## Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

# UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

## FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

## UNIDAD DE INVESTIGACION

# EVALUACION DE ORIGINALIDAD

**ID. N° 101826491**

# CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se la realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento de INFORME FINAL DE TESIS cuyo título es:

## ANÁLISIS DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN APLICANDO EL MODELO WATERCAD, EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LOS SECTORES I, II, III Y IV DEL ASENTAMIENTO HUMANO CERRO CANDELA, DISTRITO DE IMPERIAL, PROVINCIA DE CAÑETE – LIMA, 2021

presentado por:

**GOMEZ GRADOS, NAYO HASSLER**

Bachiller del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Civil. El resultado obtenido es de **13% de similitud**, por el cual se otorga el calificativo de **APROBADO**, según el Reglamento para la evaluación de la Originalidad de los documentos de investigación.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 7 de agosto de 2023

DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería Civil

# Análisis de las redes de distribución aplicando el modelo Watercad, en el sistema de abastecimiento de agua potable en los sectores I, II, III y IV del Asentamiento Humano Cerro Candela, distrito de Imperial, provincia de Cañete – Lima, 2021

Línea de Investigación**:**

Recursos hídricos, riesgo de desastre y cambio climático

INFORME FINAL DE TESIS

PARA OPTAR POR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

BACH. GÓMEZ GRADOS, NAYO HASSLER

**Ica – Perú**

**2023**

**Dedicatoria**

A mi familia, por inculcarme valores, que han sido la base de mi formación, tanto personal como profesional, por su apoyo incondicional para poder terminar mi carrera y hacer posible el desarrollo de mi tesis.

**Agradecimientos**

A mi Alma Mater, a mi familia, mis mejores amigos, compañeros y en especial a mis profesores que me forjaron durante mi vida universitaria.

**RESUMEN**

El AA.HH. Cerro Candela, en el distrito Imperial se forma en los años 80 por pobladores de bajos recursos. Cuenta con un sistema de abastecimiento desde el año 2014, que acusa diversos problemas, principalmente con su sistema de bombeo y cloración y el crecimiento poblacional, no garantizando las presiones y caudal requerido.

Siendo necesario realizar una evaluación para establecer propuestas técnicas que garanticen la sostenibilidad del recurso hídrico, se desarrolló una investigación cuantitativa del tipo aplicada con la hipótesis de que la modelación de la red permite analizar su eficiencia actual que influye en su funcionamiento, siendo el objetivo principal modelar de la red con el software WaterCad y en base al análisis de los resultados elaborar propuestas de mejora.

Estos indican tratamiento previo para la fuente que garantice su calidad y mantenimiento para el sistema de bombeo. Los 2 reservorios existentes aseguran la disponibilidad hídrica. La evaluación ambiental indica la viabilidad del proyecto con acciones de adaptación ambiental. La población de diseño es 2700 habitantes, demandando un Qmh de 7.5 lps, requiriendo tuberías PVC Clase 10 de 58.4 y 42.2 mm de diámetro interior. Las presiones máxima y mínima son 45 y 10 mca, respectivamente, debiendo colocarse dispositivos rompe presión, reductores de presión y válvulas de purga en algunos sectores. La modelación permitió evaluar las propuestas de mejora, de manera que se cumple con los parámetros exigidos por las normas nacionales y garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico.

Palabras clave: Análisis hidráulico, modelación, Caudal de diseño.

## ABSTRACT

The AA.HH. Cerro Candela, in the Imperial district, was formed in the 1980s by low-income residents. It has a supply system since 2014, which shows various problems, mainly with its pumping and chlorination system and population growth, not guaranteeing the required pressures and flow.

Being necessary to carry out an evaluation to establish technical proposals that guarantee the sustainability of the water resource, a quantitative investigation of the applied type was developed with the hypothesis that the modeling of the network allows analyzing its current efficiency that influences its operation, being the main objective model the network with the WaterCad software and, based on the analysis of the results, prepare proposals for improvement.

These indicate previous treatment for the source that guarantees its quality and maintenance for the pumping system. The 2 existing reservoirs ensure water availability. The environmental evaluation indicates the feasibility of the project with environmental adaptation actions. The design population is 2700 inhabitants, demanding a Qmh of 7.5 lps, requiring Class 10 PVC pipes of 58.4 and 42.2 mm inside diameter. The maximum and minimum pressures are 45 and 10 mca, respectively, and pressure break devices, pressure reducers and purge valves must be installed in some sectors. The modeling made it possible to evaluate the proposals for improvement, so that the parameters required by national standards are met and the sustainability of the water resource is guaranteed.



Keywords: Hydraulic analysis, modeling, Design flow.

**ÍNDICE**

Dedicatoria ..... ii
Agradecimientos ..... iii
RESUMEN ..... iv
ABSTRACT ..... v
I. INTRODUCCIÓN ..... 1
1.1 Situación problemática ..... 1
1.2 Formulación de problemas ..... 2
1.2.1 Problema general ..... 2
1.2.2 Problemas específicos ..... 2
1.3 Antecedentes del problema de investigación ..... 2
1.3.1 Antecedentes a nivel internacional ..... 2
1.3.2 Antecedentes a nivel nacional ..... 3
1.3.3 Antecedentes a nivel local ..... 4
1.4 Justificación e importancia de la investigación ..... 4
1.4.1 Justificación ..... 4
1.4.2 Importancia ..... 4
1.5 Objetivos de la investigación ..... 6
1.5.1 Objetivo general ..... 6
1.5.2 Objetivos específicos ..... 6
1.6. Contenido de capítulos ..... 6
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA ..... 8
2.1 Procedimientos ..... 8
2.2 Diseño metodológico ..... 8
2.2.1 Tipo, nivel y diseño de investigación ..... 8
2.2.2 Operacionalización de variables ..... 10
2.3 Participantes ..... 11
2.4 Universo y muestra ..... 11
2.5 Instrumentos y técnicas para la recolección de datos ..... 11
2.5.1 Instrumentos de recolección de datos ..... 11
2.5.2 Técnicas de recolección de datos ..... 11
2.5.3 Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de datos ..... 14
III. RESULTADOS ..... 15
3.1 Procesamiento y análisis, e interpretación de datos ..... 15
3.1.1 Generalidades ..... 15
3.1.2 Verificación de los estudios de ingeniería ..... 18

3.2 Los sistemas de abastecimiento de agua potable ..... 24
3.2.1 Partes de un sistema de agua potable periurbano o rural ..... 24
3.2.2 Descripción del Sistema de abastecimiento de agua potable verificado ..... 24
3.2.3 Obras de captación ..... 25
3.2.4 Obras de Conducción ..... 25
3.2.5 Obras de Almacenamiento ..... 26
3.2.6 Obras de Distribución ..... 27
3.3 Análisis de los parámetros hidráulicos de diseño ..... 27
3.3.1 Determinación del número de habitantes ..... 28
3.3.2 Estimación del área de cobertura ..... 29
3.3.3 Estudio de consumos ..... 29
3.3.4 Determinación de la dotación de diseño ..... 29
3.3.5 Criterios para la evaluación de la red de distribución ..... 31
3.4 Modelización hidráulica de las redes de distribución ..... 32
3.4.1 Construcción del modelo hidráulico ..... 36
3.4.2 Sectorización ..... 36
3.4.3 Procesamiento de los parámetros de diseño al modelo ..... 37
3.4.4 Asignación de las unidades hidráulicas del sistema ..... 39
3.4.5 Simulación del modelo con caudales de diseño y actuales ..... 40
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS ..... 44
4.1 Discusión ..... 44
4.2 Propuesta y alternativas técnicas ..... 45
V. CONCLUSIONES ..... 46
VI. RECOMENDACIONES ..... 47
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 48

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Operacionalización de variables ..... 10
Tabla II. Ficha de datos. ..... 12
Tabla III. Ficha registro topográfico desde la zona de captación hasta el AA.HH. Cerro Candela – Cañete. ..... 13
Tabla IV. Datos de población para el proyecto ..... 17
Tabla V. Puntos de control topográfico para el proyecto ..... 19
Tabla VI. Resultados de la prueba de bombeo ..... 21
Tabla VII. Evaluación para el diagnóstico ambiental ..... 23
Tabla VIII. Características de la electrobomba sumergible ..... 25
Tabla IX. Población proyectada a 20 años ..... 28
Tabla X. Cálculo de caudales de diseño ..... 30
Tabla XI. Caudales en cada nudo de la red (total 478 lotes) ..... 40
Tabla XII. Resultados generales del modelamiento de las redes de agua potable ..... 41
Tabla XIII. Resultados del modelamiento de la red - demandas y presiones ..... 42

## ÍNDICE DE FIGURAS


Fig.1 Ubicación de la provincia de Cañete en el departamento de Lima.....15
Fig.2 Ubicación del distrito de Imperial en la provincia de Cañete .....16
Fig.3 Vista Satelital de la ubicación de A.H. Cerro Candela .....16
Fig.4 Tipo de viviendas según material de construcción del A.H. Cerro Candela. .....18
Fig.5 Vista de las viviendas del A.H. Cerro Candela.....26
Fig.6 Vista de los reservorios que usa el sistema .....26
Fig.7 Menu para asignar diámetros de tuberias y otras caracteristicas principales.....32
Fig.8 Menu para el ingreso de valores de posicionamiento de los nudos.....33
Fig.9 Menu para ingresar datos del tanque de almacenamiento para el modelo.....33
Fig.10 Menú desplegable para ingresar datos de las válvulas. .....34
Fig.11 Áreas de influencia para cada nudo de la red.....36
Fig.12 Caudales correspondientes a cada nudo de la red .....37
Fig.13 Menú para seleccionar el método hidráulico para el cálculo de la red. .....38
Fig.14 Esquema de la red y sus caracteristicas principales. .....39
Fig.15 Esquema de una cámara rompe presión.....45
Fig.16 : Esquema de la válvula de purga .....45

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Situación problemática

Según ONU-AGUA.

> Uno de los hitos recientes más importantes ha sido el reconocimiento por parte de la Asamblea General de las Naciones Unidas del derecho humano al agua y al saneamiento en julio de 2010. La Asamblea reconoció el derecho de todos los seres humanos a tener acceso a una cantidad de agua suficiente para el uso doméstico y personal (entre 50 y 100 litros de agua por persona y día), segura, aceptable y asequible (el coste del agua no debería superar el 3% de los ingresos del hogar), y accesible físicamente (la fuente debe estar a menos de 1.000 metros del hogar y su recogida no debería superar los 30 minutos). [1]

En el país, como en diversas partes del mundo, el agua potable desempeña un papel esencial para el desarrollo y el bienestar social, especialmente en la supervivencia de la población. Por esa razón, la temática general se enmarca en la EVALUACION DE RECURSOS HIDRICOS, siendo el tema específico EL AGUA PARA ABASTECIMIENTO POBLACIONAL EN ZONA PERIURBANAS Y/O RURAL, tanto en cantidad como en calidad.

En el caso que nos ocupa, se han utilizado fuente de aguas subterráneas. Según la SUNASS.

> Las aguas subterráneas son recursos hídricos que forman parte de otras masas de agua y tienen gran valor por sus usos a nivel poblacional, agrícola, comercial e industrial. Debido a esta relevancia el consumo de las aguas subterráneas es regulado para que sean manejadas de forma eficiente, segura, sostenible y evitar que su uso desproporcionado ocasione o agudice las crisis hídricas. [2]

La población del Asentamiento Humano Cerro Candela, es una de las más importantes del distrito de Imperial, se fue constituyendo a inicios de los años 80 y con el devenir del tiempo se ha incrementado su densidad poblacional, siendo formado por pobladores de bajos recursos económicos que laboran en la agricultura, comercio y servicios.

Uno de los componentes más importantes del sistema de agua a investigar, es la fuente del sistema de abastecimiento de agua a Cerro Candela, que es el pozo a tajo abierto ubicado en el Caserío de Casa Pintada, a una distancia aproximada de 2.0 Kilómetros.

Este cuenta con su sistema de bombeo que fue rehabilitado en el año 2014, el cual manifiesta irregularidades en su funcionamiento que deben ser evaluadas. El pozo excavado se encuentra revestido hasta una profundidad aproximada de 27 metros y el equipo de bombeo hacia el reservorio elevado está ubicado a escasos metros del Pozo. El sistema de encendido automático no funciona y las actividades de cloración son bastante deficientes.

Por el lado de la cantidad de agua, el incremento poblacional de los últimos años en la zona, justifica una evaluación para garantizar las presiones y el caudal de acuerdo a las necesidades de los pobladores en sus diferentes usos.

Otra característica de la zona es la falta de infraestructura de salud, los habitantes de la zona de influencia, tienen que trasladarse hacia la zona urbana del distrito u de otro, el cual cuenta con varios establecimientos de salud teniendo entre los principales tenemos el centro de salud Imperial, el Puesto de Salud Asunción 8 y el Centro de Salud Materno Infantil, esto en el distrito de Imperial.

## 1.2 Formulación de problemas

### 1.2.1 Problema general

- ¿Cómo la eficiencia de las redes de distribución de agua potable mediante el modelo WaterCad influye en la sostenibilidad de los recursos hídricos del AA. HH. Cerro Candela, distrito de Imperial, Cañete – Lima?

### 1.2.2 Problemas específicos

Así mismo, para una mejor explicación formulamos los siguientes Problemas Específicos:

a) ¿Cómo la situación actual del sistema de agua potable afecta la sostenibilidad de los recursos hídricos del AA HH Cerro Candela, distrito de Imperial, Cañete – Lima?

b) ¿De qué manera los aspectos metodológicos inciden en la eficiencia de las redes de distribución de agua mediante el modelo WaterCad?

c) ¿De qué manera los resultados de la investigación aportan a la sostenibilidad de los recursos hídricos del AA HH Cerro Candela, distrito de Imperial, Cañete – Lima?

## 1.3 Antecedentes del problema de investigación

Actualmente, la población comprendida dentro del área de influencia de la investigación cuenta con redes de agua potable desde el año 2014 y ha ido paulatinamente tramitando el aseguramiento de todos los componentes y controles con la empresa de agua de la provincia, pero el proceso dinámico de las poblaciones y el uso inadecuado de algunos componentes, requiere una evaluación para optimizar el servicio y plantear las mejoras que se requieran. Para fundamentar de una mejor manera la investigación, presentamos a continuación investigaciones internacionales similares y de donde se ha tomado valiosa información:

### 1.3.1 Antecedentes a nivel internacional

En 2018, Astudillo menciona:

> [3] Se realizará el cálculo y diseño de un sistema de agua potable, ya que este lugar carece de la misma en calidad más que en cantidad […] a partir de la ayuda del software WaterCad se generó el análisis hidráulico y el diseño de la red propuesta para una vida útil de 20 años. […] del análisis de la calidad del agua los valores están por debajo de los permitidos por la norma, lo que significa que no requiere tratamiento, sin embargo, se recomienda un tratamiento con hipoclorito de calcio para asegurarnos una total desinfección.

Hurtado, M. y Tacuri, C. en 2018 afirman:

> [4] Para la elaboración de los modelos hidráulicos se aplicaron diferentes softwares, para procesar los datos se utilizó AutoCAD y ArcGIS; en cambio WaterGEMS se utilizó para la elaboración y calibración de los modelos hidráulicos en diferentes escenarios.[…] Se efectuaron las verificaciones hidráulicas mediante un análisis comparativo entre los cálculos manuales de campo y los ejecutados por el software, comprobándose que existían diferencias en los principales parámetros, tales como en las presiones, velocidades y gradientes hidráulicos. […] se creó un nuevo escenario para analizar la curva de consumos en cada sector con una simulación en periodo extendido.

En 2016, Martínez refiere que esta investigación se realiza:

> [5] Debido a la situación actual del sistema de abastecimiento de agua en la Universidad Central Marta Abreu de las; Villas es necesario la rehabilitación de la red, como solución para su correcta operación definiéndose los escenarios de mallado unitario y sectorizado como alternativas a modelar su comportamiento con las herramientas del software WATERGEMS basado en los parámetros del índice de resiliencia y el coeficiente de uniformidad. […] Se discute las bondades y limitaciones de la herramienta de modelación WaterGEMS a partir de la comparación con otros sistemas de cálculo destacándose el empleo de la distribución de la demanda, el estudio de post-cálculo del sistema respecto al análisis de los parámetros hidráulicos y la interrelación con los demás sistemas CAD y GIS.

### 1.3.2 Antecedentes a nivel nacional

En 2018, Rodríguez afirma:

> [6] En la investigación se utilizó el AutoCAD para la elaboración de planos correspondientes para el modelo de simulación y esqueletización de redes de agua potable, mediante el ArcGIS se añadieron las curvas de nivel y con la aplicación del WaterCad se realizó el modelo del cloro residual. […] Con el modelamiento del cloro residual realizada en la ciudad de Rioja, se pudo concluir que el agua que pasa por las redes de distribución tiene la continuidad y calidad necesaria para el consumo de los usuarios, ya que las concentraciones del cloro abarcan desde los 0.5 mg/L hasta un poco más de 1 mg/l.

En 2016, Alayo y Espinoza, sobre su tesis mencionan:

> [7] Tiene como finalidad brindarnos información acerca del comportamiento de la red de distribución y línea de conducción de agua potable en la localidad de Laredo. Para este proyecto se hicieron simulaciones en el programa WaterCad, ya que este programa es uno de los más usados en el mercado dándonos unos resultados muy confiables. […] Con el modelamiento hidráulico se llegó a obtener en los nudos de

la red, presiones que están entre 10 m.c.a y 50 m.c.a según lo permitido por el RNE, lo que permite un buen funcionamiento en el diseño. […] Las velocidades obtenidas en la gran mayoría cumple con el RNE. […] Se realizó la simulación de tres escenarios distintos llegando a la conclusión que para un mejor funcionamiento se tuvo que hacer cambio de diámetros en las tuberías en un 95% que ahora serán de 10", 8", 6" y la mayoría de 4".

### 1.3.3 Antecedentes a nivel local

En 2018, Peña, menciona que el objetivo de su investigación es:

> [8] Diseñar una red de abastecimiento de agua potable que permita cubrir las necesidades de la población de Puerto Fiel. […] Con la información de la existencia de unos cuantos lotes, la cantidad de habitantes, la topografía y la lotización se trazó la mencionada red. De esta se obtuvo su perfil longitudinal y se introdujo datos al programa WaterCad, en el que se simuló el diseño hidráulico. […] El cálculo de la dimensión de la tubería la cual resulto ser de 63mm y 90mm para la red de distribución en el Club Playa Puerto Fiel distrito de Cerro Azul provincia de Cañete y El suministro e instalación de un sistema de desinfección al vacío con cloro gas, a fin de asegurar la potabilidad del agua. Además de eso 189 conexiones domiciliarias de agua potable y 189 cajas de conexión domiciliaria.

