

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE  
REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN EL CENTRO  
POBLADO DE CHAQUICOCHA - 2017**

**PRESENTADO POR:**

Bach. VÁSQUEZ MENÉNDEZ, FLAVIO XAVIER

**Líneas de investigación institucional:**

Salud y gestión de la salud

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERU

2021

**ASESOR**

**Ing. Yina Ninahuanca Zavala**

**Asesor**

## **DEDICATORIA**

A Dios, a mis padres, y a mis docentes, por su apoyo incondicional que me brindaron durante mis estudios, para verme un profesional al servicio de la sociedad.

Vásquez Menéndez Flavio Xavier

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, a la Virgen, por iluminarme siempre por el buen camino y hacer de mí, una buena persona.

A mi familia por su apoyo incondicional, por sabias enseñanzas de la vida y no dejarme caer nunca.

A mi apreciada asesora Ing. Yina Ninahuanca Zavala gracias por su confianza, siempre apoyarme.

A las personas que siempre confiaron en mí y me apoyaron en todo momento, gracias

El autor



## **HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA (PRESIDENTE)**

---

**MG. LOURDES GRACIELA POMA BERNAOLA (MIEMBRO)**

---

**ING. NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA (MIEMBRO)**

---

**ING. ERNESTO WILLY GRACIA POMA (MIEMBRO)**

---

**ING. ALCIDES LUIS FABIÁN BRAÑEZ (MIEMBRO)**

---

**MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA**

**SECRETARIO DOCENTE**

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iv
<b>INDICE</b> .....	vi
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xiv
<b>CAPÍTULO I</b> .....	16
<b>EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	16
<b>1.1. Planeamiento del Problema</b> .....	16
<b>1.2. Formulación del Problema</b> .....	18
<b>1.2.1. Problema General</b> .....	18
<b>1.2.2. Problemas Específicos</b> .....	18
<b>1.3. Justificación</b> .....	19
<b>1.3.1. Social o práctica</b> .....	19
<b>1.3.2. Científica o teórica</b> .....	19
<b>1.3.3. Metodológica</b> .....	19
<b>1.4. Delimitación del Problema</b> .....	20
<b>1.4.1 Espacial</b> .....	20
<b>1.4.2 Temporal</b> .....	20
<b>1.4.3 Conceptual</b> .....	20
<b>1.5. Limitaciones</b> .....	20
<b>1.6. Objetivos</b> .....	21
<b>1.6.2. Objetivo General</b> .....	21
<b>1.6.3. Objetivos Específicos</b> .....	21
<b>CAPÍTULO II</b> .....	22
<b>2.1. Antecedentes</b> .....	22
<b>2.2. Bases teóricas y científicas</b> .....	31
<b>2.2.1. Redes de distribución de agua potable</b> .....	31
<b>2.2.2. Clasificación Redes de distribución de agua potable (RDAPS)</b> .....	31
<b>2.2.3. Teoría sobre redes de agua potable</b> .....	33
<b>2.2.4. Parámetros de diseño</b> .....	33
<b>2.2.5. Diseño de redes de agua potable tradicional</b> .....	36

2.2.6.	Inteligencia artificial en el diseño de redes de agua potable .....	37
2.3.	Definición de términos .....	47
2.4.	Hipótesis .....	50
2.4.1.	Hipótesis General .....	50
2.4.2.	Hipótesis Específicas.....	50
2.5.	Variables .....	51
2.5.1.	Definición conceptual de la variable .....	51
2.5.2.	Definición operacional de la variable.....	51
2.6.	Operacionalización de variables .....	52
3.	<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA</b> .....	53
3.1.	Método de investigación.....	53
3.2.	Tipo de investigación.....	53
3.3.	Nivel de investigación.....	54
3.4.	Diseño de investigación .....	54
3.5.	Población y muestra .....	55
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	55
3.6.1.	Técnicas de recolección de datos: .....	55
3.6.2.	Instrumentos: .....	55
3.7.	Procesamiento de la información.....	56
3.8.	Técnicas y análisis de datos .....	56
	<b>CAPÍTULO IV</b> .....	57
4.	<b>RESULTADOS</b> .....	57
4.1.	Caracterización del área de investigación .....	57
4.2.	Datos y parámetros de diseño .....	59
4.2.1.	Periodo de diseño .....	59
4.2.2.	Población.....	59
4.2.3.	Dotación .....	60
4.2.4.	Variaciones de consumo .....	60
4.2.5.	Levantamiento topográfico .....	62
4.2.6.	Características topológicas.....	63
4.2.7.	Caudal unitario .....	63
4.3.	Nuevos parámetros y restricciones en la Inteligencia artificial .....	65
4.3.1.	Restricciones hidráulicas.....	65
4.3.2.	Restricciones Comerciales.....	66
4.4.	Cálculo hidráulico método tradicional.....	68

<b>4.5. La Superficie Óptima de Gradiente Hidráulico</b> .....	69
<b>4.5.1. Datos topográficos y topológicos</b> .....	69
<b>4.5.2. Resultados del método SOGH -Presión</b> .....	74
<b>4.5.3. Resultados del método SOGH - velocidad</b> .....	77
<b>4.5.4. Resultados del Costos con el método SOGH</b> .....	79
<b>4.6. La Programación por Restricciones</b> .....	81
<b>4.6.1. Resultados del método PR - presión</b> .....	84
<b>4.6.2. Resultados del método PR – Velocidad</b> .....	85
<b>4.6.3. Resultados del método PR - Costos total de obra</b> .....	87
<b>4.7. Los Algoritmos Genéticos</b> .....	90
<b>4.7.1. Los AG con el Programa WaterCad</b> .....	90
<b>4.7.2. Los AG con el Programa Redes 2015</b> .....	92
<b>4.8. La Optimización Combinatoria</b> .....	104
<b>4.8.1. Resultados del método Optimización Combinatoria - presión</b> .....	106
<b>4.8.2. Resultados del método OC -velocidad</b> .....	108
<b>4.8.3. Resultados del método OC- Costos total de obra</b> .....	110
<b>4.9. Resultados finales de la inteligencia Artificial</b> .....	113
<b>4.9.1. Resultados Inteligencia Artificial - presión</b> .....	113
<b>4.9.2. Influencia de la Inteligencia Artificial - velocidad</b> .....	114
<b>4.9.3. Influencia de la Inteligencia Artificial - Costos total de obra</b> .....	115
<b>CAPITULO V</b> .....	117
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	117
<b>CONCLUSIONES</b> .....	120
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	122
<b>REFERENCIAS</b> .....	123
<b>ANEXOS</b> .....	126
<b>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b> .....	127
<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b> .....	128
<b>PLANOS DE REDES DE AGUA POTABLE M. TRADICIONAL</b> .....	130
<b>PLANOS DE CALCULO HIDRAULICO M. TRADICIONAL</b> .....	132
<b>PLANOS DE REDES DE AGUA POTABLE M. A.G.</b> .....	134
<b>PLANOS DE CALCULO HIDRAULICO M. A.G</b> .....	136

