J-9	47	J-9	773.91	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
49: J-10	49	J-10	764.75	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
51: J-11	51	J-11	768.22	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
53: J-12	53	J-12	761.67	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
55: J-13	55	J-13	766.58	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
57: J-14	57	J-14	762.15	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
59: J-15	59	J-15	758.81	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
61: J-16	61	J-16	773.15	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
63: J-17	63	J-17	769.48	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
65: J-18	65	J-18	762.12	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
67: J-19	67	J-19	751.92	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
69: J-20	69	J-20	749.45	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
71: J-21	71	J-21	745.26	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
73: J-22	73	J-22	741.18	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
75: J-23	75	J-23	737.91	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
77: J-24	77	J-24	737.20	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
79: J-25	79	J-25	778.86	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)
81: J-26	81	J-26	779.10	<None>	<Collection: 0 ite...	(N/A)	(N/A)	(N/A)

**Fuente:** Elaboración propia.

Se ingresó las demandas para cada nodo con la ayuda de “Demand Control Center”, el cual para poder insertar los caudales de demanda muestra el cuadro siguiente:

Figura17: Ingreso de demandas para cada nodo – WaterCAD V8i.

	ID	Label	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)	Zone
1	31	J-1	0.00	Fixed	<None>
2	33	J-2	0.00	Fixed	<None>
3	35	J-3	0.00	Fixed	<None>
4	37	J-4	0.00	Fixed	<None>
5	39	J-5	0.00	Fixed	<None>
6	41	J-6	0.00	Fixed	<None>
7	43	J-7	0.00	Fixed	<None>
8	45	J-8	0.00	Fixed	<None>
9	47	J-9	0.00	Fixed	<None>
10	49	J-10	0.00	Fixed	<None>
11	51	J-11	0.00	Fixed	<None>
12	53	J-12	0.00	Fixed	<None>
13	55	J-13	0.00	Fixed	<None>
14	57	J-14	0.00	Fixed	<None>
15	59	J-15	0.00	Fixed	<None>
16	61	J-16	0.00	Fixed	<None>
17	63	J-17	0.00	Fixed	<None>
18	65	J-18	0.00	Fixed	<None>
19	67	J-19	0.00	Fixed	<None>
20	69	J-20	0.00	Fixed	<None>
21	71	J-21	0.00	Fixed	<None>

Fuente: Elaboración propia

Al terminar de ingresar los datos de cada nodo, se ingresó la longitud para cada tubería y el tipo de material con la ayuda de “Flex Tables” – “Table Pipe”. Se consideró **el material de PVC con un coeficiente de rugosidad C=150** y se ingresó la longitud de cada una.