## 1.4 Justificación e importancia de la investigación

### 1.4.1 Justificación

La presente investigación se realiza porque existe la necesidad de mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable en el AAHH Cerro Candela del distrito de Imperial - Cañete, al proporcionar información sobre el estado actual de los componentes de captación, conducción, distribución y calidad del agua, en tal sentido, se requiere establecer cómo influye la aplicación del WaterCad en el análisis de las redes de distribución y la calidad del agua, para su restauración.

Si analizamos la justificación social, tendríamos que decir que la zona está identificada como de extrema pobreza, lo cual origina niveles de desigualdad en oportunidades y mantiene a la mayoría de pobladores con altos niveles de discriminación en salud, educación y justicia.

En lo económico, los bajos ingresos de los pobladores deben ser revertidos, partiendo de resolver las necesidades básicas, en este caso la provisión de servicios elementales como el agua en calidad y cantidad suficientes para elevar su calidad de vida.

### 1.4.2 Importancia

En primer lugar, vemos la importancia teórica o metodológica, ya que en el presente trabajo se aplicarán Modelos hidráulicos con los cuales se podrá realizar el análisis y/o propuestas

al sistema de abastecimiento de agua existente. En segundo lugar, el impacto positivo será evidente en pobladores de extrema pobreza con gran número de niños.

El cuidado del ambiente y el uso eficiente de los recursos naturales son condiciones fundamentales en nuestro tránsito hacia el desarrollo sostenible. El bienestar y el desarrollo de las personas dependen de los servicios de aprovisionamiento de alimentos, agua, madera, combustible, así como la regulación del clima y las enfermedades, entre otros servicios como los culturales y recreativos; todos dependen del funcionamiento saludable de los ecosistemas como condición global, transversal e integral clave para un futuro mejor y más justo para todos, indispensable para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza. Por ello es que, en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, están claramente priorizados los relacionados con las cuestiones ambientales y climáticas.

## 1.5 Objetivos de la investigación

Son los logros elementales que se concretan en la construcción del conocimiento científico producido. Los objetivos son aquellas metas específicas que se deben alcanzar para poder responder a una pregunta de investigación y que se dirigen al desarrollo de la investigación.

### 1.5.1 Objetivo general

Para nuestro caso, se plantea el siguiente objetivo general:

- Analizar la eficiencia de las redes de distribución de agua potable mediante el modelo WaterCad y cómo influye en la sostenibilidad de los recursos hídricos del AA HH Cerro Candela, distrito de Imperial, Cañete – Lima.

### 1.5.2 Objetivos específicos

a) Describir la situación actual del sistema de agua potable y cómo afecta la sostenibilidad de los recursos hídricos del AA HH Cerro Candela, distrito de Imperial, Cañete – Lima.

b) Aplicar la más adecuada metodología que incida en la eficiencia de las redes de distribución de agua mediante el modelo WaterCad.

c) Determinar los resultados de la investigación que mejor aportan a la sostenibilidad de los recursos hídricos del AA HH Cerro Candela, distrito de Imperial, Cañete – Lima.

## 1.6. Contenido de capítulos

- Capítulo I – Introducción

  Este expresa de manera puntual el preámbulo y definiciones de nuestro proyecto a desarrollar, así como la problemática, objetivos, justificaciones y antecedentes necesarios.

- Capitulo II – Estrategia Metodológica

  Esta muestra el planeamiento metodológico, nos brinda detalladamente como fue realizada y los elementos utilizados en esta, así como los sujetos y grupos de asignación, instrumentos de medición y procedimientos.

- Capitulo III – Resultados

  Esta muestra de forma puntual y simple los resultados obtenidos, así como sus tablas, gráficos, imágenes y programas que se emplearon para su desarrollo, la justificación de porque se utilizaron; este capítulo muestra los datos más importantes, ya nos ayudara a dar desenlace a la problemática y objetivos propuestos para así lograr corroborar las hipótesis planteadas.

- Capitulo IV – Discusión

  En este capítulo examinamos e interpretamos resultados, recalcando los aspectos cruciales del proyecto, insistiendo que no se debe repetir la información presentada.

- Capítulo V – Conclusiones

  Estas hacen referencia a los resultados que obtuvimos en el desarrollo de la tesis, estas van a la par de la cifra de objetivos presentados en la investigación.
- Capítulo VI – Recomendaciones

  Estas recomendaciones son desde la perspectiva del autor con respecto a su punto de vista, deben de estar directamente vinculadas con las conclusiones, siendo puntuales y resumidas.
- Capítulo VII – Referencias Bibliográficas.

  En esta parte de la tesis agrupamos todos nuestros orígenes de consulta empleados para este proyecto.
- Capítulo VIII – Anexos

  En este capítulo final se colocarán fotos de la zona a desarrollar y planos necesarios.

# II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

## 2.1 Procedimientos

La secuencia metodológica será estructurada en tres etapas, las cuales son:

a) Etapa preliminar de gabinete, consiste en la recopilación, procesamiento, evaluación y análisis de la información temática preliminar, relacionada con el ámbito de influencia del estudio, que en este caso es:
   - Recopilación de información relacionada con enfermedades de origen hídrico e índices de salubridad en la zona.
   - Datos censales para determinar la tasa de crecimiento poblacional.

b) Etapa de campo, tiene como finalidad evaluar los peligros, vulnerabilidades y riesgos de la zona donde se ubica el proyecto, así como su área de influencia, teniendo en cuenta el desarrollo de las siguientes actividades:
   - Reconocimiento de campo de toda el área de influencia del proyecto.
   - Determinar la población actual mediante encuesta de campo
   - Desarrollar el levantamiento topográfico que permita estructurar la planta de la red de distribución de agua potable.

c) Etapa final de gabinete, Comprende principalmente las tareas de análisis y diseño hidráulico:
   - Identificación de población futura
   - Caudal de diseño
   - Trazo de la red en planta y perfil

## 2.2 Diseño metodológico

El método usado para este proyecto de investigación es el método científico con enfoque cuantitativo, ya que se calcularon indicadores numéricos, se aplicaron metodologías deductivas partiendo de lo general para llegar a lo particular y se observaron para poder realizar su procedimiento tiene que tener técnicas e instrumentos para poder llegar a un análisis o recopilación de teorías e hipótesis para así formular un conocimiento científico.

### 2.2.1 Tipo, nivel y diseño de investigación

#### 2.2.1.1 Tipo de investigación

Según Sampieri [9]. la investigación **es aplicada,** ya que este tipo de investigación tiene por objetivo resolver un determinado problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico, se basa en una necesidad social práctica por resolver.

#### 2.2.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación de este proyecto de investigación es **descriptivo correlacional**, ya que no solo tratara de describir los posibles casos de un fenómeno, proceso o comportamiento de acuerdo a los tipos de estudios, sino que además persigue la relación que existe entre el mejor escenario hidráulico y el mejoramiento del sistema de agua potable en la zona de la investigación.

#### 2.2.1.3 Diseño de investigación

La investigación es de naturaleza no experimental debido a que se analizan fenómenos previamente ocurridos, los cuales no son provocados de manera intencional por el investigador. Esta situación puede ser transversal, ya que los datos han sido recolectados en una única medición. En este estudio, las variables independientes se presentan de forma natural y no se pueden modificar, ya que ya han ocurrido junto con sus efectos.

### 2.2.2 Operacionalización de variables

Tabla I. Operacionalización de variables

| Variables | Definición conceptual | Dimensiones | Indicadores |
|---|---|---|---|
| Independiente: El análisis de las redes de distribución aplicando el modelo WaterCad | Modelizar la red de distribución aplicando un modelo numérico de simulación hidráulica | Red de distribución de agua potable | • Rangos admisibles de presión y velocidad de flujo en la red |
| Dependiente: El sistema de abastecimiento de agua potable de los sectores I, II, III y IV del AA.HH. Cerro Candela, distrito de imperial, provincia Cañete, Lima | Determinar las características físicas ideales para optimizar la eficiencia hidráulica de la red y la calidad del agua | • Fuente de agua<br>• Conducción y almacenamiento.<br>• Red de distribución<br>• Sistema de desinfección del agua | • Caudales<br>• Presiones<br>• Velocidades<br>• Calidad de cloro residual |

## 2.3 Participantes

- Asesorado: Bach. Nayo Hassler Gómez Grados
- Asesor: Mag. Freddy M. Franco Alvarado.

## 2.4 Universo y muestra

### 2.4.1 Población y muestra

- Población de estudio:
  Distrito de Coronel Castañeda, en la provincia de Parinacochas, Ayacucho
- Tamaño de la muestra:
  El sistema de abastecimiento de agua potable de los sectores I, II, III y IV del AA.HH. Cerro Candela.

## 2.5 Instrumentos y técnicas para la recolección de datos

Habiéndose definido la base teórica y metodológica de la investigación, ahora presentamos las técnicas e instrumentos aplicados en la recolección de datos. Para ello explicaremos los procedimientos llevados a cabo en cada uno de los casos.

La principal técnica que se implemento fue la de observación estructurada, llevada a cabo mediante una Hoja de campo o Ficha de Recolección de Datos, estas fichas se elaboraron para cada parte del sistema de abastecimiento de agua y permitió establecer la situación actual e identificar la realidad problemática.

A continuación, presentamos una de las Fichas de Campo utilizadas, las otras se adjuntan en los anexos.

### 2.5.1 Instrumentos de recolección de datos

Los principales instrumentos que se aplicaron en las técnicas son:

- Equipo fotográfico
- Equipo topográfico.
- Software de dibujo: para el dibujo de planos se utilizará el AutoCAD.
- Hojas de cálculo (MS Excel)
- Software para modelación de redes de agua potable

### 2.5.2 Técnicas de recolección de datos

En nuestro caso, hemos utilizado el **Análisis documental** pues este nos admite a exploraciones **retrospectivas y recobrar el documento** cuando se necesite. En consecuencia, podemos afirmar que el Análisis Documental está ligado al Rescate de Información. Sin embargo, hemos tenido que desarrollar además un análisis de contenidos de acuerdo a la metodología aplicada.

También se ha utilizado la **observación directa, s**egún Valderrama [10] "Consiste en la observación metódica, confiable y válida de conductas y realidades observables a través de un conjunto de dimensiones e indicadores".

Entonces, se priorizará la observación directa, mediante levantamientos topográficos, mediciones de caudal, recolección de datos visuales y de laboratorio del suelo de la zona.

Tabla II. Ficha de recolección de datos

<table>
<tr><td colspan="6">Ficha de recolección de datos</td></tr>
<tr><td>Ítem</td><td colspan="2">Tesis:</td><td colspan="3">"Análisis de las redes de distribución aplicando el modelo WaterCad en el sistema de abastecimiento de agua potable de los sectores I, II, III y IV del AA.HH. Cerro Candela, distrito de Imperial, Provincia Cañete – Lima" 2021</td></tr>
<tr><td>I.</td><td colspan="5">Información general</td></tr>
<tr><td rowspan="4"></td><td colspan="2">Ubicación</td><td colspan="3">Datos geográficos</td></tr>
<tr><td>Distrito:</td><td>Imperial</td><td>Altitud:</td><td colspan="2">110 y 177 msnm</td></tr>
<tr><td>Provincia:</td><td>Cañete</td><td>Latitud:</td><td colspan="2">13°02'15" Sur</td></tr>
<tr><td>Región:</td><td>Lima</td><td>Longitud:</td><td colspan="2">76°21'16" Oeste</td></tr>
<tr><td>II.</td><td colspan="5">Sistema de captación</td></tr>
<tr><td rowspan="4"></td><td colspan="2">Descripción general:</td><td colspan="3">Es mediante pozo con bomba sumergible donde se extrae agua subterránea ubicado en el C.P. Casa Pintada</td></tr>
<tr><td colspan="2">Funcionamiento:</td><td colspan="3">Se encuentra en funcionamiento y abastece al C.P. y al AA.HH. Cerro Candela</td></tr>
<tr><td colspan="2">Estado de conservación:</td><td colspan="3">En los últimos años ha sido objeto de reparaciones y mantenimientos periódico por lo que su estado de conservación es regular.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Caudales captados:</td><td colspan="3">De las pruebas de bombeo realizadas se tiene información de un caudal de 4.5 l/s hacia el Cerro Candela.</td></tr>
<tr><td>III.</td><td colspan="5">Mosaico fotográfico</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="5"> </td></tr>
<tr><td>IV.</td><td colspan="5">Observaciones</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="5">En las fotos, a la izquierda vista satelital de Cerro Candela y Casa Pintada, a la derecha el caudal que produce el pozo</td></tr>
<tr><td>Personal:</td><td colspan="5">Tesista</td></tr>
<tr><td>Fecha:</td><td colspan="5">Julio, 2021</td></tr>
</table>

Nota: Datos sobreobras de captación del sistema de abastecimiento de agua al AA.HH. Cerro Candela – Cañete**.**

Los otros instrumentos utilizados corresponden a las hojas de campo de los diversos estudios básicos de ingeniería, por ejemplo:

a) Hojas de campo para datos topográficos
b) Hojas de campo para datos de fuentes de agua
c) Hojas de campo para datos de evaluación ambiental

A modo de ejemplo, adjuntamos una de las fichas que corresponde a las verificaciones topográficas, las otras se presentaran en los estudios básicos y en los anexos:

Tabla III. Ficha registro de topográficas desde la zona de captación hasta el AA.HH. Cerro Candela – Cañete.

| **Ficha de registro de datos topográficos** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Ubicación general:** | | | | |
| Región: | Lima | | | |
| Provincia: | Cañete | | | |
| Distrito | Imperial | | | |
| Localidad: | AA.HH. Cerro Candela | | | |
| **Control terrestre:** | | | | |
| No. | Norte | Este | Cota | Descripción |
| BM1 | 8'559,551.00 | 354,840.00 | 130.00 | Casa Pintada - Vereda Parque |
| BM2 | 8'559,626.54 | 354,460.39 | 130.07 | Extremo sardinel del canal |
| BM3 | 8'560,027.62 | 348,400.97 | 119.35 | Vereda fábrica Camino Imperial - Quilmaná |
| BM4 | 8'560,359.89 | 347,670.38 | 119.78 | Extremo sardinel del canal |
| BM5 | 8'560,541.09 | 354,100.64 | 171.88 | Roca cercana al reservorio |
| **Equipos utilizados:** | | | | |
| Teodolito electrónico marca TOPCON con miras, jalones y winchas | | | | |
| GPS navegador marca GARMIN con 12 satélites | | | | |
| Wincha metálica | | | | |
| Equipos de comunicación - radios portátiles | | | | |
| Personal: | Tesista | | | |
| Fecha: | Julio, 2021 | | | |

### 2.5.3 Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de datos

Delinea las diversas operaciones para procesar de datos o respuestas obtenidas como: Ordenamiento, tabulación, registro, codificación de ser necesario. Respecto al Análisis se establecerán Técnicas Estadísticas o Lógicas, para interpretar lo que muestran los datos recogidos. Seguiremos la siguiente secuencia:

#### 2.5.3.1. Recolección de respuestas o datos

Incluye instaurar un plan detallado de procesos que conlleven a juntar datos para un determinado propósito.

#### 2.5.3.2. Procesamiento de la información

Mediante este proceso se agrupan datos individuales y se estructuran para responder al:

- Problema de Investigación
- Objetivos
- Hipótesis del estudio

Transformándose los datos en información importante.

#### 2.5.3.3. Presentación y publicación de los resultados

El producto se muestra por medio de ecuaciones, tablas y gráficos, y se descifran, en nuestro caso con análisis de contenido descriptivo.

# III. RESULTADOS

## 3.1 Procesamiento y análisis, e interpretación de datos

3.1.1 Generalidades

3.1.1.1 Descripción del entorno Socio Espacial

Para describir las características principales del lugar donde se realizó la investigación, se realizó investigación documental y varias visitas de campo, con lo cual se estableció la siguiente información:

Ubicación y Localización

La investigación se ubica al sur de Lima, por la panamericana Sur hasta el Km 140, se desvía hacia la izquierda llegando al distrito de Imperial en Cañete, luego por la Carretera hacia Quilmaná 2 kilómetros.

- Departamento : Lima
- Província : Cañete
- Distrito : Imperial
- Localidad : AA.HH. Cerro Candela

Fig.1 Ubicación de la provincia de Cañete en el departamento de Lima.

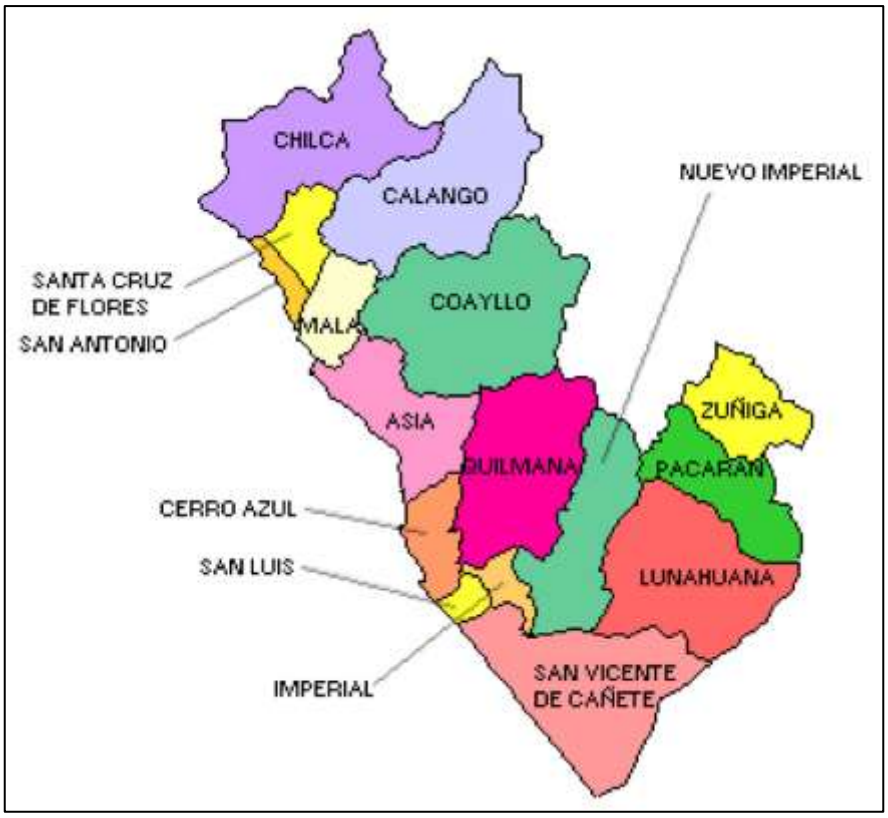



Fig.2 Ubicación del distrito de Imperial en la provincia de Cañete

Los pobladores del AA. HH. Cerro Candela se encuentran comunicados por una vía terrestre, cercana al Distrito de Imperial, aproximadamente a unos 5.0 Km. De allí se unen mediante una vía asfaltada en buen estado al km 144 de la carretera Panamericana Sur.