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> Operacionalización de Variables .....	52
<b>Tabla 2</b> Tasa de Crecimiento según el INEI .....	60
<b>Tabla 3</b> Cálculo de caudal Otros Usos .....	61
<b>Tabla 4</b> Cálculo de los Caudales de Diseño .....	61
<b>Tabla 5</b> Caudales Unitarios por Tramo y Nodos de la Red de Agua Potable.....	64
<b>Tabla 6</b> Resumen de las Tuberías con sus Respectivos Metrados, Precio Unitario y Costo Total.....	69
<b>Tabla 7</b> Precios Totales de Tuberías con Respecto al Diámetro.....	71
<b>Tabla 8</b> Resultados de las Presiones de la RDAP Método Tradicional y Método SOGH.....	75
<b>Tabla 9</b> Restricción Hidráulica que Cumplen la Normativa (Presión) .....	76
<b>Tabla 10</b> Resultados de Velocidades Método Tradicional y Método SOGH .....	77
<b>Tabla 11</b> Restricción Hidráulica que cumplen la Normativa (Velocidad).....	78
<b>Tabla 12</b> Resultados del RDAP con los Diámetros según el Método Tradicional VS Método SOGH.....	80
<b>Tabla 13</b> Costos de la Red de Distribución de Agua Potable Método SOGH. ....	81
<b>Tabla 14</b> Resultados de las Presiones de la RDAP Método Tradicional y Método PR .....	84
<b>Tabla 15</b> Resultados de Velocidades Métodos Tradicional y Método PR.....	86
<b>Tabla 16</b> Resultados de los Diámetros según los Métodos Tradicional y PR.....	88
<b>Tabla 17</b> Costo Total de Obra Método Tradicional y PR .....	89
<b>Tabla 18</b> Resultados de las Presiones de la RDAP Método Tradicional y Método A.G. ....	98
<b>Tabla 19</b> Resultados de Velocidades Métodos Tradicional y Método AG.....	100
<b>Tabla 20</b> Resultados de la Velocidad Método AG.....	101
<b>Tabla 21</b> Resultados de los Diámetros Según el Método Tradicional y AG. ....	102
<b>Tabla 22</b> Costo Total de Obra Metodología Tradicional Y Metodología AG.....	103
<b>Tabla 23</b> Resultados de las Presiones de la RDAP Método Tradicional y Método OC. ....	106
<b>Tabla 24</b> Resultados de la Velocidad Método Tradicional y Método OC .....	108
<b>Tabla 25</b> Resultados de los Diámetros Según el Método Tradicional y Método OC .....	111
<b>Tabla 26</b> Costos de la Obra Método Tradicional y Método O.C. ....	112
<b>Tabla 27</b> Resumen de la Influencia de la I.A. en el Costo de Ejecución de Obra .....	115

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Esquema del proceso de selección natural simulado por los AG.....	47
<b>Figura 2</b> Macro Localización del distrito san José de quero.....	58
<b>Figura 3</b> Micro localización del– Distrito de San José de Quero .....	58
<b>Figura 4</b> Foto satelital del Centro Poblado de Chaquicocha.....	59
<b>Figura 5</b> Plano Topográfico del Centro Poblado de Chaquicocha.....	62
<b>Figura 6</b> Red de Agua Potable Trazado .....	63
<b>Figura 7</b> Malla Total de la Red de Agua Potable.....	63
<b>Figura 8</b> Características de la tubería para agua fría a presión NTP 399.002:2015 .....	68
<b>Figura 9</b> Esquema de la Red de Distribución de Agua Potable .....	68
<b>Figura 10</b> Información de nodos, tuberías y embalses.....	70
<b>Figura 11</b> Red de Agua Potable en el Programa REDES 2015 .....	70
<b>Figura 12</b> Ecuación de la Tendencia del Costo (Cálculo del Coeficiente y Exponente) .....	72
<b>Figura 13</b> RDAP en el Software REDES 2015 método SOGH.....	72
<b>Figura 14</b> Parámetros Solicitados por el Programa Redes 2015.....	73
<b>Figura 15</b> Resultados Método SOGH .....	73
<b>Figura 16</b> Gráfico Donde se Muestra SOGH Diseñada para el Software REDES 2015 .....	74
<b>Figura 17</b> Influencia de la Superficie Óptima de Gradiente Hidráulico en la Presión .....	76
<b>Figura 18</b> Influencia de la Superficie Óptima de Gradiente Hidráulico en la Velocidad .....	79
<b>Figura 19</b> Parámetros Requeridos por el Programa .....	82
<b>Figura 20</b> Resultados del diseño por el método PR.....	83
<b>Figura 21</b> Esquema del diseño de programación por restricciones .....	83
<b>Figura 22</b> Influencia de la Programación por Restricciones en la Presión .....	85
<b>Figura 23</b> Influencia de la Programación por Restricciones en la velocidad.....	87
<b>Figura 24</b> Influencia de la Programación por Restricciones costo de ejecución de obra .....	89
<b>Figura 25</b> Características Topológicas y Topográficas de la RDAP. ....	91
<b>Figura 26</b> Modelamiento con el método de AG software WATERCAD V8i .....	92
<b>Figura 27</b> Red de Distribución de Agua Potable en Software REDES 2015 .....	93
<b>Figura 28</b> Introducción de Opciones de Diseño.....	94
<b>Figura 29</b> Parámetros generales en el Software REDES 2015 .....	94
<b>Figura 30</b> Otros Parámetros Recomendados por el Ing. Juan Saldarriaga.....	95
<b>Figura 31</b> Se Muestra los Mejores Diseños con sus Respetivos Costos de Ejecución. ....	95
<b>Figura 32</b> Costo del Diseño y Presión Mínima del Mejor Individuo.....	96
<b>Figura 33</b> Resultados del Diseño con AG en el Software REDES 2015.....	97
<b>Figura 34</b> Representación Gráfica de la Curva de Presión Obtenida con el AG.....	97
<b>Figura 35</b> Influencia de la Dimensión los Algoritmos Genéticos en la Presión .....	99
<b>Figura 36</b> Influencia de los Algoritmos Genéticos en la velocidad .....	101
<b>Figura 37</b> Influencia de los Algoritmos Genéticos en el Costo de Ejecución de Obra.....	104
<b>Figura 38</b> Ingreso de parámetros Generales Ingresados al Software REDES 2015 .....	105
<b>Figura 39</b> Procesamiento de Software REDES 2015.....	106