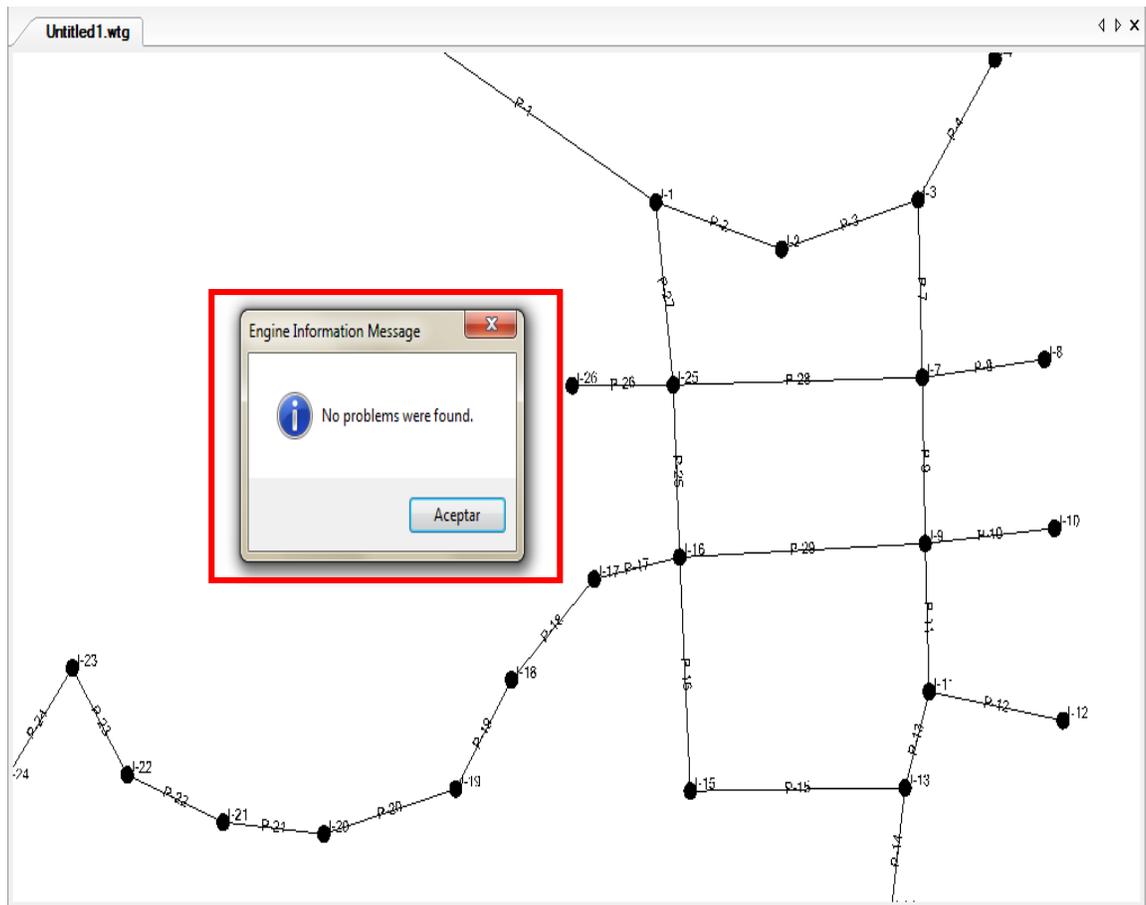
**Figura 18: Ingreso de Coeficiente de Rugosidad (PVC) –WaterCAD V8i.**

ID	Label	Start Node	Stop Node	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (m)	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	Minor Loss Coefficient (Local)
46: P-8	46 P-8	J-7	J-8	<input checked="" type="checkbox"/>	51.514	173.421	25.0	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
48: P-9	48 P-9	J-7	J-9	<input checked="" type="checkbox"/>	57.460	177.463	37.5	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
50: P-10	50 P-10	J-9	J-10	<input checked="" type="checkbox"/>	52.361	183.206	25.0	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
52: P-11	52 P-11	J-9	J-11	<input checked="" type="checkbox"/>	75.169	158.572	37.5	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
54: P-12	54 P-12	J-11	J-12	<input checked="" type="checkbox"/>	97.721	191.286	25.0	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
56: P-13	56 P-13	J-11	J-13	<input checked="" type="checkbox"/>	21.455	108.141	37.5	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
58: P-14	58 P-14	J-13	J-14	<input checked="" type="checkbox"/>	63.023	136.278	25.0	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
60: P-15	60 P-15	J-13	J-15	<input checked="" type="checkbox"/>	70.901	302.868	37.5	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
62: P-16	62 P-16	J-15	J-16	<input checked="" type="checkbox"/>	81.912	250.337	37.5	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
64: P-17	64 P-17	J-16	J-17	<input checked="" type="checkbox"/>	34.805	122.963	37.5	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
66: P-18	66 P-18	J-17	J-18	<input checked="" type="checkbox"/>	48.666	158.732	37.5	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
68: P-19	68 P-19	J-18	J-19	<input checked="" type="checkbox"/>	64.280	140.592	25.0	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
70: P-20	70 P-20	J-19	J-20	<input checked="" type="checkbox"/>	19.068	192.411	25.0	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
72: P-21	72 P-21	J-20	J-21	<input checked="" type="checkbox"/>	28.622	142.498	25.0	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
74: P-22	74 P-22	J-21	J-22	<input checked="" type="checkbox"/>	26.479	144.762	25.0	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
76: P-23	76 P-23	J-22	J-23	<input checked="" type="checkbox"/>	19.734	137.783	25.0	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
78: P-24	78 P-24	J-23	J-24	<input checked="" type="checkbox"/>	20.049	155.166	25.0	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
80: P-25	80 P-25	J-16	J-25	<input checked="" type="checkbox"/>	54.104	184.290	37.5	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
82: P-26	82 P-26	J-25	J-26	<input checked="" type="checkbox"/>	61.648	142.696	25.0	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
83: P-27	83 P-27	J-25	J-1	<input checked="" type="checkbox"/>	92.111	196.902	37.5	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
84: P-28	84 P-28	J-25	J-7	<input checked="" type="checkbox"/>	72.044	351.452	37.5	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000
85: P-29	85 P-29	J-16	J-9	<input checked="" type="checkbox"/>	75.049	346.727	37.5	Ductile I...	150.0	<input type="checkbox"/>	(N/A)	(N/A)	(N/A)	0.000

**Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente validamos el diseño de la red de distribución, para ver si se requiere de algún dato adicional. Resulta la siguiente ventana, la cual nos informa que no hay problemas en el diseño.

Figura 19: Validación del diseño de la red-WaterCAD V8i.



Fuente: Elaboración propia.

Quedando como resultado, el diseño de la red de distribución de agua para La localidad del Centro Poblado la Palma Central – Provincia de Jaén.





## CAPITULO IV: RESULTADOS

### 4. RESULTADOS.

#### 4.1. Estudio Topográfico.

Al finalizar los trabajos de campo y de gabinete se dibujó los planos de curvas de nivel que se indican en el anexo, los cuales sirvieron para el diseño de red de distribución de agua potable.

- **Vías de comunicación y acceso.**

Para llegar al Centro Poblado La PalmaCentral, se sigue la siguiente ruta: Existen dos accesos al Centro Poblado La PalmaCentral, uno partiendo desde el distrito de Jaén – Las Naranjas – Nuevo San Andrés – El Triunfo – La Palma Central, el otro acceso es partiendo también del distrito de Jaén – Chamaya – Sonanga – Tabacal – Chamba montero – Nogal – La PalmaCentral.

#### 4.2. Estudio de Mecánica de suelos.

**Cuadro 06: Resultados de Ensayos de laboratorio.**

DESCRIPCIÓN	CALICATA C-1
PROFUNDIDAD	1.50 m
CONTENIDO DE HUMEDAD	16.86%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	18.47
CLASIFICACIÓN SUCS	MH
CLASIFICACIÓN AASHTO	A5
DENSIDAD MÍNIMA	0.15 gr/cm <sup>3</sup>
DENSIDAD MÁXIMA	0.13 gr/cm <sup>3</sup>

**Fuente:** Municipalidad Provincial de Jaén.

- Perfil estratigráfico del sector El Centro Poblado La Palma Central.

**Cuadro 07: Perfil estratigráfico.**

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION		SIMBOLOGIA
		AASHTO	SUCS	
C1	1.50	A – 5	MH	

**Fuente:** Municipalidad Provincial de Jaén.

#### 4.3. Parámetros de Diseño.

##### 4.3.1. PERIODO DE DISEÑO.

Se estimó un periodo de diseño de **20 años**, la predicción del crecimiento de la población será del año 2015+20 = 2035 años.

##### 4.3.2. POBLACIÓN.

La población de diseño a considerar por el método aritmético fue de **996 habitantes**.

##### 4.3.3. DOTACIÓN.

La dotación diaria por habitante, se estableció según los valores que establece el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). Se determinó una dotación diaria de **70 lt/hab/día**.

##### 4.3.4. VARIACIONES DE CONSUMO.

Para efectos de las variaciones de consumo se consideró lo siguiente:

**K1 = 1.30** (valor estimado entre 1.30 y 1.50 según R.N.E)

**K2 = 2.50** (valor estimado entre 1.80 y 2.50 según R.N.E)

#### 4.3.5.DEMANDA ACTUAL Y FUTURA.

- CAUDAL PROMEDIO DIARIO.

$$Q_m = 0.807 \text{ lt/seg}$$

- CAUDAL MAXIMO DIARIO.

$$Q_{md} = 1.049 \text{ lt/seg}$$

- CAUDAL MAXIMO HORARIO.

$$Q_{mh} = 2.017 \text{ lt/seg}$$

#### HOJA DE CALCULO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

PROYECTO: "DISEÑO ESTÁTICO DEL FLUJO DE AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO POBLADO LA PALMA CENTRAL PROVINCIA DE JAÉN APLICACIÓN DEL PROGRAMA WATERCAD"