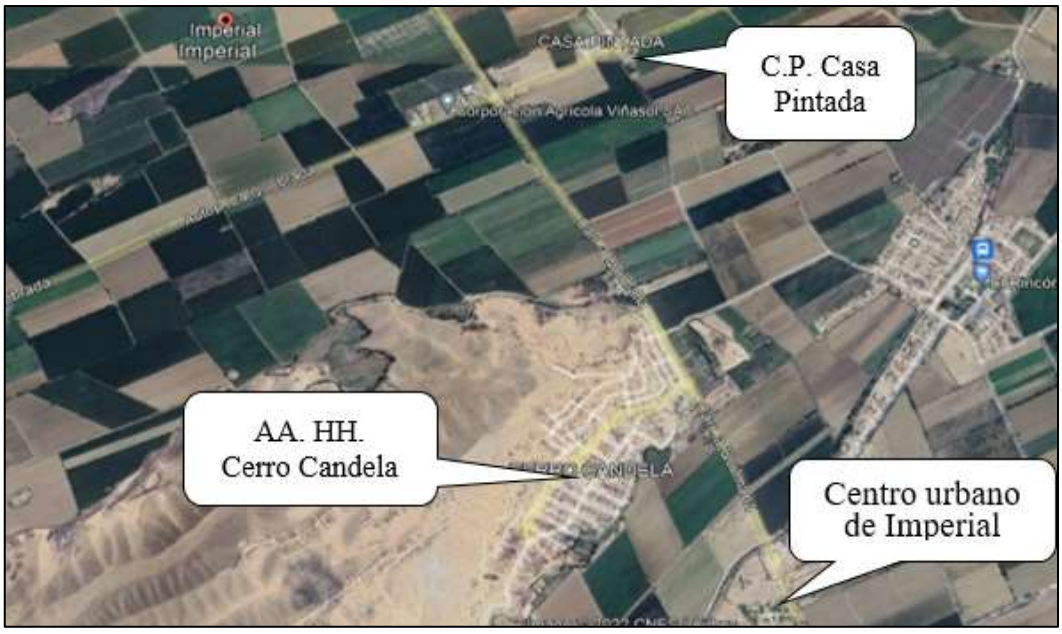



Fig.3 Vista Satelital de la ubicación de A.H. Cerro Candela

Población y demografía

Para el presente estudio y basados en la información publicada por el INEI [11] se tiene que "la tasa de crecimiento promedio anual del distrito en 0.69% la cual ha sido estimado con los censos de 2007 y 2017 cuya evolución en habitantes fue de 36,340 pasando a 38,925 respectivamente".

Tabla IV. Datos de población para el proyecto

| Lugar | 1993 | 2007 | 2017 | Variación intercensal 2007-2017 | Tasa de crecimiento anual |
|---|---|---|---|---|---|
| Provincia de Cañete | 152,378 | 200,662 | 240,013 | 39,351 | 1.80 |
| Distrito de Imperial | 30,654 | 36,340 | 38,925 | 2,585 | 0.69 |
| A.H. Cerro Candela | | 1,318 | 1,938 | 620 | |

Nota: Datos extraidos del INEI – Censos 2007 y 2017 [11]

Características físicas y climáticas

El sector investigado en el AA. HH. Cerro Candela tiene una extensión superficial de 159,481.73 m2, no presenta posibilidades de expansión horizontal, debido a sus límites con el Cerro del mismo nombre y las zonas de cultivo, por lo que la única posibilidad existente la constituye la expansión vertical.

El clima de AA. HH. Cerro Candela es igual al de los distritos de la costa, húmedo y ligeramente variable. La temperatura media, para el verano llega a 22.8°C, en el mes de febrero y a 15.2°C en invierno, en el mes de Agosto; siendo su amplitud de variación durante el año de 7.6°C.

La humedad relativa media durante el año presenta sus valores mínimos en los meses de enero y diciembre con 77% y su máximo valor en el mes de agosto 89%.

La precipitación pluvial en el distrito de Cañete llega a ser Nula en algunos meses del año.

Características socio económicas

Los pobladores del AA. HH Cerro Candela son en su mayoría de condición económica baja; muchos de ellos trabajan en actividades agrícolas y en forma esporádica en construcción civil en la Ciudad de Imperial, otro sector trabaja como comerciantes y obreros.

La densidad poblacional de las viviendas (1938/400= 4.845 hab/viv) se encuentra dentro del promedio provincial y nacional. De la inspección de campo, se observa que en la zona afectada el 100.00% son viviendas cuyas áreas son menores a 100 $m^2$, todas ellas propias de los encuestados, el material de construcción predominante en las viviendas es de material de adobe, esteras triplay, calamina y esteras; la mayoría de las viviendas son

exclusivamente de uso doméstico con bajo porcentaje destinadas a actividades comerciales, las mismas con pequeña dimensión, caso de bodegas o tiendas. Así mismo, se puede indicar que el 80.00% son viviendas de un solo nivel y el 20.00% de dos niveles.

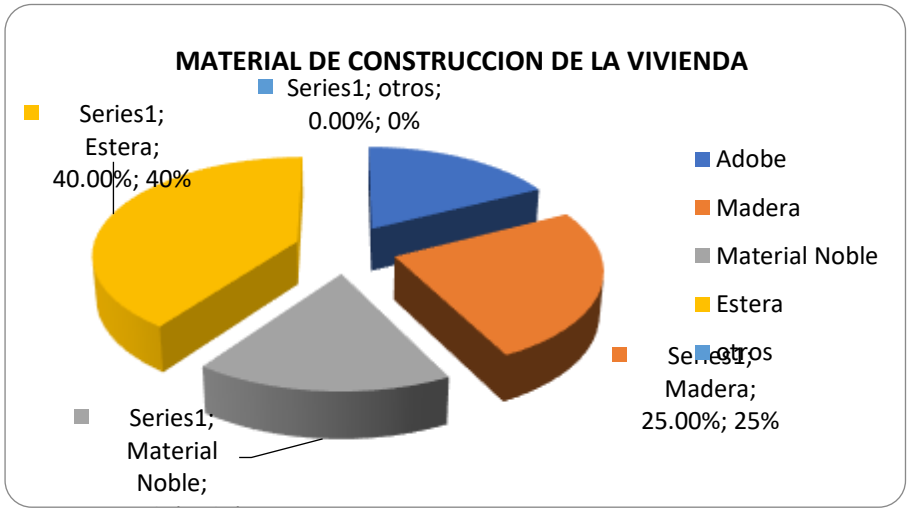



Fig.4 Tipo de viviendas según material de construcción del A.H. Cerro Candela.

3.1.2 Verificación de los estudios de ingeniería

Los estudios de topográficos son los más importantes estudios en el caso del desarrollo o evaluación de un sistema de abastecimiento de agua potable, pues definen las cotas y distancias desde la captación pasando por la conducción y almacenamiento hasta las redes de distribución.

3.1.2.1 Estudio topográfico

El AA. HH. Cerro Candela se ubica en la falda del cerro que lleva el mismo nombre, donde se ha proyectado un reservorio en la parte alta del cerro y las redes de distribución en las faldas del cerro y parte plana del AA. HH.

El levantamiento topográfico del terreno señalado para el proyecto se realizó con:

Teodolito electrónico marca TOPCON con miras, jalones y winchas, GPS navegador marca Garmin con 12 satélites, Wincha metálica y equipos de comunicación constituido por radios portátiles

Simultáneamente se procedió a establecer las coordenadas UTM y altitud, la ubicación se ha comparado con el plano de Trazado y Lotización, visado por la Municipalidad Distrital de Imperial, que cuenta con Resolución de Alcaldía N° 488-2007-MDI (433 Lotes) y Resolución de Alcaldía N°043-2009-MDI (incremento de 42 lotes), haciendo un total de 475 lotes, que no cuenta con curvas de nivel.

Su topografía es regular, hallándose comprendida entre las cotas 129.00 m, (en la zona de caseta ubicada en la localidad de Casa Pintada y la cota de 175.0 en la zona del

Reservorio, ubicado en la parte alta del Cerro colindante de la investigación, en el mismo AA. HH. Cerro Candela), datos que fueron verificados con cartas del I.G.N

Se ubicaron puntos de control (BM) referenciales, y se encuentran ubicados de la siguiente manera:

Tabla V. Puntos de control topográfico para el proyecto

| N° | Norte | Este | Cota | Descripción |
|---|---|---|---|---|
| BM1 | 8,559,551.00 | 354,840.00 | 130.00 | Casa Pintada- Vereda Parque |
| BM2 | 8,559,626.54 | 354,460.39 | 130.07 | Extremo sardinel del canal |
| BM3 | 8,560,027.62 | 348,400.97 | 119.35 | Vereda fabrica Camino Imperial - Quilmaná |
| BM4 | 8,560,359.89 | 347,670.38 | 119.78 | Extremo sardinel del canal |
| BM5 | 8,560,541.09 | 345,100.64 | 171.88 | Roca cercana al Reservorio |

Nota. Son los resultados de los trabajos de campo registrados en las hojas de campo.

Como parte del levantamiento topográfico se procedió al levantamiento de la lotización existente, ubicando los hitos del terreno, así como los puntos de agua y energía eléctrica, y la ubicación de las calicatas efectuadas.

3.1.2.2 Estudio de fuentes

Las fuentes de abastecimiento de agua constituyen el componente primordial para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, es lo primero que se debe definir en un proyecto de Abastecimiento de agua, por lo tanto, se debe definir su tipo, cantidad, calidad y ubicación, con el objeto de obtener los conocimientos de todas las características que permitan la mejor selección técnica y económica entre las alternativas posibles de utilización de fuentes de abastecimiento.

Las fuentes de abastecimiento de agua potable pueden ser; de lluvia superficiales y subterráneas. En la presente evaluación se verifico que la fuente existente para el abastecimiento del sistema de agua ´potable es subterránea.

Las aguas subterráneas constituyen parte del ciclo hidrológico y son aguas que por percolación se mantienen en movimiento a través de estratos geológicos capaces de contenerlas y de permitir su circulación, estas formaciones geológicas se llaman acuíferos.

La elección de una fuente de abastecimiento para el servicio de agua potable, obedece a 3 variables: cantidad, calidad y Consideraciones Técnicas y Económicas. Esta investigación contempla solo la posibilidad de captación de Aguas Subterráneas debido a que en nuestra zona la precipitación pluvial es baja, por ello la fuente de abastecimiento de agua de lluvia no se considerará; y también no existe cerca ninguna fuente superficial,

por lo que también se descarta; por lo tanto, la elección será la fuente de Agua Subterránea por medio de pozos.

Luego de la revisión de los estudios hidrogeológicos se verifica los siguientes datos para el pozo:

- Tipo de pozo : Tajo abierto
- Profundidad inicial : 19.50 m
- Profundidad actual : 19.50 m
- Diámetro : 1.10 m
- Punto de referencia : 0.0 m
- Año de perforación : 2011
- Antigüedad : 11 meses
- Profundidad nivel estático : 18.13 m
- Profundidad nivel dinámico : 23.20 m
- Columna de agua : 5.07 m
- Caudal de explotación : 4.00 l/s
- Tipo de Uso : Poblacional
- Estado actual del pozo : Utilizado
- Cota del terreno pozo : 2,859.76 msnm aproximadamente
- Cota del terreno reservorio : 2,929.90 msnm aproximadamente
- Cota de descarga a reservorio : 2,933.40 msnm aproximadamente
- Estado constructivo : Es un pozo a tajo abierto con anillos.

Como comprobación de estos datos presentados, adjuntamos la hoja de pruebas de bombeo utilizadas en las verificaciones:

Tabla VI. Resultados de la prueba de bombeo

**Prueba de bombeo**

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Localidad | : Casa Pintada | | | | | | Coordenadas: | | | | | |
| Distrito | : Imperial | | | | | | N: 8'558,550 m | | | | | |
| Provincia | : Cañete | | | | | | E: 350,874 m | | | | | |
| Departamento | : Lima | | | | | | Cota: 130 m.s.n.m. | | | | | |
| Equipo a usar | | | | | | Volumen: 3.2x2x1.46 = 14.95 m3 | | 20.48 | | | | |
| Bomba | : Electrobomba 7.5 HP | | | | | Tiempo: 1h 7m | 57 min | 75 | | | | |
| Fecha | : 01 de junio de 2019 | | | | | Caudal: 4.4 lps | | 4.55 | | | | |
| **Dato No.01** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Caudal (lps) | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | | | | | |
| Hora | 1h 39m | 1h 56m | 2h 12m | 2h 14m | 2h 27m | 2h 47m | 2h 52m | | | | | |
| Tiempo acumul. (mín) | 0 | 17 | 33 | 35 | 48 | 68 | 78 | Volumen tanque lleno | | | | |
| Tiempo (mín) | 0 | 17 | | | | | | | | | | |
| Altura nivel agua (m) | 27.57 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | 28.8 | Terminó bombeo | | | | |
| Recuperación del pozo | | | | | | | | | | | | |
| **Dato No.02** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Caudal (lps) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| Hora | 2h 52m | 2h 54m | 3h 02m | 3h 05m | 3h 08m | 3h 15m | | | | | | |
| Tiempo acumul. (mín) | 0 | 2 | 10 | 12 | 15 | 22 | | | | | | |
| Altura del nivel de agua (m) | 28.8 | 28.07 | 27.87 | 27.82 | 27.78 | 27.6 | | | | | | |
| **Dato No.03** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Caudal (lps) | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | |
| Hora | 3h 25m | 4h 25m | 5h 25m | 6h 25m | 7h 25m | 8h 25m | 9h 25m | 10h 25m | 11h 25m | 12h 25m | 1h 25m | |
| Tiempo acumul. (mín) | 0 | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 | Terminó bombeo |
| Altura del nivel de agua (m) | 25.57 | 28.8 | 28.8 | 28.79 | 28.8 | 28.79 | 28.8 | 28.83 | 28.81 | 28.8 | 28.83 | |
| Recuperación del pozo | | | | | | | | | | | | |
| **Dato No.04** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Caudal (lps) | 0 | 0 | | | | | | | | | | |
| Hora | 1h 25m | 1h 27m | | | | | | | | | | |
| Tiempo acumul. (mín) | 0 | 2 | | | | | | | | | | |
| Altura del nivel de agua (m) | 28.83 | 28.08 | | | | | | | | | | |
| Observaciones: | | | | | | | | | | | | |

Nota. Son los resultados de los trabajos de campo registrados en las hojas de campo.

En lo referente a la calidad del agua del pozo, del análisis físico-químico, de acuerdo al diagrama de Schoeller se sabe que se trata de aguas bicarbonatadas cálcicas, con alta conductividad eléctrica (778 µS/cm), son aguas duras siendo su dureza total de 357.25 ppm y un pH 7.3 prácticamente neutras.

Se ha verificado el análisis físico-químico y bacteriológico realizado en un laboratorio acreditado de ENVIROLAB PERU SAC, y de acuerdo a los resultados el agua del pozo requiere un tratamiento previo para el consumo humano.

3.1.2.3 Evaluación del impacto ambiental

Los estudios de impacto ambiental ponen énfasis en los aspectos sociales y ambientales para contribuir a la sostenibilidad de los sistemas de agua potable.

La metodología aplicada integro los aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales, con el fin de obtener los mejores resultados al momento de identificar los impactos negativos significativos que ocasiona la ejecución de las obras en el medio natural y en el medio antropogénico.

Por eso, los objetivos fueron incorporar la variable ambiental en todos los aspectos y/o etapas de la ejecución, operación y funcionamiento del sistema de agua potable, así como identificar y controlar los impactos ambientales negativos que se producen de todas maneras por las actividades humanas.

A continuación, presentamos la hoja de resultados de la aplicación de la metodología descriptiva, donde se puede observar las acciones que se realizaron para la viabilidad de las obras y que todavía se aplican por el funcionamiento y la realidad de la zona.

Tabla VII. Evaluación para el diagnóstico ambiental

**Formato para el Diagnóstico Ambiental**

Con la información obtenida mediante el cuestionario precedente se formula el Diagnóstico Ambiental. Este documento servirá como Línea Base para la evaluación ambiental del proyecto y además permitirá determinar su viabilidad ambiental.

Diagnóstico Ambiental:

d) En cuanto al medio ambiente existe la contaminación por el polvo, las calles no están pavimentadas
e) El clima es propio de la costa
f) El suelo no presenta procesos de erosión, no hay antecedentes de deslizamientos, derrumbes ni huaycos
g) El agua no presenta evidencias de contaminación, debe ser tratada antes de ser consumida
h) Los paisajes son naturales y no se encuentran intervenidos ni deteriorados
i) el medio acuático existente no presenta evidencias de contaminación
j) No hay flora ni fauna, por ser un Asentamiento Humano en zona Rural Urbana
k) En cuanto al medio socio económico, el ordenamiento territorial es típico de los pueblos de la costa, regidos por la Ordenanza Municipal
l) El Saneamiento es deficiente y existe una buena organización de la población para gestionar el manejo y operación de los servicios.

Viabilidad Ambiental:

Del análisis realizado se puede concluir que el proyecto en cuanto al aspecto ambiental es:

a. Viable sin acciones de adaptación ( )
b. Viable con acciones de adaptación ( x )
c. No viable ( )

Acciones para lograr la viabilidad ambiental del proyecto (sólo para el caso b)

1. Tanque provisional de agua y riego permanente
2. Limpieza de terreno y retiro de residuos orgánicos
3. Limpieza permanente de obra
4. Limpieza final de obra
5. Proveer de implementos de seguridad

Nota. Son los resultados de los trabajos de campo registrados en las hojas de campo.

## 3.2 Los sistemas de abastecimiento de agua potable

"Las obras de agua potable no se diseñan para satisfacer solo una necesidad del momento actual, sino que deben prever el crecimiento de la población en un periodo de tiempo prudencial que varía entre 10 y 40 años; siendo necesario estimar cual será la población futura al final de este periodo. Con la población futura se determina la demanda de agua para el final del periodo de diseño.