<b>Figura 40</b> Influencia de la Optimización Combinatoria en la Presión.....	108
<b>Figura 41</b> Influencia de la Optimización Combinatoria en la Velocidad  .....	110
<b>Figura 42</b> Influencia de la O.C. en el Costo de la Ejecución de Obra .....	112
<b>Figura 43</b> Rentabilidad de la Inteligencia Artificial en la Presión.....	114
<b>Figura 44</b> Influencia de la Inteligencia Artificial en la Velocidad .....	114
<b>Figura 45</b> Influencia de la Inteligencia Artificial en el Costo de Ejecución de Obra .....	116

## RESUMEN

En la presente investigación se formuló el siguiente problema general ¿De qué manera la Inteligencia Artificial influyen en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017?; el Objetivo general fue: Determinar de qué manera la Inteligencia Artificial influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción – 2017 y la hipótesis general fue: La Inteligencia Artificial influye significativamente en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción – 2017.

El método de investigación fue el científico, El tipo de investigación aplicada, nivel explicativo, el diseño experimental, la población estuvo conformada por la red de distribución de agua potable del distrito de San José de Quero y la muestra fue la red de distribución de agua potable del Centro Poblado de Chaquicocha.

La principal conclusión fue, la Inteligencia Artificial influye en el diseño de la red de distribución de agua potable como el parámetro costo, diámetros, presión y velocidades.

Palabra clave: Inteligencia Artificial, Red de Distribución de Agua Potable



## **ABSTRACT**

In the present investigation, the following general problem was formulated: How does Artificial Intelligence influence the dimensioning of water distribution networks in the Chaquicocha populated center, district of San José de Quero, Concepción - 2017 ?; The general objective was: To determine how Artificial Intelligence influences the dimensioning of water distribution networks in the Chaquicocha populated center, district of San José de Quero, Concepción - 2017 and the general hypothesis was: Artificial Intelligence significantly influences the dimensioning of water distribution networks in the Chaquicocha populated center, San José de Quero district, Concepción - 2017.

The research method was scientific, the type of applied research, descriptive-explanatory level, non-experimental design, the population was made up of the drinking water distribution network of the San José de Quero district and the sample was the network of distribution of drinking water from the Chaquicocha Population Center.

The main conclusion was, Artificial Intelligence influences the design of the drinking water distribution network as the cost parameter, diameters, pressure and speeds.

Keyword: Artificial Intelligence, Drinking Water Distribution Network

## INTRODUCCIÓN

La Presente investigación se basa en encontrar el diseño óptimo de redes de distribución de agua potable (RDAPs) consiste en determinar los diámetros comerciales de cada tramo de tubería de la red de agua potable del centro poblado de Chaquicocha que estará dado por un caudal de consumo unitario de cada nodo fijado por la demanda del centro poblado,

Desde el año 2018 con la Resolución Ministerial RM N° 192-2018- VIVIENDA del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento aprueba la *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural* donde nos dan las consideraciones para un diseño de red de distribución de agua potable donde nos detalla las restricciones hidráulicas. como las presiones mínimas y máximas y también las velocidades mínimas y máximas y todas las consideraciones para el diseño de RDAP en la zona rural.

Existen múltiples configuraciones de diámetros de tuberías que satisfacen las restricciones hidráulicas, pero solo una es la más económica, esta es la razón de que el diseño de redes de distribución de agua es un proceso susceptible de ser optimizado.

Por lo anterior, este problema no puede ser tratado de forma convencional, sino que su solución requiere de metodologías especiales y un tiempo computacional razonable, permitan obtener al menos un mínimo local que satisfaga las restricciones del problema. Para ello la Inteligencia Artificial es una metodología ideal.

Para el adecuado desarrollo de esta investigación, hemos estructurado en 05 capítulos, que se describen a continuación.

Capítulo I: Problema de la investigación: En este capítulo se describe el planteamiento del problema, formulación del problema, justificación, delimitaciones, limitaciones y objetivos de la investigación

Capítulo II: Marco teórico: En este capítulo desarrollamos los antecedentes, marco conceptual, definición de términos, hipótesis y variables.

Capítulo III: Metodología de la investigación: Aquí se desarrolla el método de investigación, tipo, nivel y diseño de investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos de recopilación de datos, técnicas y análisis de datos.

Capítulo IV: Resultados: desarrollamos la influencia de la Inteligencia Artificial en el diseño de la red de distribución de agua potable, en el Centro poblado de Chaquicocha.

Capítulo V: Discusión de resultados: En este acápite se muestra las discusiones de los resultados obtenidos en la investigación.

Finalmente, se expone las conclusiones, recomendaciones, referencias, bibliografías y anexos.

Bach. Vásquez Menéndez, Flavio Xavier

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planeamiento del Problema**

A nivel mundial los modelos que se utilizan en el diseño de redes hidráulicas son muy variados, y serán en función del objetivo que se pretende abordar. Se sabe que el diseño de redes de distribución de agua es un problema de difícil resolución, la mayor dificultad radica en la elección de los diámetros como variables de decisión; puesto que en este caso las restricciones son funciones implícitas de estos mismos diámetros, el espacio de soluciones se convierte en no convexo y la función objetivo en multimodal. En este punto, los métodos tradicionales basados en técnicas matemáticas quedan limitados a la localización de mínimos locales de la función objetivo, que depende del punto de inicio del proceso de convergencia.

En nuestro país es tradicionalmente el diseño, ampliación o rehabilitación de redes de distribución de agua se ha basado en la experiencia ingenieril. Sin embargo, durante los últimos años diversos investigadores han centrado sus esfuerzos en desarrollar algunas metodologías de optimización que puedan aplicarse en el diseño de redes de distribución de agua.

La aplicación de técnicas heurísticas de optimización va a permitir una búsqueda más allá de mínimos locales, que por lo general amplía el campo de búsqueda, y, por ende, la capacidad de conseguir mejores soluciones. Dentro

de este tipo de técnicas, los algoritmos evolutivos son métodos de búsqueda de soluciones basados en los principios naturales de la evolución.