Departamento:	Cajamarca	Provincia:	Jaén
Distrito:	Jaén	Localidad:	El Centro Poblado La Palma Central
<b>DATOS</b>			
Población actual	144	familias	Fuente: Municipalidad Provincial de Jaén.
Población año 2003	697	personas	
Tasa de crecimiento	1.8%		
Tiempo estimado para poblacion futura	20	años	
<b>ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA</b>			
METODO ARITMÉTICO =	$Nt = N_0(1+r)^t$		
Donde:			
	Nt:	Población futura	
	No:	Población inicial	
	r:	Tasa de crecimiento poblacional	
	t:	Tiempo proyectado	
<b>POBLACION FUTURA (método aritmético) =</b>	<b>996 personas</b>		

**COTAS DE LOS NODOS**

NODOS	COTA(msnm)
Reservorio	826.54
N1	797.35
N2	796.15
N3	783.25
N4	780.88
N5	777.90
N6	770.10
N7	778.10
N8	770.08
N9	773.91
N10	764.75
N11	768.22
N12	761.67
N13	766.58
N14	762.15
N15	758.81
N16	773.15
N17	769.48
N18	762.12
N19	751.92
N20	749.45
N21	745.26
N22	741.18
N23	737.91
N24	737.20
N25	778.86
N26	779.10

**DATOS DE TRAMOS**

TRAMOS	NODO INICIO	NODO FINAL	LONGITUD (m)	DIAMETRO (plg)	DIAMETRO (mm)
TRAMO 1	RESERVORIO	N1	140.841	2.0	50.0
TRAMO 2	N1	N2	32.921	1.5	37.5
TRAMO 3	N2	N3	52.921	1.5	37.5
TRAMO 4	N3	N4	90.109	1.0	25.0
TRAMO 5	N4	N5	59.022	1.0	25.0
TRAMO 6	N5	N6	107.290	1.0	25.0
TRAMO 7	N3	N7	90.508	1.5	37.5
TRAMO 8	N7	N8	51.514	1.0	25.0
TRAMO 9	N7	N9	57.460	1.5	37.5
TRAMO 10	N9	N10	52.361	1.0	25.0
TRAMO 11	N9	N11	75.169	1.5	37.5
TRAMO 12	N11	N12	97.721	1.0	25.0
TRAMO 13	N11	N13	21.455	1.5	37.5
TRAMO 14	N13	N14	63.023	1.0	25.0
TRAMO 15	N15	N13	70.901	1.5	37.5
TRAMO 16	N16	N15	81.912	1.5	37.5
TRAMO 17	N16	N17	34.805	1.5	37.5
TRAMO 18	N17	N18	48.666	1.5	37.5
TRAMO 19	N18	N19	64.280	1.0	25.0
TRAMO 20	N19	N20	19.068	1.0	25.0
TRAMO 21	N20	N21	28.622	1.0	25.0
TRAMO 22	N21	N22	26.479	1.0	25.0
TRAMO 23	N22	N23	19.734	1.0	25.0
TRAMO 24	N23	N24	20.049	1.0	25.0
TRAMO 25	N25	N16	54.104	1.5	37.5
TRAMO 26	N25	N26	61.648	1.0	25.0
TRAMO 27	N1	N25	92.111	1.5	37.5
TRAMO 28	N25	N7	72.044	1.5	37.5
TRAMO 29	N16	N9	75.049	1.5	37.5

## DATOS DE CAUDALES

Caudal Promedio diario (Qm) =  $Qm = (Pf * Dotacion) / (86400 \text{ s/día})$

Caudal Máximo diario (Qmd) =  $Qmd = k1 * Qm$

Se consideró K1 = 1.3

Caudal Máximo horario (Qmh) =  $Qmh = k2 * Qm$

Se consideró K2 = 2.5

Qm = 0.807 Lt/seg

Qmd = 1.049 Lt/seg

Qmh = 2.017 Lt/seg

**DOTACION = 70.00 Lt/seg**

Según: Ministerio de Economía y Finanzas.