La dotación o la demanda per cápita, es la cantidad de agua que requiere cada persona de la población, expresada en litros/habitante/ día. Conocida la dotación, es necesario estimar el consumo promedio diario anual, el consumo máximo diario y el consumo máximo horario.

El consumo promedio diario anual servirá para el cálculo del volumen del reservorio de almacenamiento y para estimar el consumo máximo diario y horario.

El valor del consumo máximo diario es utilizado para el cálculo hidráulico de la línea de conducción; mientras que el consumo máximo horario, es utilizado para el cálculo hidráulico de la línea de aducción y red de distribución".

### 3.2.1 Partes de un sistema de agua potable periurbano o rural

En el caso de un sistema de abastecimiento de agua por gravedad sin planta de tratamiento, se identifican los siguientes componentes típicos:

Cámara de captación: Construida en un manantial ubicado en la parte alta del centro poblado, con dimensiones mínimas y de construcción sencilla para proteger adecuadamente el agua contra la contaminación causa-da por la presencia de agentes externos.

Línea de conducción: Transporta el agua desde la cámara de captación hasta el reservorio de almacenamiento.

Reservorio de almacenamiento: Permitirá satisfacer las máximas demandas de consumo de agua de la población.

Línea de aducción: Transporta el agua desde el reservorio de almacenamiento hasta el inicio de la red de distribución.

Red de distribución: Transporta el agua a los diferentes sectores de la población mediante tuberías matrices y secundarias. CEPIS, 2005. [12]

### 3.2.2 Descripción del Sistema de abastecimiento de agua potable verificado

Los sistemas de abastecimiento de agua pueden ser directos e indirectos, lo sistemas indirectos cuentan con cisterna, cámara de bombeo y línea de impulsión luego de la línea de conducción a diferencia de los sistemas directos que no requieren estos componentes, ya que usan la gravedad desde un punto superior a un punto inferior.

En el caso del AA. HH. Cerro Candela, se puede considerar un sistema indirecto, pues la fuente de abastecimiento es el agua subterránea como se mencionó anteriormente., en esa medida se verifico la siguiente información:

### 3.2.3 Obras de captación

Se cuenta con un pozo a tajo abierto, que se ubica políticamente, en el departamento de Lima, provincia de Cañete, distrito de Imperial. Y geográficamente se ubica en las siguientes coordenadas UTM: E 350 874 m; N 8 558 550 m (Datum WGS-84) Zona 18L.

Para llegar a la ubicación, el acceso principal es a través de la carretera panamericana Sur, en el km. 145, donde se ubica la ciudad de San Vicente de Cañete, luego hacia el este 4 km por la carretera de penetración a Quilmaná llegando hasta Imperial. Para llegar a la zona de la captación, primeramente, se continua por esta carretera asfaltada hasta el AA-HH Cerro Candela y a unos 2 km doblando hacia la izquierda en la zona denominada San Benito.

Las características técnicas del pozo San Benito se presentaron en las verificaciones del Estudio de Fuentes, a continuación, presentamos las características de la electrobomba sumergible HIDROSTAL en uso:

Tabla VIII. Características de la electrobomba sumergible

| Modelo del equipo | S04SS-12-2,00-5004SR2T22D-7.50T |
|---|---|
| Datos de la bomba: | |
| • Líquido a bombear | Agua limpia |
| • Caudal (lps) | 3.3 |
| • Altura dinámica total (m) | 95 |
| • Velocidad (rpm) | 3430 |
| • Numero de Etapas | 12 |
| • Diámetro de descarga | 2” NPT |
| Datos del motor: | |
| • Tipo | Rebobinable |
| • Ø Exterior motor | 4” |
| • Velocidad (rpm) | 3430 |
| • Voltios (v)/ ciclos (Hz) | 220 / 60 |
| • Potencia (hp) | 7.5 HP |
| • Fases | 3 (TRIFASICA) |
| • Arranque | Estrella triangulo |
| • Flujo mínimo de operación (lps) | 0.20 |

### 3.2.4 Obras de Conducción

Comprende la red de impulsión partiendo de la tubería de fierro galvanizado de 4” de diámetro de la parte inferior al pozo, accesorios y bomba, ubicado en el sector San Benito, para luego dirigirse mediante una transición de F°G° a PVC hacia el AA. HH. Cerro Candela, mediante una tubería de P.V.C. Clase 10 de 4” de diámetro unión flexible, en una

longitud aproximada de 1,950 m, para llegar al Reservorio. Durante su recorrido la tubería de conducción cruza la pavimentación existente en dos tramos indicado en los planos adjuntos.

Fig.5 Vista de las viviendas del A.H. Cerro Candela

### 3.2.5 Obras de Almacenamiento

Fig.6 Vista de los reservorios que usa el sistema

Comprende dos reservorios de concreto armado de 7.00 m de diámetro interior, con paredes de 0.15 de espesor y una altura efectiva de agua de 3.30mts, con todas sus instalaciones de salida a la línea de aducción y rebose. Debido al análisis bacteriológico donde el agua presenta un grado mínimo de contaminación, cuenta con la instalación de un sistema de cloración ubicado en la caseta de bombeo. Además, cuenta con una caseta de válvulas de 2.00 m x 2.0 m, consistente en muros y losa de concreto armado, tarrajeados y pintados con tapa sanitaria metálica para protección de las instalaciones electromecánicas

Por otro lado, existe un sistema de desagüe del reservorio que comprende una tubería de desagüe hacia un canal de riego ubicada en la parte baja del AA.HH., que parte de caseta de válvulas con tubería de 4”, hacia una primera buzoneta, para luego continuar con tubería

PVC 160 mm ISO 4435. Tiene una longitud aproximada de 10.0 ml de tubería de 4" y 351.0 ml de tubería de 160 mm y 07 buzonetas de concreto simple de 1.2 m de diámetro y una altura de 0.8 m.

3.2.6 Obras de Distribución

Comprende las tuberías de la línea de aducción y redes de distribución. La tubería de aducción es de 2" de diámetro P.V.C. Clase 10 y las redes de distribución recorren todo el Asentamiento Humano cubriendo el 100% de las viviendas actuales, las líneas son de P.V.C. Clase 10 y están enterradas a una profundidad mínima de 0.8m. Tiene una longitud aproximada de 1,473 ml de tubería de 63mm (2") y 2900.0 ml de tubería de 50 mm (1 ½"), con sus respectivos accesorios y válvulas de control y purga. Además, cuentan con conexiones domiciliarias desde la red pública mediante una caja de concreto, tubería de PVC de ½" con sus respectivos accesorios y medidor, así como su tapa termoplástica.

## 3.3 Análisis de los parámetros hidráulicos de diseño

Según la "Guía para el diseño de redes de distribución" de CEPIS [12]

Para el diseño de redes de distribución se deben considerar los siguientes criterios:

1. La red de distribución se deberá diseñar para el caudal máximo horario.
2. Identificar las zonas a servir y de expansión de la población.
3. Realizar el levantamiento topográfico incluyendo detalles sobre la ubicación de construcciones domiciliarias, públicas, comerciales e industriales; así también anchos de vías, áreas de equipamiento y áreas de inestabilidad geológica y otros peligros potenciales.
4. Considerar el tipo de terreno y las características de la capa de rodadura en calles y en vías de acceso
5. Para el análisis hidráulico del sistema de distribución se podrá utilizar el método de Hardy Cross, seccionamiento o cualquier otro método racional.
6. Para el cálculo hidráulico de las tuberías se utilizará fórmulas racionales. En el caso de aplicarse la fórmula de Hazzen-William se utilizarán los coeficientes de fricción establecidos a continuación: Fierro galvanizado 100 PVC 140.
7. El diámetro a utilizarse será aquel que asegure el caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red. Los diámetros nominales mínimos serán: 25mm en redes principales, 20mm en ramales y 15mm en conexiones domiciliarias.
8. En todos los casos las tuberías de agua potable deben ir por encima del alcantarillado de aguas negras a una distancia de 1,00 m horizontalmente y 0,30 m verticalmente. No se permite por ningún motivo el contacto de las tuberías de agua potable con líneas de gas, poliductos, teléfonos, cables u otras.

9. En cuanto a la presión del agua, debe ser suficiente para que el agua pueda llegar a todas las viviendas más alejadas. La presión máxima será aquella que no origine consumos excesivos por parte de los usuarios y no produzca daños a los componentes del sistema, por lo que la presión dinámica en cualquier punto de la red no será menor de 5m y la presión estática no será mayor de 50m.
10. La velocidad mínima en ningún caso será menor de 0,3 m/s y deberá garantizar la auto limpieza del sistema. En general se recomienda un rango de velocidad de 0,5 – 1,00 m/s. La velocidad máxima en la red de distribución no excederá los 2 m/s.
11. A fin de que no se produzcan pérdidas de carga excesivas, puede aplicarse la fórmula de Mougnie para la determinación de las velocidades ideales para cada diámetro. Dicha fórmula aplicable a presiones a la red de distribución de 20 a 50mca está dada por:

$$V = 1.5 * (D+0.05)^{0.5}$$

Dónde: V = Velocidad (m/s)

D = Diámetro de la tubería (m)

12. El número de válvulas será el mínimo que permita una adecuada sectorización y garantice el buen funcionamiento de la red. Las válvulas permitirán realizar las maniobras de reparación del sistema de distribución de agua sin perjudicar el normal funcionamiento de otros sectores.

### 3.3.1 Determinación del número de habitantes

El AA. HH Cerro la Candela 478 lotes, si multiplicamos por la densidad poblacional se obtiene un total de 2,302 habitantes.

Por lo tanto, luego de haber hecho el estudio y análisis correspondiente al periodo de diseño, asumen para el presente proyecto un periodo de diseño de 20 años.

Tabla IX. Población proyectada a 20 años

| | |
|---|---|
| Año actual 2022 | 2,302 hab |
| Período de diseño | 20 años |
| Año 2042 | 2,620 hab |

La Población de Diseño:

El crecimiento vegetativo de la población, está dado por la diferencia entre la cantidad de nacimientos y las defunciones, más las migraciones. El método analítico supone que el crecimiento poblacional va a seguir una curva determinada. El método aritmético nos indica que el crecimiento de una población es aritmético si el aumento de la población ΔP

en el intervalo de tiempo ΔT es invariante (constante) e independiente del tamaño de la población, es decir:

$$\Delta P / \Delta T = \text{constante}$$

Integrando tenemos:

$$P = Po + r\,(t - to), \text{ o también}$$

$$Pf = Po\,(1 + R^{*}\, t\,/100)$$

Donde:

Pf = Población a calcular

Po = Población inicial

R = razón de crecimiento

T = periodo de diseño.

Tomando un valor de:

$$R = 0.69$$

T un periodo de diseño de 20 años.

Población actual de 2123 habitantes, tenemos:

$$P_{2042} = 2302\,(1 + 0.69 * 20 / 100)$$

$$P_{2042} = 2{,}620 \text{ habitantes.}$$

Para las verificaciones de la red de distribución se consideró.

$$P_{2042} = 2{,}700 \text{ habitantes.}$$

### 3.3.2 Estimación del área de cobertura

Para la estimación de la cubertura, esta se realizó de acuerdo al número de lotes dentro del área de influencia de los tramos de la tubería, los cuales quedaron definidos de acuerdo a las calles del asentamiento humano y esto se muestra en el plano de lotización adjunto de las redes de la modelación presentado en los anexos.

### 3.3.3 Estudio de consumos

Según la Norma OS.100 del Reglamento nacional de Edificaciones: Para los efectos de variaciones de consumo se considerarán las siguientes relaciones con respecto al promedio anual de la demanda.

a) Máximo anual de la demanda diaria : 1.3
b) Máximo anual de la demanda horaria : 1.8 a 2.5

De acuerdo a las verificaciones se tomaron los siguientes valores:

Máximo Diario : K1 = 1.3

Máximo Horario : K2 = 2.0

### 3.3.4 Determinación de la dotación de diseño

De acuerdo a las características de la zona y a las visitas de campo realizadas, para las verificaciones en la presente investigación, se tomará como dotación: 120 lt/hab./día

A continuación, presentamos la hoja de cálculo de las verificaciones realizadas para la población y los caudales de diseño:

Tabla X. Cálculo de caudales de diseño

| **Verificación de cálculos** | | |
|---|---|---|
| Localidad | : A.H. Cerro Candela | |
| Distrito | : Imperial | |
| Provincia | : Cañete | |
| Departamento | : Lima | |
| **1. Población de diseño:** | | |
| Número de viviendas | 478 | viviendas |
| Densidad de vivienda | 4.82 | hab/vivienda |
| población actual (Po) | 2302 | hab |
| Tasa de crecimiento ® | 0.69 | % (tasa crecim. Pob. Censo 2007-2017) |
| Período de diseño (t) | 20 | años |
| **Población de Diseño (Pd)** | 2620 | hab |

*Pd =Po x (1+rxt)*

| **2. Caudales de diseño:** | | |
|---|---|---|
| Asumimos para la verificación: | | |
| Población de Diseño (Pd) | 2700 | hab |
| Dotación (Dot) | 120 | lt/hab/día |
| Coef. Variación máx. diaria (k1) | 1.3 | |
| Coef. Variación máx. horaria (k2) | 2 | |
| **Caudal promedio (Qp) =** | **3.75** | lps |

$$Qp = \frac{Pd \times Dot}{86{,}400}$$

| | | |
|---|---|---|
| **Caudal máx. diario (Qmd) =** | 4.88 | lps |

*Qmd = k1 x Qp*

| | | |
|---|---|---|
| **Caudal máx. horario (Qmh) =** | 7.5 | lps |

*Qmh = k2 x Qp*

**Caudal de contribución al alcantarillado (Qds)=**

| | | |
|---|---|---|
| | 6.00 | lps |

*Qds = Qmh x 0.8*

### 3.3.5 Criterios para la evaluación de la red de distribución

Se denomina red de distribución al conjunto de tuberías que conducen el agua a los puntos de consumo, a ellas se conectan las tuberías de servicio local a los predios, conformando la malla del sistema de distribución.

El Reglamento Nacional de Construcciones estipula que "la Línea de Alimentación, Estarán constituidos por las tuberías que van de la fuente, del reservorio o de la planta de tratamiento a la zona de servicio.

Las Tuberías Troncales, conforman la red principal de distribución, debiendo en lo posible formar circuitos cerrados y las Tuberías de servicio, son las tuberías que están conectadas a las troncales y dan servicio local a los predios, conformando la malla del sistema de distribución. El diámetro mínimo de tubería de servicio será de 22.9 mm. (∅ 3/4")".

Para él calculo hidráulico del sistema de distribución de recomienda emplear la fórmula de Hazzen y Williams, con los siguientes coeficientes (C):

| | |
|---|---|
| Fierro Fundido | 100√pie/s |
| Concreto | 110√pie/s |
| Acero | 120√pie/s |
| Asbesto cemento y plástico PVC. | 140√pie/s |

En los sistemas de circuitos se deberá presentar cálculos de verificación por el procedimiento de Hardy Cross o similares. Las presiones máximas y mínimas en la red de distribución serán de 50 m., y 15 m. de columna de agua respectivamente. En localidades urbanas pequeñas, podrá admitirse una presión mínima de 10 m. de columna de agua en casos debidamente justificados. Las velocidades de flujo, la velocidad máxima depende del tipo de material de la tubería, pero es preferible que la velocidad del agua en la red principal de distribución no sea muy alta, pues puede dar oportunidad de producir golpes de ariete al cierre brusco de las válvulas, causando deterioro en los accesorios. Para el trazado de la red de distribución se ha tomado en cuenta el plano topográfico del AA. HH Cerro La Candela y está conformado por circuitos cerrados y ramales, tal como se muestra en el plano de Redes de Distribución.

Para el cálculo de los consumos en la red de distribución hay 2 criterios a tomar en cuenta:

a. Mediante áreas de influencia; se trata de determinar el caudal de diseño para toda la zona a proyectar y las áreas de influencia, a fin de determinar el gasto de salida en cada nudo. Y de esta área de influencia se identifican el número de lotes.
b. Dividir proporcionalmente el caudal de diseño al total de longitudes de tubería y determinar así el gasto máximo de salida en cada nudo.

Para las verificaciones se ha optado por aplicar el primer criterio, por tanto, de acuerdo al R.N.C. la red de distribución se diseña para el mayor de los siguientes valores:

I) Caudal máximo anual diario más el incendio.

II) Caudal máximo anual horario.

Sabemos que:

Q máx. Diario = 4.88 lt/seg.

Q máx. Horario = 7.50 lt/seg.

Q incendio = No se considera

Por lo tanto, consideraremos como caudal de diseño:

**Q máx. horario = 7.50 lt/seg**.

## 3.4 Modelización hidráulica de las redes de distribución

El Software hace uso de terminologías de Ingeniería para su desarrollo, tales como:

a) Pipe (Tuberías):

El programa usa la terminología de Pipe, por su escritura en inglés, y se define como el conducto que transporta el fluido. Dentro de las características que debemos de añadir están el material de la tubería, diámetro, coeficiente de rugosidad y Longitud.

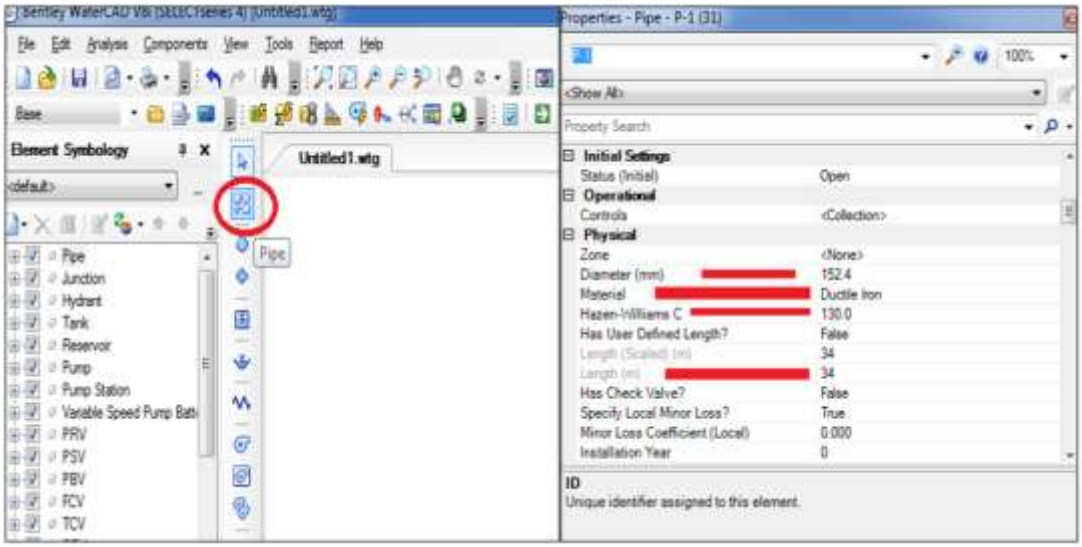



Fig.7 Menu para asignar diámetros de tuberias y otras caracteristicas principales.