Las distintas técnicas evolutivas son diversas y en la bibliografía es posible hallar multitud de modelos de optimización aplicados al diseño de RDA mediante estas técnicas, pero no hay criterios válidos de comparación entre ellas más allá del coste mínimo de diseño obtenido para una determinada red. Dentro de este grupo se encuentran metodologías como los algoritmos genéticos (AG), Particle Swarm Optimization (PSO), Harmony Search (HS), etc. En nuestro departamento de Junín solo se apela a la normatividad y experiencia ingenieril del profesional al momento de realizar el estudio respectivo para el tipo de proyectos de redes de distribución de agua.

Hay que tener en cuenta que la finalidad es poder minimizar los costos de inversión necesarios para la implantación de un determinado sistema, partiendo de la situación topológica de la red, la demanda en cada nudo de consumo y unos requerimientos de presión mínima en los nudos. La metodología propuesta desarrolla una codificación alfanumérica en lugar de la tradicional formulación binaria. Del mismo modo se analiza la posibilidad de optimizar los distintos parámetros de ajuste asociados a cada una de las metodologías planteadas.

En el Centro Poblado Chaquicocha del Distrito de San José de Quero se tiene el problema de abastecimiento de agua desde hace muchos años, lo cual genera la elaboración de un estudio donde se busque optimizar el líquido

elemento a fin de abastecer a más beneficiarios y de esta manera tener la posibilidad de aplacar este problema que afecta a toda la población.

## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿De qué manera la Inteligencia Artificial influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a) ¿De qué manera la Superficie Óptima de Gradiente Hidráulico influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017?
- b) ¿De qué manera la Programación por Restricciones influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017?
- c) ¿De qué manera los Algoritmos Genéticos influyen en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017?
- d) ¿De qué manera la Optimización Combinatoria influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Social o práctica**

La investigación contribuye a la población ya que es una propuesta que busca la optimización del diseño de dimensionamiento de redes de distribución de agua, donde se minimizó los costos en la ejecución, operación y mantenimiento a lo largo de la vida útil de la red de agua potable.

#### **1.3.2. Científica o teórica**

Existen varias teorías del dimensionamiento de redes de distribución de agua potable. El porqué de esta investigación radica en el estudio de la Inteligencia Artificial, que es una metodología para la optimización económica lo cual está sujeta a restricciones hidráulicas, comerciales y de construcción y son utilizados internacionalmente en investigaciones sobre el diseño de estos sistemas de tuberías.

#### **1.3.3. Metodológica**

Para lograr el cumplimiento metodológico la investigación formuló los instrumentos para medir la variable independiente *Inteligencia Artificial* y su influencia en la variable dependiente *dimensionamiento de redes de distribución de agua*, asimismo el método que se utilizará servirá para que siguientes investigadores de la línea en estudio, tengan la posibilidad de replicar en otros diseños o propuestas que quieran llevar a cabo más adelante.

## **1.4. Delimitación del Problema**

### **1.4.1 Espacial**

La investigación se realizó en el centro poblado Chaquicocha del distrito de San José de Quero, de la provincia de Concepción del departamento de Junín.

### **1.4.2 Temporal**

La investigación se realizó desde el año 2017 al 2020.

### **1.4.3 Conceptual**

La realización de la propuesta busca diseñar un procedimiento no convencional de dimensionamiento de redes malladas de agua que ayude a la optimización mediante la Inteligencia Artificial.

## **1.5. Limitaciones**

Las limitaciones en la presenta investigación no tuvo limitaciones trascendentales.



## **1.6. Objetivos**

### **1.6.2. Objetivo General**

Determinar de qué manera la Inteligencia Artificial influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.

### **1.6.3. Objetivos Específicos**

- a) Determinar de qué manera la Superficie Óptima de Gradiente Hidráulico influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.
- b) Determinar de qué manera la Programación por Restricciones influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.
- c) Determinar de qué manera los Algoritmos Genéticos influyen en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.
- d) Determinar de qué manera la Optimización Combinatoria influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.

## CAPÍTULO II

### 2.1. Antecedentes

#### Antecedentes **internacionales**

Castillejos, (2010) en su tesis titulada *Diseño y selección de una red hidráulica a presión o gravedad para el abastecimiento de agua potable a una unidad habitacional* sustentada en el Instituto Politécnico Nacional de México, México, llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. En el diseño y selección de una red hidráulica a presión o gravedad para el abastecimiento de agua potable es necesario aclarar que ninguno de los dos sistemas se puede clasificar como bueno o malo o dar preferencia a alguno de ellos sin analizar el entorno del proyecto o el problema que tenga, analizando desde ese punto su mayor o menor eficacia.
2. Es necesario realizar una selección adecuada de los materiales empleados en la construcción de las redes de distribución de agua, respetando los requerimientos técnicos y especificaciones de las normas que regulan la construcción de los mismos.

López, (2003) en su tesis titulada *Diseño de redes de distribución de agua potable de mínimo costo con Algoritmos Genéticos* sustentada en la Universidad Los Andes de Colombia, Colombia, llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se considera que la adaptación de los algoritmos genéticos al problema de diseño óptimo de redes de distribución de agua potable fue exitosa. La codificación intrínseca al problema de diseño (las cadenas de diámetros que integran el diseño) y el hecho que dentro de las aplicaciones prácticas reales se diseñe sobre un conjunto

discreto y obviamente finito de diámetros parece hacer este problema naturalmente apropiado a los algoritmos genéticos. Particularmente el operador de mutación se adapta bien a esta codificación afectando de manera importante los resultados que se obtienen en el algoritmo.

2. Los resultados encontrados por el algoritmo en las redes que se estudiaron parecen confirmar o al menos comulgar con el criterio de diseño conocido como el criterio de Featherstone. Aunque esta apreciación se basa en un número limitado de resultados, este comportamiento, muy interesante desde el punto de vista teórico, merece ser analizado con mayor profundidad ya que se puede constituir en un soporte estadístico contundente a una teoría que no ha sido demostrada de manera definitiva.

La presente investigación tuvo como objetivo verificar que tan bien se adaptan los algoritmos genéticos al complejo problema de optimización del costo de una red de distribución de agua potable, estudiar la manera de introducir las restricciones de diseño de un acueducto en un algoritmo genético, el método aplicado fue el método científico, el tipo de investigación fue aplicada, el tamaño de la población fue 100 números de generaciones, 50 peso relativo del déficit de presión.