Nº de viviendas = 190

qu = 0.0106

POBLACIÓN (habitantes)	DOTACIÓN (lt/hab/día)
Hasta 500	60
500 - 1000	60 - 80
1000 - 2000	80 - 100

NODOS	Nº de viviendas	Q que sale
1	2	0.021
2	1	0.011
3	0	0.000
4	11	0.117
5	8	0.085
6	19	0.202
7	25	0.265
8	9	0.096
9	19	0.202
10	6	0.064
11	12	0.127
12	10	0.106
13	2	0.021
14	4	0.042
15	7	0.074
16	6	0.064
17	5	0.053
18	3	0.032
19	2	0.021
20	0	0.000
21	0	0.000
22	0	0.000
23	0	0.000
24	9	0.096
25	19	0.202
26	11	0.117
<b>Σ</b>	<b>190</b>	<b>2.017</b>

#### 4.3.6. APLICACIÓN DEL SOFTWARE WATERCAD.

**Cuadro 08: Resultados en Nodos.**

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
31	J-1	797.35	<None>	<Collection: 1 item>	0.021	823.43	26
33	J-2	796.15	<None>	<Collection: 1 item>	0.011	822.7	26
35	J-3	783.25	<None>	<Collection: 1 item>	0	821.55	38
37	J-4	780.88	<None>	<Collection: 1 item>	0.117	818.59	38
39	J-5	777.9	<None>	<Collection: 1 item>	0.085	817.56	40
41	J-6	770.1	<None>	<Collection: 1 item>	0.202	816.59	46
43	J-7	778.1	<None>	<Collection: 1 item>	0.265	820.86	43
45	J-8	770.08	<None>	<Collection: 1 item>	0.096	820.74	51
47	J-9	773.91	<None>	<Collection: 1 item>	0.202	820.6	47
49	J-10	764.75	<None>	<Collection: 1 item>	0.064	820.54	56
51	J-11	768.22	<None>	<Collection: 1 item>	0.127	820.51	52
53	J-12	761.67	<None>	<Collection: 1 item>	0.106	820.24	58
55	J-13	766.58	<None>	<Collection: 1 item>	0.021	820.51	54
57	J-14	762.15	<None>	<Collection: 1 item>	0.042	820.48	58
59	J-15	758.81	<None>	<Collection: 1 item>	0.074	820.53	62
61	J-16	773.15	<None>	<Collection: 1 item>	0.064	820.61	47
63	J-17	769.48	<None>	<Collection: 1 item>	0.053	820.57	51
65	J-18	762.12	<None>	<Collection: 1 item>	0.032	820.53	58
67	J-19	751.92	<None>	<Collection: 1 item>	0.021	820.32	68
69	J-20	749.45	<None>	<Collection: 1 item>	0	820.28	71
71	J-21	745.26	<None>	<Collection: 1 item>	0	820.21	75
73	J-22	741.18	<None>	<Collection: 1 item>	0	820.15	79
75	J-23	737.91	<None>	<Collection: 1 item>	0	820.1	82
77	J-24	737.2	<None>	<Collection: 1 item>	0.096	820.06	83
79	J-25	778.86	<None>	<Collection: 1 item>	0.202	820.98	42
81	J-26	779.1	<None>	<Collection: 1 item>	0.117	820.77	42

**Fuente:** Elaboración propia - Software WaterCAD V8i.

**Cuadro 09: Resultados en tramos.**

ID	Label	Start Node	Stop Node	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (m)	Length (Scaled) (m)	Diameter (mm)
32	P-1	R-1	J-1	True	140.841	424.839	50
34	P-2	J-1	J-2	True	32.921	184.524	37.5
36	P-3	J-2	J-3	True	52.921	199.708	37.5
38	P-4	J-3	J-4	True	90.109	185.208	25
40	P-5	J-4	J-5	True	59.022	173.989	25
42	P-6	J-5	J-6	True	107.29	160.843	25
44	P-7	J-3	J-7	True	90.508	189.907	37.5
46	P-8	J-7	J-8	True	51.514	173.421	25
48	P-9	J-7	J-9	True	57.46	177.463	37.5
50	P-10	J-9	J-10	True	52.361	183.206	25
52	P-11	J-9	J-11	True	75.169	158.572	37.5
54	P-12	J-11	J-12	True	97.721	191.286	25
56	P-13	J-13	J-11	True	21.455	108.141	37.5
58	P-14	J-13	J-14	True	63.023	136.278	25
60	P-15	J-15	J-13	True	70.901	302.868	37.5
62	P-16	J-16	J-15	True	81.912	250.337	37.5
64	P-17	J-16	J-17	True	34.805	122.963	37.5
66	P-18	J-17	J-18	True	48.666	158.732	37.5
68	P-19	J-18	J-19	True	64.28	140.592	25
70	P-20	J-19	J-20	True	19.068	192.411	25
72	P-21	J-20	J-21	True	28.622	142.498	25
74	P-22	J-21	J-22	True	26.479	144.762	25
76	P-23	J-22	J-23	True	19.734	137.783	25
78	P-24	J-23	J-24	True	20.049	155.166	25
80	P-25	J-25	J-16	True	54.104	184.29	37.5
82	P-26	J-25	J-26	True	61.648	142.696	25
83	P-27	J-1	J-25	True	92.111	196.902	37.5
84	P-28	J-25	J-7	True	72.044	351.452	37.5
85	P-29	J-16	J-9	True	75.049	346.727	37.5