Junction (Nodos):

Se define como el punto de entrada y salida de caudales, para su correcto modelamiento, se deben ingresar características topográficas como posicionamiento y elevación (Coordenadas UTM WSG84).

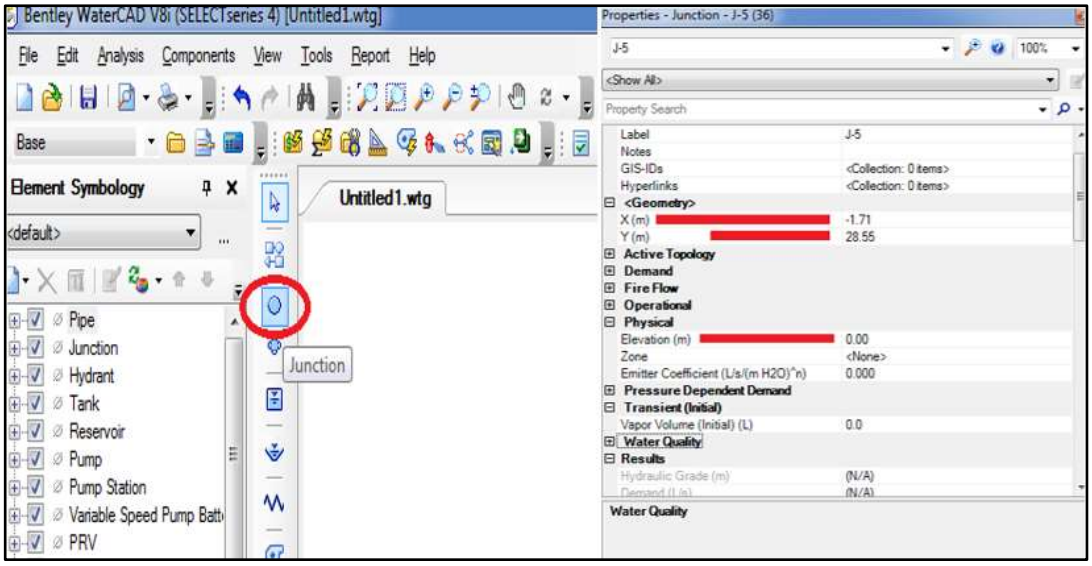



Fig.8 Menu para el ingreso de valores de posicionamiento de los nudos

c) Tank (Tanque):

Estructuras de almacenamiento y regulación de demandas. Es necesario alimentar de información al modelo tal como, capacidad del tanque, geometría, niveles de operación, elevación de la base, entre otros.

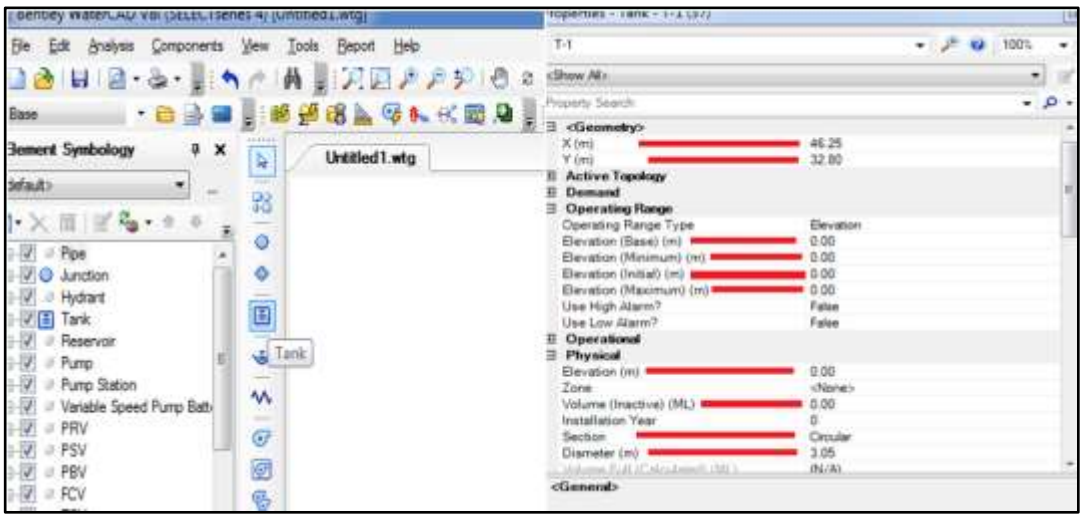



Fig.9 Menu para ingresar datos del tanque de almacenamiento para el modelo

d) Pressure Reducer Valve (PRV):

Elemento híbrido que reduce la presión de salida a una predeterminada. Es necesario alimentar al sistema de datos característicos como la cota de la válvula, el diámetro, tipo de válvula, estado inicial, presión predeterminada y coordenadas geográficas.

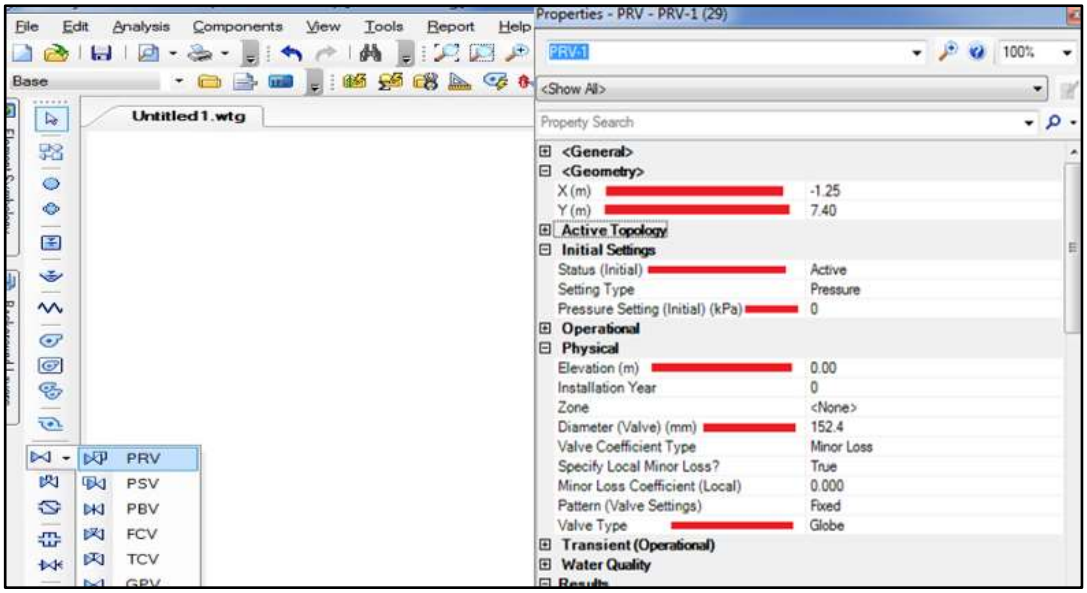



Fig.10 Menú desplegable para ingresar datos de las válvulas.

d) Herramientas de Cálculo Complementario

TRex Terrain Extractor:

La obtención de datos de entrada de elevación en los nodos para un modelo de distribución de agua puede ser un proceso muy tedioso y que consume mucho tiempo. En algunos casos, los datos de elevación muy precisos pueden ser críticos para la utilidad del modelo; en otros casos pueden representar un gasto de recursos significativos. Para decidir el nivel apropiado de calidad de los datos de elevación que se deben recoger, es importante entender cómo un modelo utiliza estos datos. Los datos de elevación de los nodos no se usan directamente en la resolución de las ecuaciones de red en modelos hidráulicos, sin embargo, los modelos resuelven para la línea de gradiente hidráulico, una vez calculado éste se completa esencialmente el proceso de solución numérica, las elevaciones se utilizan para determinar la presión usando la siguiente relación:

$$P = (HGL - z)\rho g$$

Donde:

P = Presión (m.c.a)

HGL = Gradiente Hidráulica (m)

z = Elevación (m)

$\rho$ = Densidad del agua (kg/m$^3$)

g = Aceleración de la Gravedad (m/s$^2$)

El TRex Terrain Extractor ha sido diseñado para agilizar el proceso de asignación de elevación, tomando automáticamente las elevaciones características del modelo de acuerdo con los datos de elevación almacenados en Modelos de Elevación Digital. Ésta herramienta puede asignar elevaciones rápidamente y fácilmente a cualquiera o todos los

nodos del modelo de distribución de agua. Todo lo que se requiere es un modelo de elevación válido. La entrada de datos para TRex consiste en:

- Especificar la capa en formato GIS o CAD que contiene el Modelo de Elevación Digital, del cual se extraerán los datos de elevación.
- Se especifica la unidad de medida asociada con el Modelo de Elevación Digital (metros, pies, etc.)
- Seleccionar las características del modelo a las que se deben aplicar las elevaciones, se puede elegir todas las características del modelo o un conjunto de selección de características.

Model Builder

Para el modelamiento de Redes de Abastecimiento de Agua Potable, es necesario en primer lugar, construir el modelo en base a nodos, tuberías y elementos híbridos. Existen hasta 3 métodos para realizar éste primer paso:

- Método Manual: Consiste en graficar uno a uno elementos para el modelo, asignando luego longitudes de tuberías, diámetros, y tipo de tuberías.
- Método Back Ground Layers: Consiste en crear modelos a partir de una plantilla existente, ya sea a modo de imagen digital (Google Earth), modelo de fondo (Archivo CAD, Shape File), la dificultad está en que de todos modos se debe de alimentar de datos a las tuberías de manera manual, como longitudes, diámetros, tipo de tuberías.
- Método ModelBuilder: Consiste en crear el modelo a partir de modelos previamente establecidos, la ventaja es que ya no es necesario configurar manualmente las dimensiones de tuberías, ni diámetros ni material, ya que será tomado automáticamente del archivo predeterminado que tengamos.

Ésta potente herramienta permite usar un archivo GIS existente para construir un nuevo modelo WaterCad o actualizar un modelo existente. ModelBuilder soporta una amplia variedad de formato de datos, desde base de datos simple (Access y DBase), hojas de cálculo (Excel), datos GIS (Shape Files), hasta almacenes de datos de gama alta (Oracle y SQL Server).

El uso de ModelBuilder, asigna las tablas y los campos que aparecen en la fuente de datos para los tipos de elementos y atributos en el modelo WaterCad.

Darwin Designer:

Esta herramienta nos permite diseñar tuberías para un proyecto nuevo o rehabilitación de tuberías para un proyecto existente. El cálculo se basa en algoritmos genéticos de selección que nos evita intentos manuales para encontrar el más beneficioso diseño. Las

soluciones y costos calculados usando el Darwin Designer pueden ser exportados a cualquier escenario.

Este módulo integrado a WaterCad nos permite diseñar nuestro modelo desde el punto de vista económico e hidráulico (Se minimizan costos y se maximizan beneficios).

Nos permite, además, realizar un diseño total ya que crea distintos escenarios con múltiples eventos (Eventos de Incendio, Cortes de Servicio, etc.)

Finalmente, permite realizar restricciones parciales para que el diseño cumpla con parámetros de velocidad, presiones y por ende flujo en el sistema.

### 3.4.1 Construcción del modelo hidráulico

Para el cálculo automatizado se ha introducido las curvas de nivel resultantes del levantamiento topográfico del área de estudio, con lo cual se le asigna una cota topográfica en cada nodo en base a la interpolación de las curvas que la circundan. De otro lado, se introduce de manera manual las cotas del reservorio tal como la altura del agua y sus dimensiones físicas (volumen, altura).

### 3.4.2 Sectorización

De acuerdo a los planos topográficos y las limitaciones físicas del terreno, se ha determinado que el área para la población en estudio es de 15.94 ha.

Siendo la dotación requerida para ese año de 7.5 lt/seg., el coeficiente de distribución por hectárea será:

$$Ç = 7.5 / 15.94 = 0.4705 \text{ Lps / Ha}$$

En base al esquema de la red de distribución conformada por nudos y circuitos, se procede a determinar las áreas de influencia de cada nudo. Se ha utilizado el método de la mediatriz, que consiste en trazar la mediatriz de cada uno de los tramos de la red, teniendo cada una de los nudos un área de influencia. El área de influencia se determinará con un Planímetro. El caudal de servicio estará ubicado en cada uno de los nudos.

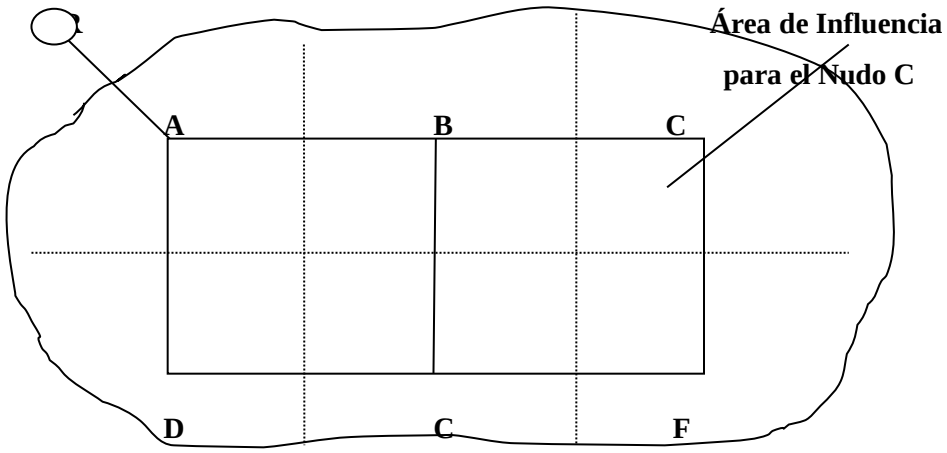



Fig.11 Áreas de influencia para cada nudo de la red

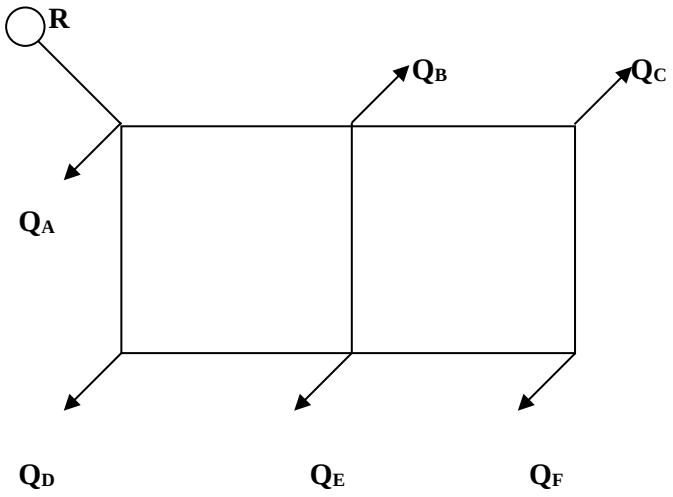



Fig.12 Caudales correspondientes a cada nudo de la red

La simulación de las presiones en los diferentes nudos se realizará con el WaterCad, cuyos resultados se muestran más adelante.

### 3.4.3 Procesamiento de los parámetros de diseño al modelo

Para el diseño final se tiene como restricciones principales las exigidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma OS-050, por lo cual la presión mínima en el nodo más desfavorable de la red es de 10 mca y la velocidad máxima no debe superar los 3 m/seg en ningún caso. En forma resumida se establecieron los siguientes pasos para la modelación con el software WaterCad:

1. Primeramente, se creó un nuevo modelo y se hizo la configuración del mismo, que consiste en definir el tipo de análisis a realizar, en este caso con la fórmula de Hazzen – Williams, el tipo de fluido y el tipo de tubería PVC, esto se realizó en el archivo Análisis y en el menú Calculation Option.

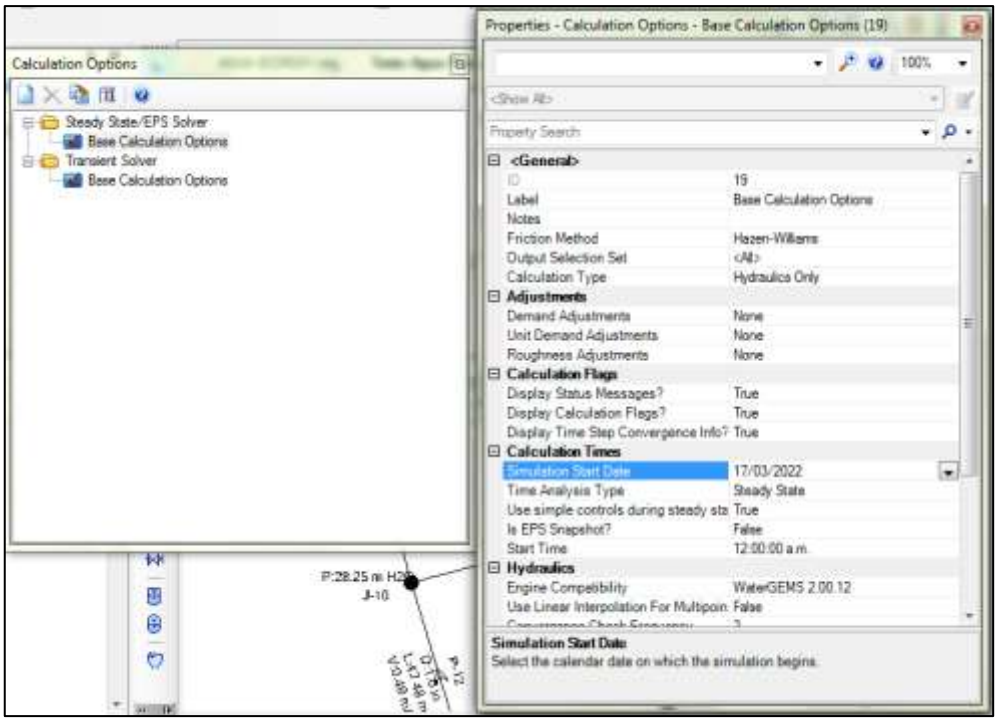



Fig.13 Menú para seleccionar el método hidráulico para el cálculo de la red.

2. Como siguiente paso, se realiza la construcción del modelo, es decir se dibuja en forma esquemática la red de tuberías en el archivo creado del programa, para lo cual nos apoyamos en los planos topográficos y de lotización en AutoCAD. En nuestro caso hemos elegido evaluar las redes principales, de las cuales saldrán después las redes secundarias y domiciliarias.