García, (2014) en su tesis titulada *Diseño óptimo de una red de distribución de agua con objetivos múltiples utilizando Métodos Heurísticos (Algoritmos genéticos)* sustentada en la Universidad Politécnica de Valencia, llegó a las siguientes conclusiones:

1. En el presente trabajo se han introducido algunos de los problemas que pueden presentarse en las redes de distribución de agua, las cuales deben ser capaces de

hacer frente a unas demandas que pueden cambiar en el tiempo o diferir de las estimadas inicialmente, entregando el agua a los usuarios en unas adecuadas condiciones de calidad y servicio. Todo ello al tiempo que la infraestructura y los equipos envejecen y requieren de un mayor desembolso en operaciones de reparación y mantenimiento.

2. Tales problemas son objeto de investigación de muchos profesionales que buscan obtener o mejorar las técnicas de resolución y diseño en un contexto donde los objetivos pueden ser muchos y distintos, la mayoría de veces interrelacionados, entrando en conflicto entre sí. Sobre todo, debido al avance de la informática, estas técnicas han evolucionado hacia procesos cada vez más sofisticados, pero también más eficientes.
3. Dentro de dichas técnicas están las heurísticas que, entre otras ventajas, permiten manejar variables de tipo discreto lo que es especialmente idóneo para el caso de las redes de distribución de agua donde los elementos deben ajustarse a tamaños comerciales. En particular los algoritmos genéticos, que destacan por su versatilidad y relativa sencillez, lo que hace que puedan ser aplicados a problemas de carácter muy distinto y por personas no especialmente familiarizadas con los problemas de optimización ni los algoritmos genéticos gracias a los paquetes de software comercial que, precisamente por esto, los incorporan.

La presente investigación fue de tipo aplicada, el método fue el método científico, de nivel explicativo, cuyo objetivo fue analizar el problema de la modernización/ampliación de un sistema de distribución de agua que se enfrenta a unas necesidades de demanda creciente y plantear la optimización de su diseño y operación en vistas a satisfacer múltiples requisitos distinta naturaleza, económicos,

medioambientales, de calidad, de presión de servicio y de operación en general, utilizando unos recursos de software comercial y gratuito al alcance de cualquier estudiante o profesional no necesariamente familiarizado con las técnicas de optimización heurísticas, concretamente, algoritmos genéticos. La red está compuesta por un total de 469 líneas, de las cuales 11 son bombas y 6 son válvulas. Las tuberías permiten la conexión de la fuente (Source) con los 406 nudos de la red, de los que 7 son depósitos (T1 a T7). Un total de 348 nudos tienen un consumo aplicado, según 5 patrones de demanda (DMA1\_pat a DMA5\_pat).

Mora, (2012) en su tesis titulada *Diseño de redes de distribución de agua mediante Algoritmos Evolutivos. análisis de eficiencia* sustentada en la Universidad Politécnica de Valencia, llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los algoritmos evolutivos abarcan distintas técnicas de optimización, cuya característica común es la evolución de una primera solución aleatoria del problema hacia posiciones más ventajosas dentro del espacio de soluciones. La versatilidad de estas técnicas permite su utilización en todo tipo de procesos de optimización relacionados con la ingeniería del agua, pero hasta el momento no existía ningún trabajo que permitiera comparar estas técnicas entre sí, a fin de evaluar cuál es la más adecuada para cada proceso de optimización.
2. Esta tesis ha analizado en profundidad algunas de estas técnicas evolutivas, seleccionando una serie de ejemplos de aplicación a partir de los cuales se sacan distintas conclusiones acerca de la utilización de estas técnicas en procesos de diseño de redes de distribución de agua.

3. La única desventaja de los algoritmos evolutivos frente a otras metodologías de diseño es la necesidad de tener ciertos conocimientos previos que permitan ajustar correctamente los distintos parámetros de cada una de estas técnicas, reduciendo en lo posible el factor aleatorio que arrastra de forma intrínseca la propia formulación de estos modelos de optimización. En este sentido, la mayor carga de trabajo en esta tesis se encuentra focalizada en el análisis estadístico realizado para cada uno de los modelos de optimización propuestos, con el objetivo de obtener unas reglas básicas de configuración que permitan la utilización de este tipo de modelos con total confianza. Del mismo modo, este tipo de análisis permite la toma de decisiones en cuanto a cuál puede ser la técnica más adecuada en el dimensionado de redes de agua.

Cada metodología de diseño tiene sus propios parámetros de ajuste, que determinan en cada caso un modelo de comportamiento en la búsqueda del óptimo del sistema. En uno de los capítulos, la tesis ha analizado individualmente todos los modelos evolutivos de optimización desarrollados, tomando distintos criterios de análisis que permitan la toma de decisiones en cuanto a cuál es la mejor opción posible para el diseño de redes de distribución de agua.

### **Antecedentes nacionales**

Díaz y Vargas, (2015) en su tesis titulada *Diseño del sistema de agua potable de los caseríos de Chagualito y Llurayaco, distrito de Cochorco, provincia de Sánchez Carrión aplicando el método de seccionamiento* sustentada en la Universidad Privada Antenor, Trujillo, Perú, llegaron a las siguientes principales conclusiones:

1. El cálculo poblacional y desarrollo urbano, presentado para el año 2035 (Distrito Cochorco) es de 185 habitantes. Con la infraestructura de agua potable proyectada se logra elevar el nivel de vida y las Condiciones de salud de cada uno de los pobladores.

Las presiones, pérdidas de carga, velocidades y demás parámetros de las redes de agua potable han sido verificados y simulados mediante el uso de hojas de Excel y EPANET.

2. Se realizó el estudio del proyecto de Diseño del Sistema de Agua Potable de los Caseríos de Chagualito y Llurayaco, Distrito de Cochorco, Provincia de Sánchez Carrión aplicando el Método de Seccionamiento. La topografía de la zona de estudio no es tan variable oscilan entre una inclinación pequeña. Los diámetros utilizados en la red principal de agua potable son de 3/4", 1" y 1 1/2".
3. Se han determinado las acciones de mitigación de los impactos ambientales, y creando un programa de concientización para la población dando a conocer a los habitantes de Chagualito y Llurayaco la importancia de este tema. Para el diseño del sistema de abastecimiento de agua se utilizó el programa de AutoCAD civil 3D y EPANET considerándose tuberías de PVC, con un coeficiente de rugosidad de 150 y se consideró cámaras rompe presión clase 7.

El objetivo de esta investigación fue Diseñar el sistema de agua potable de los caseríos de Chagualito y Llurayaco, distrito de Cochorco, Sánchez Carrión aplicando método de seccionamiento. La población en los caseríos de Chagualito y Llurayaco es de 28 familias. El diseño del sistema es para toda la población de los caseríos de Chagualito y Llurayaco, entonces la muestra fue 28 familias. Fue de tipo aplicada y de nivel descriptivo.