**Fuente:** Elaboración propia - Software WaterCAD V8i.

**Cuadro 10: Resultados en tramos.**

ID	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	Minor Loss Coefficient (Local)
32	Ductile Iron	150	False	2.018	1.03	0.022	0
34	Ductile Iron	150	False	0.949	0.86	0.022	0
36	Ductile Iron	150	False	0.938	0.85	0.022	0
38	Ductile Iron	150	False	0.404	0.82	0.033	0
40	Ductile Iron	150	False	0.287	0.58	0.017	0
42	Ductile Iron	150	False	0.202	0.41	0.009	0
44	Ductile Iron	150	False	0.534	0.48	0.008	0
46	Ductile Iron	150	False	0.096	0.2	0.002	0
48	Ductile Iron	150	False	0.403	0.36	0.005	0
50	Ductile Iron	150	False	0.064	0.13	0.001	0
52	Ductile Iron	150	False	0.198	0.18	0.001	0
54	Ductile Iron	150	False	0.106	0.22	0.003	0
56	Ductile Iron	150	False	0.035	0.03	0	0
58	Ductile Iron	150	False	0.042	0.09	0	0
60	Ductile Iron	150	False	0.098	0.09	0	0
62	Ductile Iron	150	False	0.172	0.16	0.001	0
64	Ductile Iron	150	False	0.202	0.18	0.001	0
66	Ductile Iron	150	False	0.149	0.13	0.001	0
68	Ductile Iron	150	False	0.117	0.24	0.003	0
70	Ductile Iron	150	False	0.096	0.2	0.002	0
72	Ductile Iron	150	False	0.096	0.2	0.002	0
74	Ductile Iron	150	False	0.096	0.2	0.002	0
76	Ductile Iron	150	False	0.096	0.2	0.002	0
78	Ductile Iron	150	False	0.096	0.2	0.002	0
80	Ductile Iron	150	False	0.499	0.45	0.007	0
82	Ductile Iron	150	False	0.117	0.24	0.003	0
83	Ductile Iron	150	False	1.048	0.95	0.027	0
84	Ductile Iron	150	False	0.23	0.21	0.002	0
85	Ductile Iron	150	False	0.061	0.06	0	0

**Fuente:** Elaboración propia - Software WaterCAD V8i.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- De acuerdo al estudio de mecánica de suelos, la clasificación SUCS (Sistema Unificado de suelos) es “MH” limos inorgánicos de alta plasticidad, lo cual facilita el desarrollo del proceso constructivo de la red de distribución de agua potable.
- El diseño de la red de distribución de agua se consideró para 144 familias con una población futura de 5 habitantes por lote, con la ejecución de este proyecto se tendrá un efecto positivo en el estudio socioeconómico, convirtiendo al Centro Poblado La Palma Central en una zona turística.
- Se ha verificado que las tablas obtenidas del software de simulación hidráulica WaterCAD V8i, cumplen con los parámetros de diseño para las presiones y velocidades.
- En la red de distribución de agua potable se aprecia tuberías de 25 mm de diámetro, inferior al mínimo de 50 mm recomendado por el Reglamento Nacional de Edificaciones. Se ha disminuido el diámetro para tener una velocidad mínima, debido a que la población es pequeña y por lo tanto también el caudal.
- Se aprecia velocidades de 0.03 m/s, inferiores al mínimo de 0.6 m/s establecido por la norma OS.050 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO, lo cual se justifica por los diámetros mínimos considerados y compensa con las presiones en el tramo.
- En la red de distribución de agua se aprecia presiones superiores al máximo de 50 mca recomendado por el Reglamento Nacional de Edificaciones, esto debido a la topografía del Centro Poblado La Palma Central, considerándose tuberías comerciales CLASE 7.5 – CLASE 10. En algunos tramos se mantiene el diámetro, por lo tanto habrá clases diferentes de tuberías.