   Para realizar el dibujo se parte dibujando el Tanque (R-1) que es la fuente de abastecimiento de las redes de distribución, picando el icono respectivo, luego se dibujan los nudos (JUNCTION) y finalmente cada una de las tuberías (PIPE), teniendo cuidado en establecer una secuencia en la numeración y/o codificación. También se puede utilizar el menú desplegable EDIT y escoger la opción *Selet by Element* donde se encuentran cada uno de los elementos a dibujar.

A continuación, la red esquemática donde se ubica el reservorio y todas las redes de distribución del modelo:

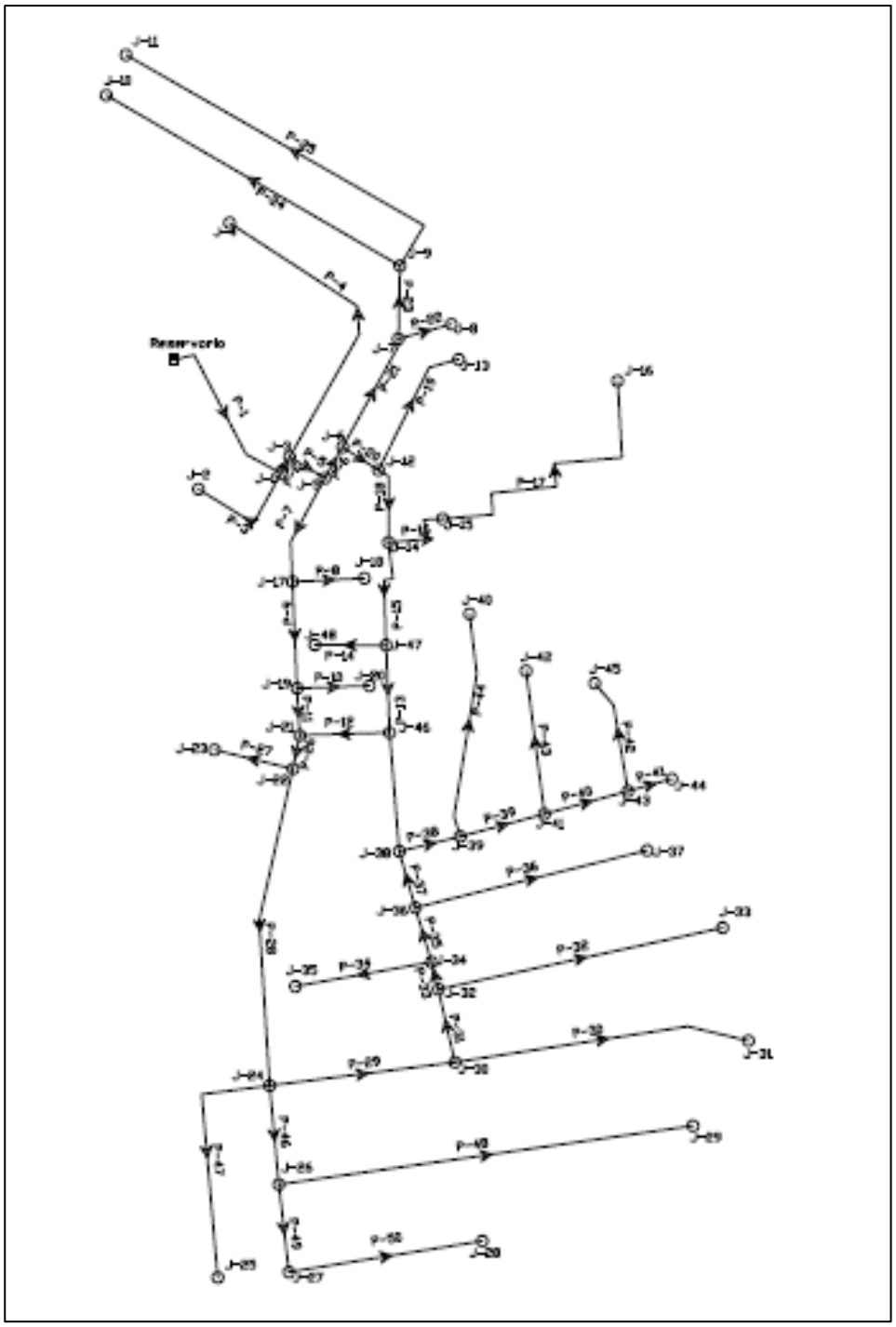



Fig.14 Esquema de la red y sus caracteristicas principales.

### 3.4.4 Asignación de las unidades hidráulicas del sistema

Como trabajo siguiente, utilizando el Método del área de influencia en cada nudo expresada por el número de lotes, se determinó los caudales en cada nudo de red de distribución, así mismo se establecieron las longitudes de cada uno de los tramos de las tuberías con mediciones en los planos del AutoCAD, también existe un método de lectura directo al WaterCad. Utilizando la siguiente relación ya explicada en párrafos anteriores:

Qu = (N° de lotes de área de influencia / N° total de lotes) * Qmh

N° total de lotes = 478 lotes

Qmh = 7.50 l/seg.

Con lo cual se obtuvieron los siguientes caudales:

Tabla XI. Caudales en cada nudo de la red (total 478 lotes)

| Nudo | No. Lotes proyecto | Demanda | Nudo | No. Lotes proyecto | Demanda | Nudo | No. Lotes proyecto | Demanda |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 0.063 | 17 | 11 | 0.173 | 33 | 12 | 0.188 |
| 2 | 4 | 0.063 | 18 | 3 | 0.047 | 34 | 12 | 0.188 |
| 3 | 15 | 0.235 | 19 | 6 | 0.094 | 35 | 9 | 0.141 |
| 4 | 13 | 0.204 | 20 | 3 | 0.047 | 36 | 10 | 0.157 |
| 5 | 0 | 0.000 | 21 | 11 | 0.173 | 37 | 11 | 0.173 |
| 6 | 11 | 0.173 | 22 | 11 | 0.173 | 38 | 1 | 0.016 |
| 7 | 12 | 0.188 | 23 | 4 | 0.063 | 39 | 5 | 0.078 |
| 8 | 2 | 0.031 | 24 | 27 | 0.424 | 40 | 12 | 0.188 |
| 9 | 34 | 0.533 | 25 | 8 | 0.126 | 41 | 10 | 0.157 |
| 10 | 16 | 0.251 | 26 | 26 | 0.408 | 42 | 7 | 0.110 |
| 11 | 19 | 0.298 | 27 | 8 | 0.126 | 43 | 3 | 0.047 |
| 12 | 10 | 0.157 | 28 | 4 | 0.063 | 44 | 4 | 0.063 |
| 13 | 3 | 0.047 | 29 | 15 | 0.235 | 45 | 2 | 0.031 |
| 14 | 5 | 0.078 | 30 | 25 | 0.392 | 46 | 13 | 0.204 |
| 15 | 9 | 0.141 | 31 | 11 | 0.173 | 47 | 9 | 0.141 |
| 16 | 13 | 0.204 | 32 | 12 | 0.188 | 48 | 3 | 0.047 |
| | | | | | | | 478 | 7.50 |

También se verificaron las cotas en m.s.n.m. de cada uno de los nudos, esto utilizando el plano topográfico en AutoCAD, que también se puede obtener en forma directa.

### 3.4.5 Simulación del modelo con caudales de diseño y actuales

A continuación, se ingresaron todos esos datos, primero los caudales utilizando la opción TOOLS y el menú *Demand control Center*. Para los datos de cotas se utilizó la opción REPORT en el menú *Element Table* – JUNCTION y para ingresar las longitudes de las tuberías y los diámetros propuestos *Element table* – PIPE. Para ingresar al modelo los datos del tanque se realizó directamente en el icono del dibujo.

Finalmente se presiona el icono COMPUTE y el programa calcula los resultados. Para obtener los resultados finales se deben repetir varias modelaciones, haciendo variar los diámetros principalmente. Otras de las formas es resolver dinámicamente este problema,

mediante la optimización de los resultados, para que el programe nos otorgue una o más soluciones, en esta opción se deben conocer los costos de las tuberías y otros. Los resultados de la verificación de los cálculos con el software WaterCad para el sistema analizado son los siguientes:

Tabla XII. Resultados generales del modelamiento de las redes de agua potable

| Ítem | Descr. | Long. (m) | Nudo de inicio | Nudo final | Diám. interior (mm) | Diám. exterior (mm) | Material de la tubería | Hazzen-Williams C | Caudal (lps) | Veloc. (m/s) | Pend. (m/km) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | P-12 | 75 | J-21 | J-46 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | -1.539 | 0.57 | 6.270 |
| 2 | P-6 | 15.53 | J-6 | J-5 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | -4.032 | 1.51 | 37.329 |
| 3 | P-29 | 119.6 | J-24 | J-30 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 2.29 | 0.85 | 13.096 |
| 4 | P-24 | 307.22 | J-9 | J-10 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.251 | 0.18 | 1.062 |
| 5 | P-45 | 56.14 | J-38 | J-46 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | (N/A) | (N/A) | (N/A) |
| 6 | P-25 | 321.06 | J-9 | J-11 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.298 | 0.21 | 1.460 |
| 7 | P-16 | 25.55 | J-14 | J-15 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.345 | 0.25 | 1.915 |
| 8 | P-17 | 260.81 | J-15 | J-16 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.204 | 0.15 | 0.723 |
| 9 | P-38 | 23.34 | J-38 | J-39 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.674 | 0.48 | 6.617 |
| 10 | P-39 | 49.81 | J-39 | J-41 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.408 | 0.29 | 2.612 |
| 11 | P-40 | 35.77 | J-41 | J-43 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.141 | 0.10 | 0.365 |
| 12 | P-2 | 5.07 | J-1 | J-3 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 7.392 | 2.76 | 114.729 |
| 13 | P-5 | 27.28 | J-3 | J-5 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 6.935 | 2.59 | 101.937 |
| 14 | P-4 | 73.17 | J-1 | J-2 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.063 | 0.05 | 0.082 |
| 15 | P-4 | 267.62 | J-3 | J-4 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.204 | 0.15 | 0.724 |
| 16 | P-21 | 86.8 | J-6 | J-7 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 1.301 | 0.93 | 22.370 |
| 17 | P-23 | 71.98 | J-7 | J-9 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 1.082 | 0.77 | 15.900 |
| 18 | P-22 | 34.52 | J-7 | J-8 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.031 | 0.02 | 0.022 |
| 19 | P-18 | 40.67 | J-14 | J-12 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | -2.354 | 0.88 | 13.777 |
| 20 | P-20 | 39.55 | J-12 | J-6 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | -2.558 | 0.95 | 16.070 |
| 21 | P-19 | 94.63 | J-12 | J-13 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.047 | 0.03 | 0.048 |
| 22 | P-17 | 79.72 | J-5 | J-17 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 2.903 | 1.08 | 20.325 |
| 23 | P-8 | 69.32 | J-17 | J-18 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.047 | 0.03 | 0.048 |
| 24 | P-9 | 77.4 | J-17 | J-19 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 2.683 | 1.00 | 17.565 |
| 25 | P-11 | 33.49 | J-19 | J-21 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 2.542 | 0.95 | 15.895 |
| 26 | P-10 | 70.25 | J-19 | J-20 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.047 | 0.03 | 0.048 |
| 27 | P-13 | 65.24 | J-46 | J-47 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | -1.743 | 0.65 | 7.986 |
| 28 | P-15 | 78.71 | J-47 | J-14 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | -1.931 | 0.72 | 9.545 |
| 29 | P-14 | 56.81 | J-47 | J-48 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.047 | 0.03 | 0.048 |
| 30 | P-26 | 10.28 | J-21 | J-22 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 3.908 | 1.46 | 35.238 |
| 31 | P-28 | 212.38 | J-22 | J-24 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 3.672 | 1.37 | 31.399 |
| 32 | P-27 | 66.01 | J-22 | J-23 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.063 | 0.05 | 0.082 |
| 33 | P-47 | 134.89 | J-24 | J-25 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 0.126 | 0.05 | 0.061 |
| 34 | P-50 | 86.83 | J-27 | J-28 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.063 | 0.05 | 0.082 |
| 35 | P-46 | 48.42 | J-24 | J-26 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 0.832 | 0.31 | 2.008 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 36 | P-49 | 48.35 | J-26 | J-27 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.189 | 0.14 | 0.628 |
| 37 | P-48 | 173.49 | J-26 | J-29 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.235 | 0.17 | 0.94 |
| 38 | P-30 | 115.54 | J-30 | J-31 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.173 | 0.12 | 0.533 |
| 39 | P-31 | 56.18 | J-30 | J-32 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 1.725 | 0.64 | 7.749 |
| 40 | P-33 | 6.05 | J-32 | J-34 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 1.349 | 0.5 | 4.915 |
| 41 | P-32 | 126.12 | J-32 | J-33 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.188 | 0.13 | 0.622 |
| 42 | P-34 | 100.97 | J-34 | J-35 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 0.141 | 0.05 | 0.075 |
| 43 | P-35 | 41.34 | J-34 | J-36 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 1.020 | 0.38 | 2.928 |
| 44 | P-37 | 45.29 | J-36 | J-38 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 0.690 | 0.26 | 1.420 |
| 45 | P-36 | 130.61 | J-36 | J-37 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.173 | 0.12 | 0.533 |
| 46 | P-44 | 138.88 | J-39 | J-40 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.188 | 0.13 | 0.622 |
| 47 | P-43 | 76.51 | J-41 | J-42 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.110 | 0.08 | 0.231 |
| 48 | P-41 | 18.89 | J-43 | J-44 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.063 | 0.05 | 0.082 |
| 49 | P-42 | 60.86 | J-43 | J-45 | 42.2 | 38.10 | PVC | 150 | 0.031 | 0.02 | 0.022 |
| 50 | P-1 | 103.23 | Reserv. | J-1 | 58.4 | 63.00 | PVC | 150 | 7.518 | 2.81 | 118.375 |

De la revisión de los resultados presentados en el cuadro anterior, podemos comentar los siguiente:

a) Los diámetros que garantizan el óptimo funcionamiento de la red son de 63mm y de 1.5pulgadas, los cuales deben soportar presiones mínimas de 50 m.c.a.

b) El material a usar serán tuberías de P.V. C. en todas las redes de distribución, es decir aducción y distribución, incluyendo las conexiones domiciliarias y accesorios.

c) Las velocidades en todos los tramos no superan la velocidad mínima del reglamento, pero esos tramos existen presiones suficientes para su funcionamiento.

Tabla XIII. Resultados del modelamiento de la red - demandas y presiones

| Ítem | Descripción | Elevación (m) | Demanda (lps) | Hydraulic grade (m) | Presión (m H2O) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | J-1 | 133.70 | 0.063 | 162.88 | 29 |
| 2 | J-5 | 126.30 | 0.000 | 159.52 | 33 |
| 3 | J-21 | 127.15 | 0.173 | 156.01 | 29 |
| 4 | J-46 | 119.50 | 0.204 | 156.48 | 37 |
| 5 | J-14 | 120.05 | 0.078 | 157.74 | 38 |
| 6 | J-6 | 127.50 | 0.173 | 158.94 | 31 |
| 7 | J-24 | 132.00 | 0.424 | 148.97 | 17 |
| 8 | J-30 | 124.50 | 0.392 | 147.41 | 23 |
| 9 | J-9 | 116.67 | 0.533 | 155.85 | 39 |
| 10 | J-10 | 125.00 | 0.251 | 155.53 | 30 |
| 11 | J-27 | 124.60 | 0.126 | 148.85 | 24 |
| 12 | J-38 | 122.05 | 0.016 | 146.76 | 25 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 13 | J-11 | 121.50 | 0.298 | 155.38 | 34 |
| 14 | J-15 | 120.05 | 0.141 | 157.67 | 38 |
| 15 | J-16 | 112.00 | 0.204 | 157.49 | 45 |
| 16 | J-39 | 118.90 | 0.078 | 146.60 | 28 |
| 17 | J-41 | 118.35 | 0.157 | 146.47 | 28 |
| 18 | J-43 | 117.50 | 0.047 | 146.46 | 29 |
| 19 | J-3 | 134.30 | 0.253 | 162.30 | 28 |
| 20 | J-2 | 148.00 | 0.063 | 162.87 | 15 |
| 21 | J-4 | 154.50 | 0.204 | 162.10 | 17 |
| 22 | J-7 | 121.60 | 0.188 | 157.00 | 35 |
| 23 | J-8 | 118.80 | 0.031 | 157.00 | 38 |
| 24 | J-12 | 123.90 | 0.157 | 158.30 | 34 |
| 25 | J-13 | 127.40 | 0.047 | 158.30 | 31 |
| 26 | J-17 | 127.30 | 0.173 | 157.90 | 31 |
| 27 | J-18 | 120.70 | 0.047 | 157.89 | 37 |
| 28 | J-19 | 125.25 | 0.094 | 156.54 | 31 |
| 29 | J-20 | 118.70 | 0.047 | 156.53 | 38 |
| 30 | J-47 | 117.40 | 0.141 | 156.99 | 40 |
| 31 | J-48 | 123.00 | 0.047 | 156.99 | 34 |
| 32 | J-22 | 129.75 | 0.173 | 155.64 | 26 |
| 33 | J-23 | 141.85 | 0.063 | 155.64 | 14 |
| 34 | J-25 | 139.00 | 0.126 | 148.97 | 10 |
| 35 | J-28 | 116.50 | 0.063 | 148.84 | 32 |
| 36 | J-26 | 125.10 | 0.408 | 148.88 | 24 |
| 37 | J-29 | 115.75 | 0.235 | 148.71 | 33 |
| 38 | J-31 | 112.10 | 0.173 | 147.35 | 35 |
| 39 | J-32 | 123.30 | 0.188 | 146.97 | 24 |
| 40 | J-34 | 123.30 | 0.188 | 146.94 | 24 |
| 41 | J-33 | 113.30 | 0.188 | 146.89 | 34 |
| 42 | J-35 | 131.80 | 0.141 | 146.94 | 15 |
| 43 | J-36 | 122.05 | 0.157 | 146.82 | 25 |
| 44 | J-37 | 115.60 | 0.173 | 146.75 | 31 |
| 45 | J-40 | 117.90 | 0.188 | 146.52 | 29 |
| 46 | J-42 | 118.30 | 0.110 | 146.46 | 28 |
| 47 | J-44 | 117.60 | 0.063 | 146.46 | 29 |
| 48 | J-45 | 118.20 | 0.031 | 146.46 | 28 |

# IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

## 4.1 Discusión

Luego de realizar las verificaciones hidráulicas, podemos observar los aportes y dificultades en los modelos hidráulicos, uno realizado mediante metodologías de diseño tradicional y otro mediante el software de diseño WaterCad en su versión V8i, en esa medida, podemos citar las ventajas:

- Se realizan los cálculos de una manera más rápida en comparación a cálculos tradicionales.
- Se puede modelar cualquier fluido newtoniano, no solamente agua.
- Se puede vincular con archivos procedentes de otras plataformas como el ArcGIS, AutoCAD, Excel, Access.
- Los resultados obtenidos se pueden obtener mediante tablas editables en formatos Excel.
- Se pueden realizar miles de iteraciones con escenarios distintos.
- Se busca entre el costo beneficio de la red de distribución, ya que incluye en la opción de optimización parámetros e información económica.