Chuquicondor, (2019) en su tesis titulada *Mejoramiento del servicio de agua potable en el caserío Alto Huayabo - San Miguel de El faique – Huancabamba - Piura- enero-2019*

sustentada en la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Piura, Perú, llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. El proyecto beneficiará a 25 viviendas que suman una población de 125 habitantes y se proyectará a 20 años para una población de 187 habitantes, elevando la calidad de vida de los habitantes y disminuyendo las enfermedades que aquejan al Caserío.
2. Se realizó el diseño la red de agua potable del Caserío Alto Huayabo haciendo uso de los Softwares AutoCAD y WaterCAD, así poder verificar las presiones y velocidades y cumplan con lo establecido en el RM-192-2018-VIVIENDA.
3. En algunos Nodos las velocidades son inferiores a las que nos dice el RM- 192-2018-VIVIENDA. Se ha proyectado válvulas de romper presión en total 3 y un reservorio en la parte alta para abastecer a dicho lugar.
4. La línea de conducción se diseña teniendo en cuenta el máximo caudal diario y la línea de distribución se diseña utilizando el caudal máximo horario, teniendo en cuenta que las presiones no sobrepasen los 50 mca y las velocidades no sobrepasen los 3 m/s. y presenta una longitud de 2096ml de tuberías de 1” y ¾”.

La investigación fue de tipo visual personalizada y directa descriptivo. El diseño de la investigación tuvo como base los principales métodos, los cuales fueron: Análisis, estadístico, descriptivo etc. La investigación se desarrolló, haciendo un planteo de un diseño para distribuir de una forma factible el servicio para los beneficiados. El trabajo se basa en la recopilación de datos de cada una de las viviendas que serán beneficiadas. Para el resultado se usó el WaterCAD se obtuvo los cuadros de los Nodos



y Tuberías aquí verificaremos las presiones, las cuales todas cumplen y no sobrepasan los 50 m.c.a como lo especifica la RM-192-2018-VIVIENDA con estos datos es para elaborar la red de agua de potable del Caserío Alto Huayabo. El proyecto beneficiara a 25 viviendas que suman una población de 125 habitantes y se proyectara para una población de 187 habitantes, elevando la calidad de vida de los habitantes y disminuyendo las enfermedades que aquejan al caserío.

Doroteo, (2014) en su tesis titulada *Diseño del sistema de agua potable, conexiones domiciliarias y alcantarillado del asentamiento humano Los Pollitos - Ica, usando los programas Watercad y Sewercad* sustentada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, llegó a las siguientes principales conclusiones:

1. De acuerdo a la Norma OS.050 la presión estática en cualquier punto de la red no deberá ser mayor de 50 m H<sub>2</sub>O; por lo tanto, al revisar la presión máxima que posee el sistema se concluye que el diseño cumple la normativa vigente al presentar una presión máxima de 24.90 m H<sub>2</sub>O.
2. De acuerdo a la Norma OS.050, en condiciones de demanda máxima horaria, la mínima presión no será menor de 10 m H<sub>2</sub>O; por lo tanto, al revisar la presión mínima que posee el sistema (ver Tabla 13) se concluye que el diseño cumple la normativa vigente al presentar una presión mínima de 17.10 m H<sub>2</sub>O.
3. De acuerdo a la Norma OS.050 la velocidad máxima en la red de agua potable deberá ser de 3 m/s; por lo tanto, al revisar los valores obtenidos se concluye que el diseño cumple con la normativa vigente dado que la velocidad máxima es de 3.17 m/s lo que indica que la diferencia entre lo estipulado por la norma y el valor

obtenido es mínima y se acepta como velocidad máxima.

4. De acuerdo al Reglamento de Elaboración de Proyectos Condominiales de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas y Periurbanas de Lima y Callao, emitido por SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima), en el cual se estipula que: “Las velocidades de flujo recomendadas en la tubería principal y ramales de agua potable serán en lo posible no menores de 0.60 m/s”; las velocidades que se obtienen al realizar la segunda iteración de la red de agua potable y que se encuentren por debajo del valor recomendado serán aceptadas como parte del diseño dado que lo indicado por SEDAPAL no es de carácter restrictivo con respecto a las velocidades menores al valor de 0.60 m/s.
5. De acuerdo a la Norma OS.050 el diámetro mínimo para las tuberías principales en una red de distribución de agua potable es de 75 mm; por lo tanto, al revisar los valores obtenidos se concluye que el diseño cumple con la normativa vigente.
6. La Norma OS.070 concerniente a redes de aguas residuales, establece los siguientes valores a considerar en el diseño de una red de alcantarillado: El caudal mínimo a considerar será de 1.5 l/s, la pendiente mínima será de 5.7 m/km y la velocidad máxima será de 5 m/s. De acuerdo a los valores anteriores y los obtenidos en el diseño de la red de alcantarillado se puede apreciar que se cumple con la normativa vigente.

El objetivo de este trabajo consiste en el diseño del sistema de agua potable, conexiones domiciliarias y alcantarillado con la finalidad de mejorar estos servicios en el Asentamiento Humano Los Pollitos de la ciudad de Ica, que conllevará a obtener una

baja incidencia de enfermedades infectocontagiosas de la población del A.A.H.H. Los Pollitos. La investigación fue de nivel explicativo y de tipo aplicada.

## **2.2. Bases teóricas y científicas**

### **2.2.1. Redes de distribución de agua potable**

Una Red de Distribución de Agua Potable viene a ser el conjunto de tuberías que trabajan a presión, estas tuberías se instalan en las vías de comunicación de las ciudades y a partir de las cuales serán abastecidas diferentes parcelas o edificaciones. La Red de Distribución de Agua Potable hace posible que el agua llegue desde el lugar de captación al punto de consumo en condiciones correctas, tanto en calidad como en cantidad. Este sistema se puede clasificar por la fuente de donde se toma el agua: agua de mar, agua superficial (de lagos o ríos), agua de lluvia almacenada, agua subterráneas y las aguas procedentes de manantiales naturales.