- Los caudales máximos y mínimos obtenidos de la simulación hidráulica son en el NODO 07 con caudal máximo de 0.265 lt/seg y en el NODO 02 con caudal mínimo de 0.011 lt/seg.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- El Centro Poblado La Palma Central actualmente cuenta con un sistema de agua potable en funcionamiento, el cual fue construido hace más de 17 años, siendo el principal problema el deterioro de las tuberías y la deficiencia para abastecer en forma permanente a la población.
- En el estudio topográfico se ha determinado que la localidad del Centro Poblado La Palma Central se encuentra entre la cota 1700 msnm, y presenta una topografía ondulada.
- La zona en estudio, fue analizada de acuerdo al Sistema Unificado de Suelos (SUCS) siendo su clasificación "MH" limos inorgánicos de alta plasticidad, de color marrón y de consistencia suave. Y por AASHTO "A-5".
- La población beneficiaria para el año 2035 considerando 5 habitantes por lote, será de 996 habitantes.
- En el diseño de la red de distribución se consideró una red abierta, los diámetros máximos y mínimos obtenidos son de 25 mm y 50 mm, las velocidades máximas y mínimas de 0.03 m/s y 1.03 m/s. Los cuales han sido simulados en el software WaterCAD V8i y verificadas según los parámetros del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- La red de distribución de agua del Centro Poblado La Palma Central tiene una longitud total de 1761.79 m. Se ha considerado para el diseño tuberías CLASE 7.5 y CLASE 10 en los tramos donde la presión es de 50 mca.

## **CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES.**

- Efectuar el análisis de vulnerabilidad en el proyecto ya que pueden generar situaciones de emergencia como las roturas de tuberías en la red de distribución.
- Realizar un mejoramiento del actual reservorio, el cual se ha considerado como parte de la ampliación del proyecto.
- Ampliar el estudio de mecánica de suelos, en la zona donde se ubicará el reservorio.
- Realizar un reconocimiento de la zona en estudio con los planos proporcionados por la Municipalidad Distrital de Jaén, para verificar la información de la proyección urbana.
- Se recomienda el estricto cumplimiento de los parámetros establecidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones para proyectos de este tipo.
- Para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua, se recomienda el uso del Software WaterCAD V8i, ya que a través de este se puede realizar diversas simulaciones mediante las cuales se obtienen los cálculos hidráulicos de manera exacta y eficaz.
- Elaborar un estudio de impacto ambiental considerando la ejecución y operación del sistema de agua potable del Centro Poblado La Palma Central.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Reglamento Nacional de Edificaciones (2014). *Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano – Norma OS. 050*. Perú: Editorial Lima.
- Saldarriaga, J.(2007). *Hidráulica de Tuberías: Abastecimiento de Agua, Redes y Riegos*. Colombia: Alfa Omega
- Agüero, R.(2006). *Agua Potable Para Poblaciones Rurales*. Lima: Asociación Servicios Educativos Rurales.
- Juarez, B.(1997). *Mecánica de Suelos Tomo I*. Perú: Limusa.
- García, E. (2009). *Manual de Proyectos De Agua Potable En Poblaciones Rurales*. Lima: Fondo Perú-Alemania.
- Azevedo, J.(1976). *Manual de Hidráulica*. México: Editorial Harla.
- Mataix. C.(1998). *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. México: Harla.
- Arocha, S.(1978). *Abastecimientos de Agua Teoría y Diseño*. Venezuela: Ediciones Vega.
- Ministerio de Salud (1994). *Abastecimiento de Agua y Saneamiento para Poblaciones Rurales y Urbano Marginales*. Perú.
- Dirección Regional de Salud Ambiental (DIGESA). *Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria*. Norma OS. 100. Perú.

- FONCODES (2004). *Parámetros de Diseño de Infraestructura de Agua y Saneamiento para Centros Poblados Rurales*. Gobierno del Perú.
- DURALON (2005). *Criterios de Diseño para Redes de Agua Potable Empleando tubería de PVC*. México: Productos Nacobre.