Aunque es muy ventajoso el uso del Software, se pueden encontrar ciertas incompatibilidades, cuyas soluciones quedan a criterio de cada diseñador y/o proyectista.

También podemos mencionar, que WaterCad basa su cálculo en el método del gradiente hidráulico, determinando presiones en diversos puntos del sistema, así como caudales, velocidades y pérdidas de carga en la red.

La metodología convencional, basa su cálculo en ecuaciones de Hazzen y Williams para sistemas abiertos y Hardy Cross para sistemas cerrados. Ambos basados en iteraciones sucesivas para llegar a un resultado esperado.

La necesidad de disminuir los tiempos de análisis en el computador fue un aspecto importante en la investigación, lo que se plasmó en programas de diseño con diferentes metodologías.

Es conocido que un software por sí solo no soluciona problemas de diseño, siempre necesitará de un profesional con criterios ingenieriles. El software es una herramienta de apoyo al ingeniero para tomar decisiones rápidas, permitiendo evaluar las condiciones externas que se presenten.

En esa medida queda demostrado que la aplicación del software WaterCad contribuye decididamente a la sostenibilidad de los recursos hídricos al elegir el escenario más óptimo.

## 4.2 Propuesta y alternativas técnicas

Podemos proponer las siguientes:

1. Se verifica el sobredimensionado de las tuberías, si se aplica las recomendaciones mínimas del RNC para redes de distribución públicas que establece 75mm (como se menciona en la Norma OS-050). El modelo nos confirma que para poblaciones periurbanas y rurales los diámetros pueden ser menores.
2. En los nudos donde las presiones superen los 35 m H2O se propone colocar cámaras rompe presiones que permitan disipar la energía y reducir la presión relativa verificada mediante el software WaterCad. Esto evitaría daños en la tubería incluso permitiría utilizar en el tramo siguiente utilizar diámetros menores reduciendo los costos.

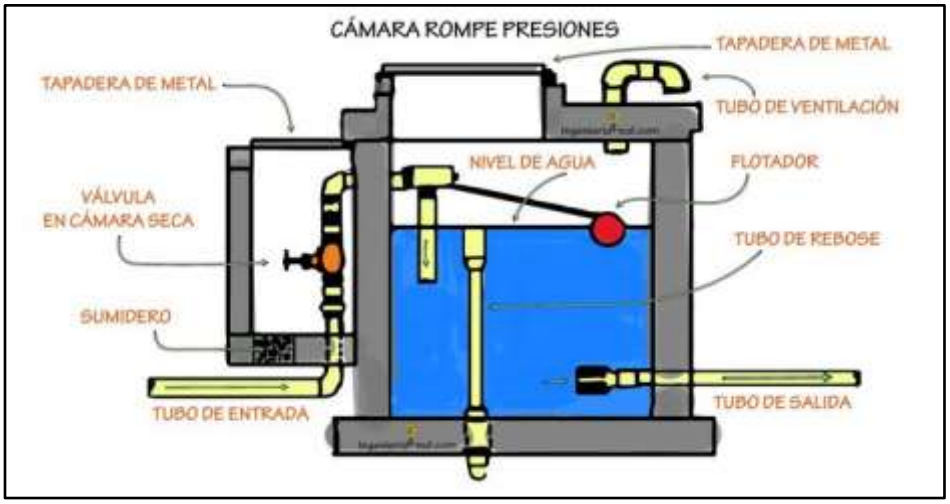



Fig.15 Esquema de una cámara rompe presión

3. En los puntos más bajos identificados se propone incorporar válvulas de purga, para evacuar en forma periódica los sedimentos acumulados que provocan la reducción del área de flujo.

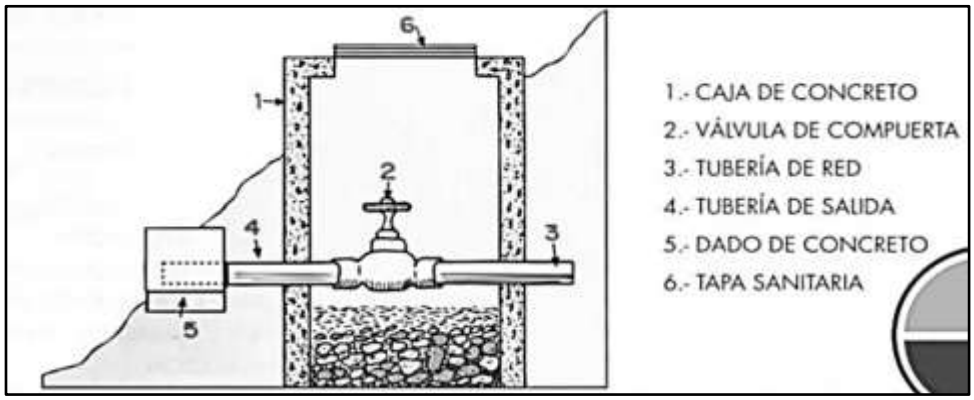



Fig.16 : Esquema de la válvula de purga

# V. CONCLUSIONES

Habiendo realizado la evaluación de las redes de distribución, para lo cual previamente se verificaron los principales parámetros de diseño, podemos concluir en lo siguiente:

1. La población de diseño se obtuvo mediante métodos de cálculo permitidos por el MINSA y la Guía de Diseño de Redes de Abastecimiento de Agua Potable para Poblaciones Rurales, según el Reglamento Nacional de Edificaciones y las recomendaciones de entidades sectoriales como el PNSR. Estos datos fueron tomados del estudio socioeconómico realizado dentro de la zona y de estadísticas que presenta el INEI.
2. El caudal previsto contra incendios, no se ha considerado ya que la población de diseño es menor a 10 000 habitantes y no está especificado dentro de las Guías de la OPS, OMS y otras.
3. La vida útil de la Infraestructura del proyecto, fue diseñada para un periodo de 20 años.
4. Las velocidades consideradas para el diseño son tales que cumplen con lo especificado en los reglamentos que rigen este tipo de obras.
5. WaterCad no solo puede ser usado para el Diseño de redes de agua potable, sino también para hacer un análisis del funcionamiento de cualquier red.
6. La topografía de la localidad presenta grandes pendientes que generan presiones en la Red muy altas, por lo que es necesario la colocación de Cámaras Rompe Presión en unas pocas redes y válvulas reductoras de presión.
7. En los puntos más bajos de la red se deberán colocar válvulas de purga que permitan la eliminación de sedimentos, y en los puntos altos, se considerarán válvulas de aire para la purga del aire atrapado.
8. El Software presenta muchas facilidades y potentes herramientas que facilitan la optimización de los recursos hídricos, sin embargo, es necesario aplicar principios básicos de Ingeniería y criterios de acuerdo a lo que se necesite.
9. Permitió optimizar la red de distribución, comprobándose que se pueden diseñar diámetros menores a los recomendados por la Norma OS-050 en zonas periurbanas o rurales.
10. Facilito la identificación de los puntos donde colocar cámaras rompe presiones y cámaras de purga, las primeras con las verificaciones de las presiones y lo segundo con los puntos más bajos y las pendientes de los tramos de las tuberías.

# VI. RECOMENDACIONES

Para mejorar los trabajos posteriores que se deban realizar en esta temática, presentamos algunas recomendaciones producto de la experiencia en la elaboración de la presente tesis:

1. Los trabajos preliminares de ingeniería ejecutados deben ser de garantía ya que de allí se obtienen los datos básicos para la modelación.
2. Para el diseño de sistemas de abastecimiento, se recomienda la aplicación del software, ya que nos presenta beneficios en costos y funcionalidad.
3. Para el diseño de redes de abastecimientos de agua en localidades periurbanas o rurales, se debe tomar en cuenta los antecedentes presentados en otras poblaciones en cuestiones de diseño y funcionalidad.
4. Cuando se realice otras investigaciones sobre el tema, se debe analizar varios métodos de diseño, ya que uno de ellos puede tener la mejor opción.
5. Utilizar los programas de cómputo existentes en el mercado, que permiten un cálculo riguroso y exacto del diseño de los elementos que componen un sistema de agua potable en un tiempo menor, convirtiéndose así, en una poderosa arma de trabajo, unido al criterio y la experiencia de los ingenieros.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


[1] **ONU.** "Agua: Desafíos globales: El derecho al agua". Organización de las Naciones Unidas. 2022. Disponible en: https://www.un.org/es/global-issues/water

[2] **SUNASS:** "Nuevo régimen especial de monitoreo y gestión de uso de aguas subterráneas a cargo de las EPS". Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. Lima, 2017. https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/metodologia_aguas_subterraneas2.pdf

[3] **Astudillo, V. Tesis:** "Calculo y diseño de un sistema de agua potable para la Parroquia El Placer de Toachi, cantón Santo Domingo". Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador. Sangolqui, 2018.

[4] **Hurtado, M.; Tacuri, C. Tesis:** "Actualización de la modelación hidráulica de los sistemas de distribución para el abastecimiento de agua potable de la Parroquia El Valle". Universidad de Azuay de Ecuador. Cuenca, 2018.

[5] **Martínez, L. Tesis**: "Propuesta de rehabilitación para la red de abasto de agua potable de la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas". Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba. Santa Clara, 2016.
Disponible: https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/8666

[6] **Rodríguez, Y. Tesis:** "Modelamiento de cloro residual con WaterCAD en las redes de distribución de agua potable de la ciudad de Rioja, provincia de Rioja para determinar la calidad microbiológica 2017". Universidad Nacional de San Martin – Tarapoto. Moyobamba, 2018.
Disponible: https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3441

[7] **Alayo, M. y Espinoza, J. Tesis**: "*Simulación hidráulica de la línea de conducción y red de distribución de agua potable aplicando el software WaterCAD en la localidad de Laredo*". Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, 2016. Disponible: https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/4456/1/REP_ING.CIVIL_MANUEL.ALAYO_JAIME.ESPINOZA_SIMULACI%C3%93N.HIDR%C3%81ULICA.LINEA.CONDUCCION.RED.DISTRIBUCION.AGUA.POTABLE.APLICANDO.SOFTWARE.WATERCAD.LAREDO.pdf

[8] **Peña, K. Tesis:** "*Diseño de la red de abastecimiento de agua potable para satisfacer la demanda del Club Playa Puerto Fiel, distrito Cerro Azul – Cañete*". Universidad de San Martin de Porras. Lima, 2018.
Disponible: https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/5094

[9] **R. Hernández Sampieri et. al. Libro:** *"Metodología de la Investigación"*. D.F. México: Editorial McGraw, 6ta edición. 2014. Disponible en: https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf

[10] **Valderrama, Santiago.** "*Pasos para elaborar Proyectos de Investigación Científica"*. Ed. San Marcos. Lima, 2010. Disponible en: http://sbiblio.uandina.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=3659

[11] **INEI.** "*Región Lima: Resultados Definitivos Censo 2017 – Tomo I*". Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018.

[12] **CEPIS.** "*Guía para el Diseño de Redes de Distribución en Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua*". Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria, 2005. Disponible en: https://docplayer.es/12475812-Guia-para-el-diseno-de-redes-de-distribucion-en-sistemas-rurales-de-abastecimiento-de-agua.html

**Anexos**

**Panel Fotográfico**

**Foto 1:** Vista parcial del Asentamiento Humano Cerro Candela, al fondo el valle y el centro poblado del distrito de Imperial - Cañete.

**Foto 2:** Zona del ingreso desde la carretera a Quilmaná hacia el AA.HH. Cerro Candela, viviendas típicas en construcción

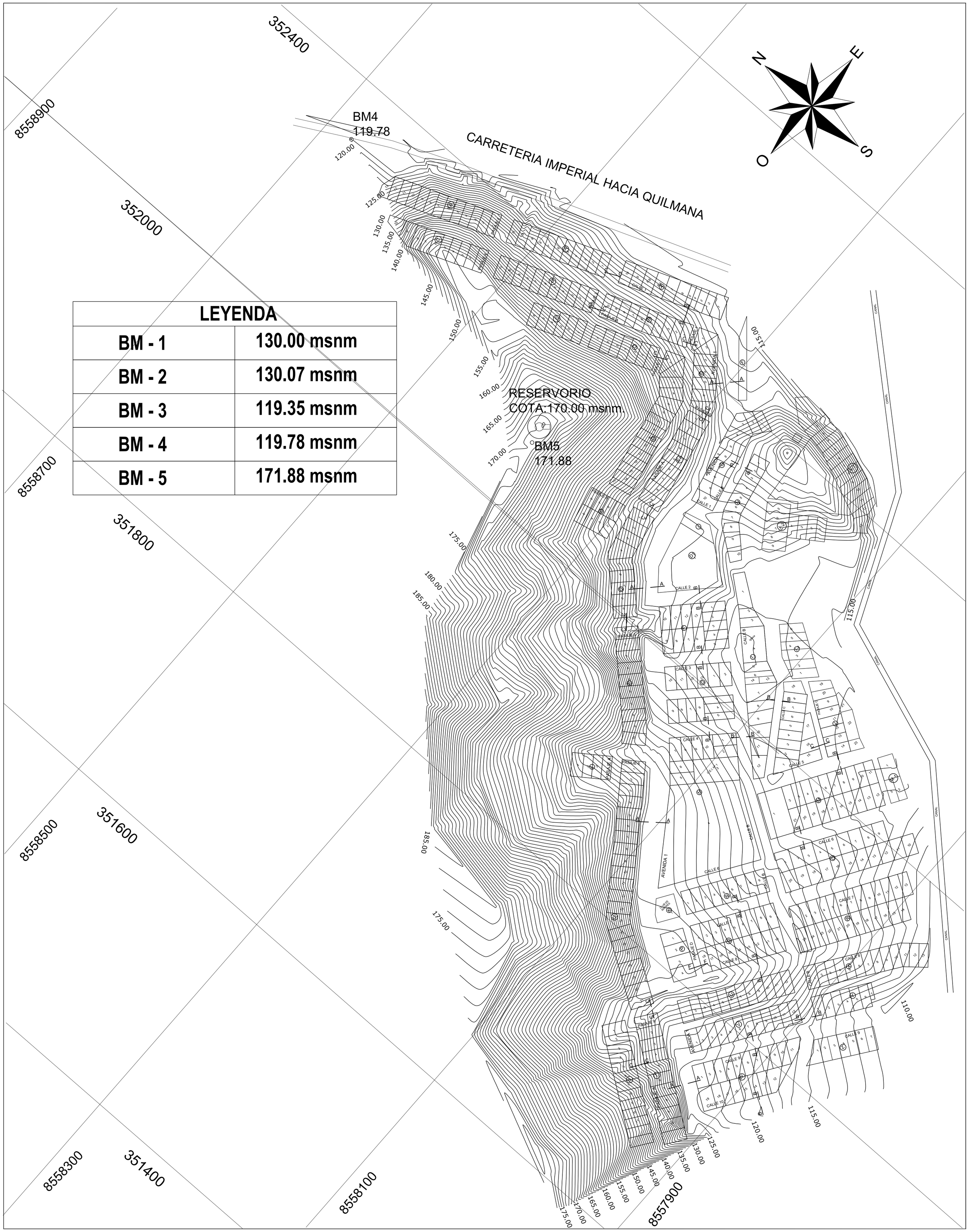
**Foto 3:** Vista más general donde se observan las características físicas del AA.HH. Cerro Candela.

**Foto 4:** Otra vista parcial donde se observan las características del AA.HH. Cerro Candela.

.