### **2.2.2. Clasificación Redes de distribución de agua potable (RDAPS)**

Las redes se clasifican de acuerdo a su clasificación básica en los siguientes tipos:

#### **2.2.2.1.Redes Abiertas**

Según Saldarriaga, (2016) se caracterizan por no tener ningún *circuito cerrado* en el sistema. Los ejemplos típicos de este grupo son las redes de tubos madres o líneas expresas en sistemas de distribución de agua potable. Un sistema de tuberías que une una batería de pozos de agua con un tanque de abastecimiento o una planta de tratamiento, la red contra incendios en el interior de una edificación o el sistema conformado por la tubería principal y las tuberías secundarias en un

sistema de riego localizado de alta frecuencia, son otros ejemplos de sistemas de tuberías descritos como redes abiertas.

#### **2.2.2.2.Redes Cerradas**

Saldarriaga, (2016) manifiesta que son conocidas también como sistemas con circuitos cerrados o ciclos. Su característica primordial es tener algún tipo de circuito cerrado (loop en inglés) en el sistema. El objetivo es tener un sistema redundante de tuberías: cualquier zona dentro del área cubierta por el sistema puede ser alcanzada simultáneamente por el flujo de más de una tubería, aumentando así la confiabilidad del abastecimiento.

En este tipo de red que usualmente conforma el sistema de distribución de agua potable de una ciudad.

#### **2.2.2.3.Redes Dendríticas**

Saldarriaga, (2016) manifiesta para este tipo de redes se van a utilizar en los sistemas de riego a presión, en particular en los de riego localizado de alta frecuencia. Podemos mencionar que al igual que en las redes abiertas, las de riego tampoco tienen circuitos cerrados, pero a diferencia de aquellas, las tuberías se bifurcan constantemente para cubrir todo el terreno que debe irrigarse.

### **2.2.3. Teoría sobre redes de agua potable**

Saldarriaga, (2016) manifiesta que además de conocer las demandas de agua en los nudos y la presión mínima dada por una norma urbana, Para el diseño de una RDAP es necesario conocer su topología: las coordenadas X, Y, Z de cada uno de sus nudos y accesorios importantes, la conectividad entre los nudos de la red (siempre a través de tubos) y las características físicas de las tuberías con excepción de su diámetro, es decir longitud, coeficiente de pérdidas menores y rugosidad absoluta. También es necesario conocer las coordenadas y la línea piezométrica de cada una de las fuentes de agua (tanques probablemente) que alimentarán la red bajo diseño.

El problema de diseño se ha resuelto tradicionalmente por ensayo y error orientado por la experiencia del diseñador o por reglas dadas por organismos encargados del manejo del agua potable. De esta manera es posible encontrar una solución factible al problema; sin embargo, este método no tiene ningún criterio de optimización económica, lo cual lleva a diseños funcionales desde el punto de vista hidráulico, pero con costos de construcción, operación y mantenimiento elevados.

### **2.2.4. Parámetros de diseño**

#### **2.2.4.1. Estimación de los caudales de consumo**

El diseño de una RDAP requiere que el caudal en cada sección de la ciudad sea estimado con un grado de aproximación razonable. Por consiguiente, el primer paso en el diseño de este tipo de sistema involucra la predicción del desarrollo futuro del mismo. Muchas ciudades tienen planes de desarrollo que establecen diferentes usos de la tierra en las diferentes zonas de la ciudad (industrial, comercial, público y residencial). De existir tales planes son el mejor punto de inicio, puesto que el consumo de agua normalmente se puede relacionar con el uso

de la tierra. En la práctica de la ingeniería se han desarrollado modelos multivariados que relacionan el consumo de agua con la clase de usuario en comunidades y ciudades individuales.

Tales modelos requieren que el patrón de uso en la ciudad sea analizado de manera cuidadosa con el fin de desagregar el consumo total. Por otro lado, algunas ciudades o estados han desarrollado una serie de normas de diseño en las cuales se especifican los caudales de diseño de sus redes. En la Norma técnica vigente nos señala la estimación futura, periodo de diseño, tasas de crecimiento y los criterios de diseño.

#### **2.2.4.2. Presiones requeridas en la red de abastecimiento**

Las presiones en RDAPs varían de 5 mca a 60 mca (49.03 a 588.38 kPa aproximadamente) según la nueva norma técnica peruana.

La Asociación Americana de Obras de Agua (American Water Works Association, AWWA) recomienda una presión estática normal de 40 a 50 m, ya que tal cantidad abastecerá agua en edificios de hasta diez pisos de altura, al tiempo que suministrará el agua para sistemas de aspersores contra incendios en edificios de hasta cuatro o cinco pisos de altura, permitiendo también caudales contra incendios sin el uso de camiones de bomberos. De igual manera se tendrá un razonable margen de seguridad en caso de que ocurran altas demandas o cierres parciales en el sistema de suministro de agua.

Con respecto a ciudades pequeñas el rango de 15 m a 30 m representa presiones adecuadas para el uso normal y para el evento de pequeños incendios. Por lo común en este tipo de ciudades se hace necesario el uso de carros de bomberos con el fin de combatir los posibles incendios. Aquellos edificios que

superan la altura permitida por las normas de sistemas de distribución de agua potable de una ciudad deberán tener su propio sistema de aumento de presión para cubrir el consumo normal y de ser necesario para ayudar a la extinción de incendios.

A partir de las anteriores consideraciones y conociendo la distribución de zonas rural, se establece la presión mínima requerida en cada uno de los nudos de la red de abastecimiento. Esta presión mínima es uno de los datos de entrada más importantes para los programas de diseño de dicha red.

#### **2.2.4.3. Asignación inicial de diámetros**

Con el fin de determinar la distancia topológica de un nudo a la fuente (distancia que recorre el agua desde un punto de almacenamiento antes de llegar a un nudo) es necesario conocer la hidráulica previa de la red, es decir los sentidos de flujo del agua, por lo que es importante asignar inicialmente un diámetro a cada tubería. Se recomienda asignar el menor diámetro comercial disponible a todas las tuberías lo que garantiza que la distribución de caudales sea lo más independiente posible del diseño y hace que el agua fluya de las fuentes de abastecimiento hacia los nudos y no en sentido contrario. Después de conocer la hidráulica de la red, es decir que caminos toma el agua antes de llegar a un nudo, se calcula la distancia topológica de cada nudo.

Conociendo la distancia topológica se puede asignar a cada tubería un diámetro inversamente proporcional a esa distancia, es decir entre más lejos se encuentren la tubería de la fuente de abastecimiento, menor debe ser su diámetro.

### **2.2.5. Diseño de redes de agua potable tradicional**

Saldarriaga, (2016) manifiesta el diseño detallado de un sistema de distribución de agua potable está afectado por la topografía local, por las densidades poblacionales existentes y proyectadas, por la demanda comercial e industrial en primer lugar calcular los caudales unitarios y los tamaños de tuberías primarias, secundarias y el sistema de distribución requerido para asegurar las presiones y velocidades deseadas para diferentes condiciones de flujo estas condiciones de diseño de basan en los caudales Poblacional más el caudal de Otros usos para dicho estudio no se contempla caudales contra incendio.