**Foto 5:** Zona de ampliación adyacente al antiguo reservorio, que también son abastecidas por el sistema.

**Foto 6:** Vista del segundo reservorio construido el año pasado para complementar el almacenamiento y abastecer a otro AA. HH. Adyacente.




| LEYENDA | |
|---|---|
| BM - 1 | 130.00 msnm |
| BM - 2 | 130.07 msnm |
| BM - 3 | 119.35 msnm |
| BM - 4 | 119.78 msnm |
| BM - 5 | 171.88 msnm |

**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

TESIS: **Análisis de las redes de distribución aplicando el modelo WaterCad, en el sistema de abastecimiento de agua potable de los sectores I, II, III Y IV del AA.HH. Cerro Candela, distrito de Imperial, Provincia Cañete, Lima - 2021.**

TESISTA: **BACH. GOMEZ GRADOS NAYO HASSLER**

PLANO: **PLANO TOPOGRAFICO**

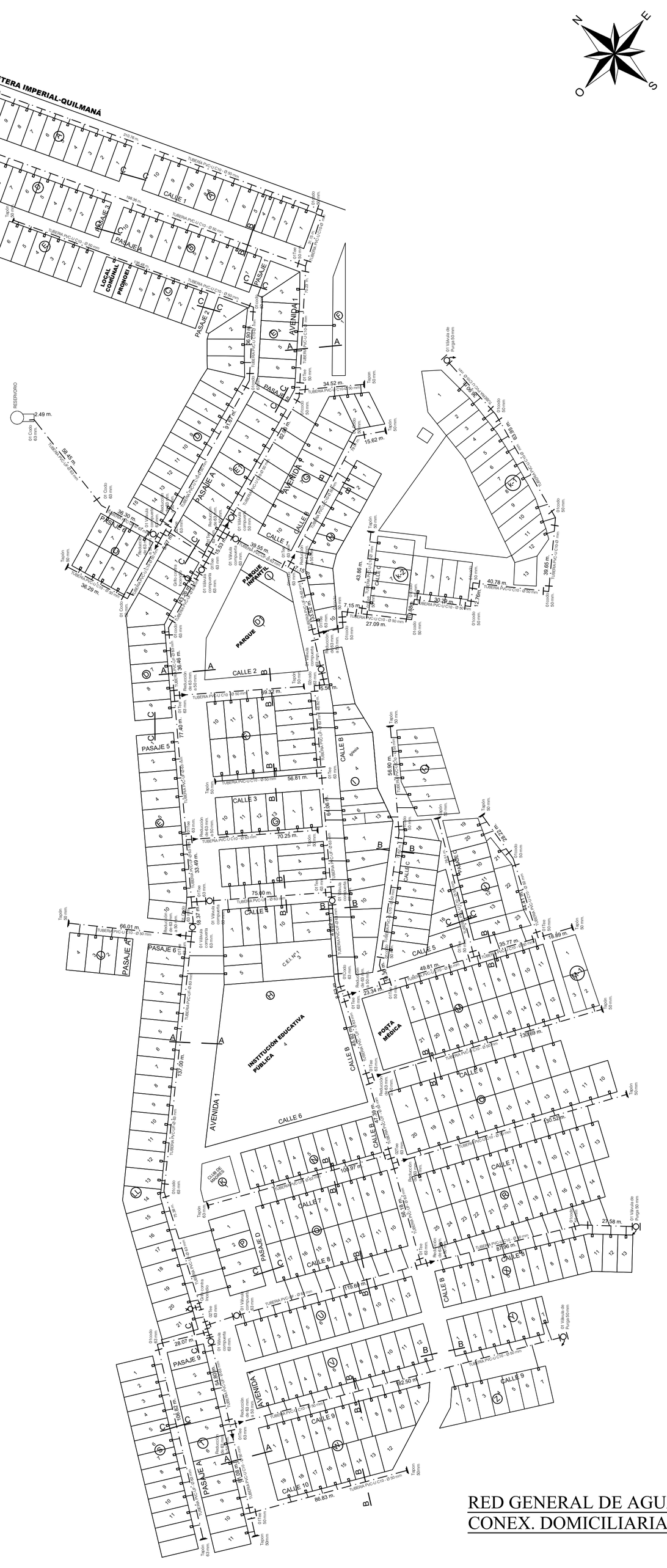
UBICACION:
LOCALIDAD: AA.HH. CERRO CANDELA
DISTRITO: IMPÈRIAL
PROVINCIA: CAÑETE
REGION: LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: JUNIO 2021

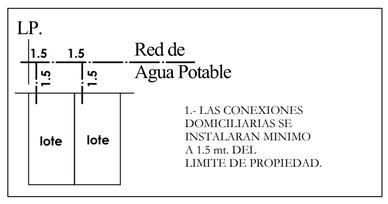
DIBUJO: G.G.N

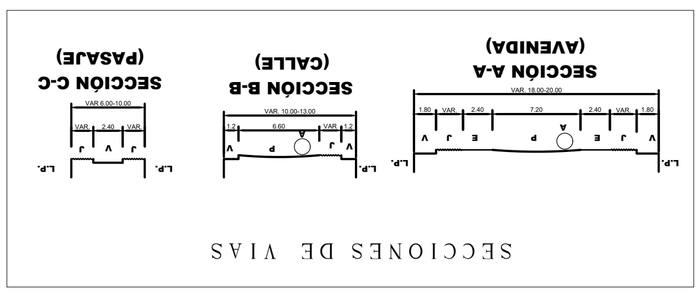
LAMINA Nº: **T-01**




## LEYENDA

| SIMBOLO | DESCRIPCION |
|---|---|
| | TUBERIA DE AGUA POTABLE PROYECTADO |
| | VALVULA COMPUERTA PROYECTADA |
| | CONEXION DOMICILIARIA PROYECTADO |
| | TEE PROYECTADO |
| | CODO 45° PROYECTADO |
| | CODO 90° PROYECTADO |
| | REDUCCIN DE 63 mm. A 50 mm. |
| | TAPON PROYECTADO |
| | CURVAS A NIVEL |
| | GRIFO CONTRA INCENDIO PROYECTADO |
| | VÁLVULA DE PURGA PROYECTADO |




## RED GENERAL DE AGUA POTABLE
## CONEX. DOMICILIARIAS ESCALA : 1/ 1000

**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

TESIS: **Análisis de las redes de distribución aplicando el modelo WaterCad, en el sistema de abastecimiento de agua potable de los sectores I, II, III Y IV del AA.HH. Cerro Candela, distrito de Imperial, Provincia Cañete, Lima - 2021.**

TESISTA: **BACH. GOMEZ GRADOS NAYO HASSLER**

PLANO: **RED DE AGUA POTABLE**

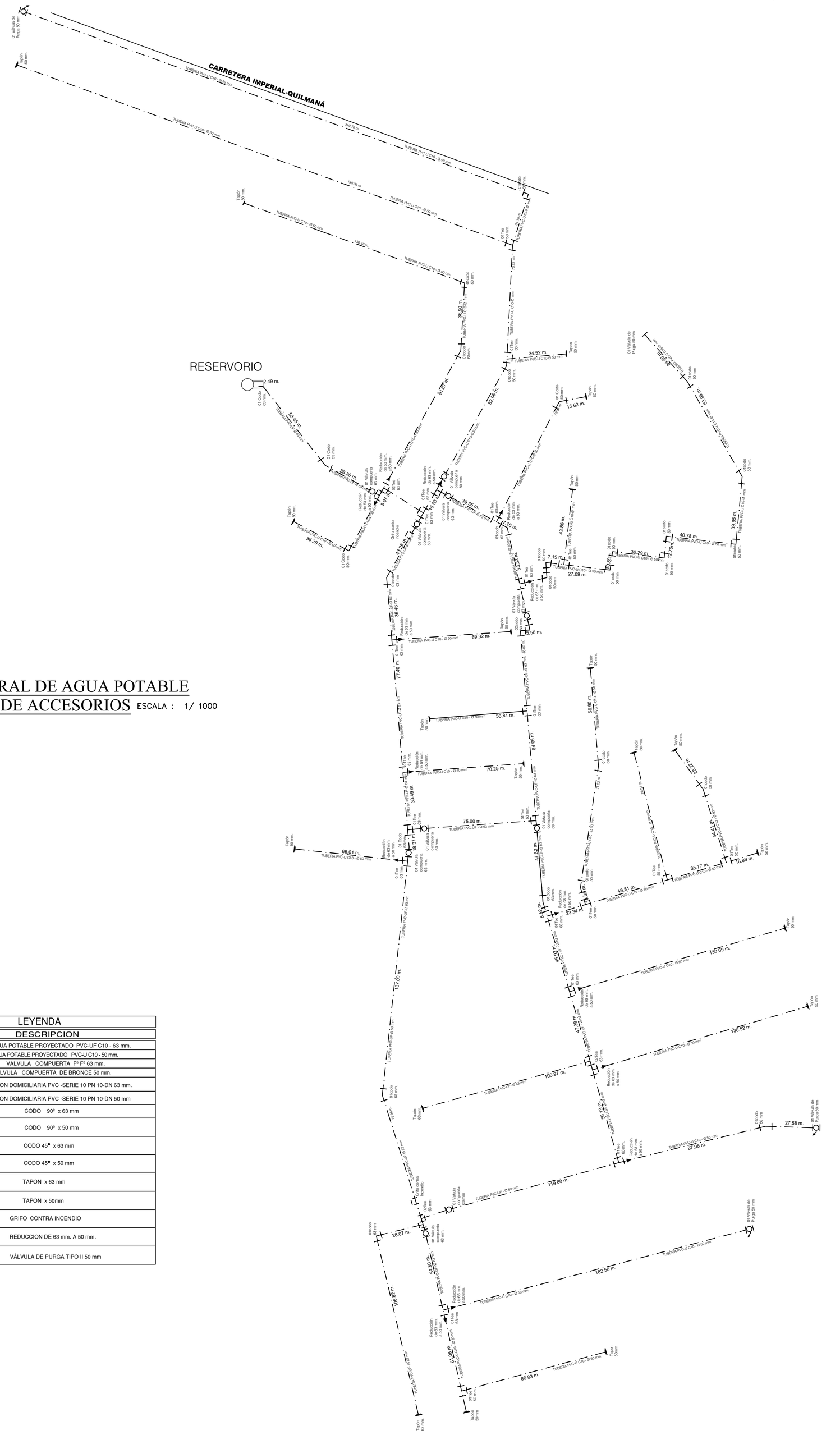
UBICACION:
LOCALIDAD: AA.HH. CERRO CANDELA
DISTRITO: IMPÈRIAL
PROVINCIA: CAÑETE
REGION: LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: JUNIO 2021

DIBUJO: G.G.N

LAMINA Nº: **AP-02**




## RED GENERAL DE AGUA POTABLE
## ESQUEMA DE ACCESORIOS ESCALA : 1/ 1000

| LEYENDA | |
|---|---|
| SIMBOLO | DESCRIPCION |
| | TUBERIA DE AGUA POTABLE PROYECTADO PVC-UF C10 - 63 mm. |
| | TUBERIA DE AGUA POTABLE PROYECTADO PVC-U C10 - 50 mm. |
| | VALVULA COMPUERTA Fº Fº 63 mm. |
| | VALVULA COMPUERTA DE BRONCE 50 mm. |
| | CONEXION DOMICILIARIA PVC -SERIE 10 PN 10-DN 63 mm. |
| | CONEXION DOMICILIARIA PVC -SERIE 10 PN 10-DN 50 mm |
| | CODO 90º x 63 mm |
| | CODO 90º x 50 mm |
| | CODO 45º x 63 mm |
| | CODO 45º x 50 mm |
| | TAPON x 63 mm |
| | TAPON x 50mm |
| | GRIFO CONTRA INCENDIO |
| | REDUCCION DE 63 mm. A 50 mm. |
| | VÁLVULA DE PURGA TIPO II 50 mm |

**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

TESIS: **Análisis de las redes de distribución aplicando el modelo WaterCad, en el sistema de abastecimiento de agua potable de los sectores I, II, III Y IV del AA.HH. Cerro Candela, distrito de Imperial, Provincia Cañete, Lima - 2021.**

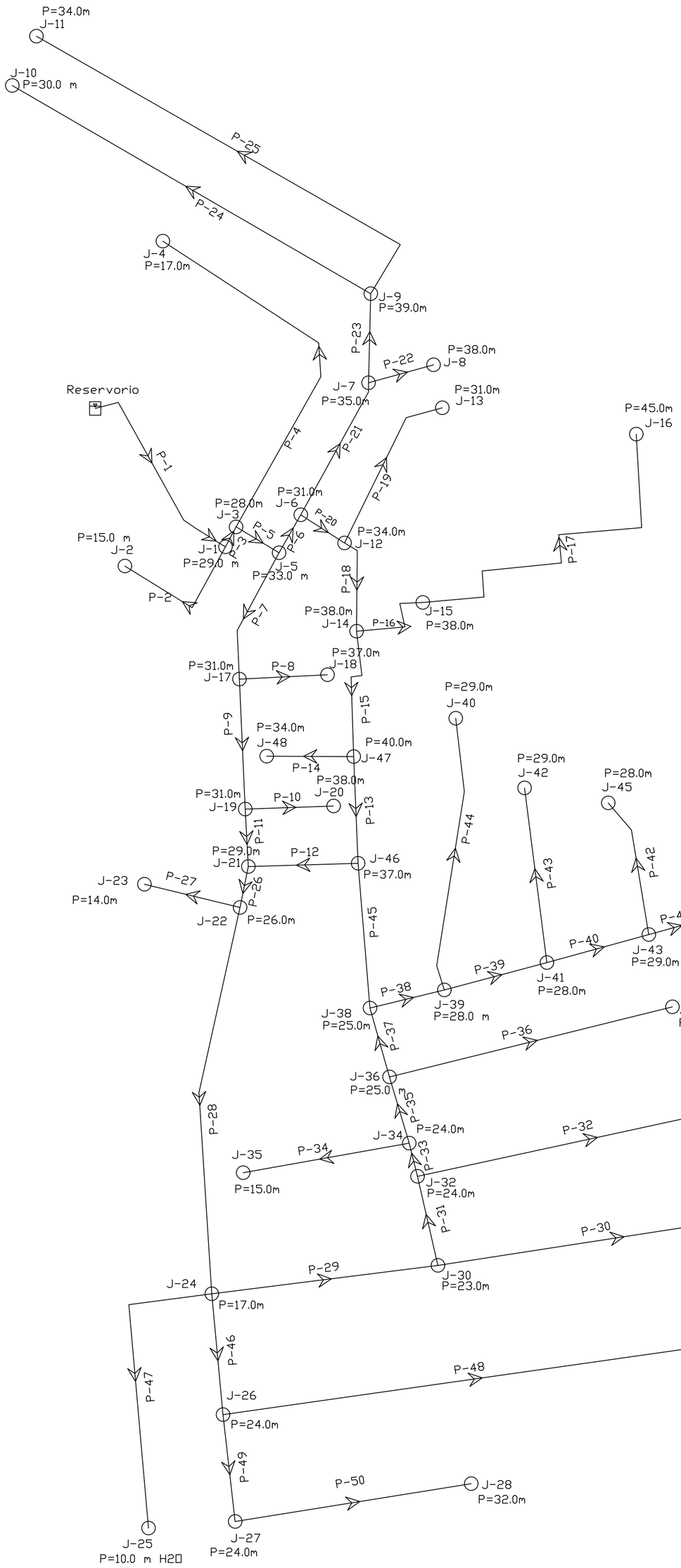
TESISTA: **BACH. GOMEZ GRADOS NAYO HASSLER**

PLANO: **ESQUEMA DE RED AGUA POTABLE**

UBICACION:
LOCALIDAD: AA.HH. CERRO CANDELA
DISTRITO: IMPÈRIAL
PROVINCIA: CAÑETE
REGION: LIMA

ESCALA: INDICADA
FECHA: JUNIO 2021
DIBUJO: G.G.N

LAMINA Nº: **AP-01**




| Item | Descripción | Elevación (m) | Demanda (L/s) | Hydraulic Grade (m) | Presión (m H2O) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | J-1 | 133.70 | 0.063 | 162.88 | 29.0 |
| 2 | J-5 | 126.30 | 0.000 | 159.52 | 33.0 |
| 3 | J-21 | 127.15 | 0.173 | 156.01 | 29.0 |
| 4 | J-46 | 119.50 | 0.204 | 156.48 | 37.0 |
| 5 | J-14 | 120.05 | 0.078 | 157.74 | 38.0 |
| 6 | J-6 | 127.50 | 0.173 | 158.94 | 31.0 |
| 7 | J-24 | 132.00 | 0.424 | 148.97 | 17.0 |
| 8 | J-30 | 124.50 | 0.392 | 147.41 | 23.0 |
| 9 | J-9 | 116.67 | 0.533 | 155.85 | 39.0 |
| 10 | J-10 | 125.00 | 0.251 | 155.53 | 30.0 |
| 11 | J-27 | 124.60 | 0.126 | 148.85 | 24.0 |
| 12 | J-38 | 122.05 | 0.016 | 146.76 | 25.0 |
| 13 | J-11 | 121.50 | 0.298 | 155.38 | 34.0 |
| 14 | J-15 | 120.05 | 0.141 | 157.67 | 38.0 |
| 15 | J-16 | 112.00 | 0.204 | 157.49 | 45.0 |
| 16 | J-39 | 118.90 | 0.078 | 146.60 | 28.0 |
| 17 | J-41 | 118.35 | 0.157 | 146.47 | 28.0 |
| 18 | J-43 | 117.50 | 0.047 | 146.46 | 29.0 |
| 19 | J-3 | 134.30 | 0.253 | 162.30 | 28.0 |
| 20 | J-2 | 148.00 | 0.063 | 162.87 | 15.0 |
| 21 | J-4 | 145.50 | 0.204 | 162.10 | 17.0 |
| 22 | J-7 | 121.60 | 0.188 | 157.00 | 35.0 |
| 23 | J-8 | 118.80 | 0.031 | 157.00 | 38.0 |
| 24 | J-12 | 123.90 | 0.157 | 158.30 | 34.0 |
| 25 | J-13 | 127.40 | 0.047 | 158.30 | 31.0 |
| 26 | J-17 | 127.30 | 0.173 | 157.90 | 31.0 |
| 27 | J-18 | 120.70 | 0.047 | 157.89 | 37.0 |
| 28 | J-19 | 125.25 | 0.094 | 156.54 | 31.0 |
| 29 | J-20 | 118.70 | 0.047 | 156.53 | 38.0 |
| 30 | J-47 | 117.40 | 0.141 | 156.99 | 40.0 |
| 31 | J-48 | 123.00 | 0.047 | 156.99 | 34.0 |
| 32 | J-22 | 129.75 | 0.173 | 155.64 | 26.0 |
| 33 | J-23 | 141.85 | 0.063 | 155.64 | 14.0 |
| 34 | J-25 | 139.00 | 0.126 | 148.97 | 10.0 |
| 35 | J-28 | 116.50 | 0.063 | 148.84 | 32.0 |
| 36 | J-26 | 125.10 | 0.408 | 148.88 | 24.0 |
| 37 | J-29 | 115.75 | 0.235 | 148.71 | 33.0 |
| 38 | J-31 | 112.10 | 0.173 | 147.35 | 35.0 |
| 39 | J-32 | 123.30 | 0.188 | 146.97 | 24.0 |
| 40 | J-34 | 123.30 | 0.188 | 146.94 | 24.0 |
| 41 | J-33 | 113.30 | 0.188 | 146.89 | 34.0 |
| 42 | J-35 | 131.80 | 0.141 | 146.94 | 15.0 |
| 43 | J-36 | 122.05 | 0.157 | 146.82 | 25.0 |
| 44 | J-37 | 115.60 | 0.173 | 146.75 | 31.0 |
| 45 | J-40 | 117.90 | 0.188 | 146.52 | 29.0 |
| 46 | J-42 | 118.30 | 0.110 | 146.46 | 28.0 |
| 47 | J-44 | 117.60 | 0.063 | 146.46 | 29.0 |
| 48 | J-45 | 118.20 | 0.031 | 146.46 | 28.0 |

| LEYENDA | |
|---|---|
| J-Nº | NUMERO DE NUDO |
| P-Nº | NUMERO DE TRAMO |

**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

TESIS: **Análisis de las redes de distribución aplicando el modelo WaterCad, en el sistema de abastecimiento de agua potable de los sectores I, II, III Y IV del AA.HH. Cerro Candela, distrito de Imperial, Provincia Cañete, Lima - 2021.**

TESISTA: **BACH. GOMEZ GRADOS NAYO HASSLER**

PLANO: **MODELAMIENTO CON WATERCAD**

UBICACION:
LOCALIDAD: AA.HH. CERRO CANDELA
DISTRITO: IMPERIAL
PROVINCIA: CAÑETE
REGION: LIMA

ESCALA: INDICADA
FECHA: JUNIO 2021
DIBUJO: G.G.N

LAMINA Nº: **M-01**