El procedimiento para el diseño tradicional de la red de distribución de agua potable puede esquematizarse de la siguiente manera

1. desagregar los caudales en las diferentes manzanas u otras sub áreas de la cuidad.
2. concentrar los caudales desagregados en los nudos del sistema.
3. Seleccionar los diámetros iniciales de las tuberías utilizados los criterios expuestos.
4. utilizar algunos métodos establecidos para el análisis de RDAPS, con el fin de calcular las presiones de cada nudo y los caudales en cada tubería.
5. Comparar las presiones y velocidades en la red balanceada con los criterios establecidos. Ajustar los diámetros de la tubería para reducir o aumentar las velocidades y presiones y repetir el proceso hasta que se obtenga una solución satisfactoria.
6. Aplicar cualquier otra condición de caudal de incendio que pueda ser crítica y reevaluar las velocidades y las presiones del sistema de distribución. Ajustar los diámetros de la tubería tal como sea necesario



## **2.2.6. Inteligencia artificial en el diseño de redes de agua potable**

### **2.2.6.1. Modelo de Solución**

El diseño de redes de distribución de agua potable se debe modelar como problema de optimización combinatoria en donde las variables de decisión son los diámetros de cada una de las tuberías de la red. El problema consiste en determinar un conjunto de diámetros en forma tal que se minimice una función de costo sujeta a restricciones hidráulicas, comerciales y de construcción. Se demuestra que la solución al problema de diseño de una RDAP nueva, con restricciones es un problema NP-DURO. Esto significa que es un problema el cual no se conoce un algoritmo con complejidad de orden polinomial que lo resuelva. Esto lo convierte en un problema intratable de manera formal. Las restricciones hidráulicas de conservación de masa y de conservación de energía, pueden manejarse mediante un motor de cálculo hidráulico. La restricción de presión mínima depende de la legislación técnica en la ciudad en la que planea construir la red.

La restricción comercial se maneja al permitir que los resultados del método sean únicamente los diámetros comerciales en los que son producidos los diferentes tubos de cada material disponible en el sitio de la nueva RDAP. Estos diámetros son parámetros de entrada al problema de diseño; nuevamente es aconsejable diseñar la red de distribución tantas veces como materiales haya disponibles. En los pasos intermedios del proceso de diseño se puede trabajar con otros diámetros diferentes a los disponibles comercialmente, por ejemplo, majejando valores continuos para los diámetros, pero al final del proceso deben ser diámetros comerciales que pertenecen al conjunto de los que se especificarán como parámetros de entrada.

### **2.2.6.2.El diseño óptimo de una red de distribución de agua**

Según Nicklow, et al (2010) los sistemas de distribución de agua están compuestos por una serie elementos interconectados entre sí (fuentes, tuberías, bombas, depósitos, válvulas) dispuestos de manera que se entregue la cantidad de agua demandada por los consumidores a una presión adecuada, con la calidad requerida (cuestión importante por temas de seguridad y salubridad) y de manera fiable, esto es continua, que además sea rentable y sostenible.

Para Ostfeld y Tubaltzev, (2008) mientras que el análisis de una red permite conocer cómo funciona ésta dada su particular configuración (obtener los caudales y presiones en los distintos puntos de la red, por ejemplo), el diseño es la fase en la que se seleccionan el tamaño y características de los componentes del sistema para que éste funcione como sería de esperar ante un determinado escenario.

Mora (2012) nos menciona, sin embargo, son varias y muy distintas las cuestiones a tener en cuenta para que el diseño de la red además de ser correcto resulte el óptimo. Junto con el diseño se deben considerar la operación, el mantenimiento y todo lo relacionado con la planificación y administración de la red en general. En el diseño óptimo intervienen, por tanto, variables de naturaleza hidráulica y de naturaleza económica.

Para Raad (2011) la tarea de optimizar una red no es sencilla y requiere de un notable esfuerzo e inversión en tiempo y dinero. Dentro de la optimización se deben barajar diferentes alternativas de tamaño de las tuberías y operación de otros elementos, para distintas configuraciones de la red, y obtener para cada caso los valores de caudal y/o presión, lo que ya es en sí mismo un problema de consideración.

El diámetro de las tuberías será uno de entre una gama comercial de diámetros disponible en el mercado, cada uno con un determinado costo unitario asociado. Por otro lado, en el caso de una red existente que requiera de rehabilitación, las opciones a considerar para cada tubería pueden ir desde una profunda limpieza del interior que reduzca su rugosidad, a colocar una nueva tubería en paralelo para aumentar la capacidad en ese tramo, a remplazarla o hasta simplemente suprimirla.

En los depósitos las alternativas de diseño pueden ir desde su volumen (a mayor volumen mayor coste) hasta el punto de emplazamiento más adecuado dentro de la red. En cuanto al volumen de cada depósito, éste debe ser suficiente para ayudar en el suministro a la red en los momentos de picos de demanda o incluso de fallo en el sistema, pero, por otro lado, debe ser ajustado para que se llene y vacíe durante su ciclo de operación y evitar así problemas de desbordamiento y de estancamiento del agua. Si se trata del diseño de una nueva red o de una zona de expansión, puesto que los depósitos deben contribuir a mantener la presión de servicio en el sistema, el emplazamiento óptimo dependerá de dónde se presenten problemas de presiones negativas o insuficientes para dar ese servicio a la presión requerida.

Los bombeos también pueden instalarse en cualquier punto de la red para así aportar la energía adicional que requiere el sistema cuando sea necesario. En la optimización deben tenerse en cuenta los distintos modelos de bombas disponibles, cada uno con una curva característica de funcionamiento y de rendimiento, por lo que la operación de cada bomba es distinta según el estado de presiones y caudales de la red.

Las válvulas se introducen para cambiar el perfil de caudales, a menudo para reducir la presión aguas abajo de su punto de instalación. Si la red ya existe, pero se quiere mejorar su desempeño, con la optimización se buscará la mejor alternativa de operación dentro de la red (estado y consigna de la válvula). Si por el contrario se pretende el diseño de una nueva red o zona se puede localizar, además, el punto más adecuado para su instalación.

En muchas ocasiones la optimización se lleva a cabo durante el periodo de punta de consumo, como si de un estado estacionario se tratase, dado que si la red responde adecuadamente frente a las demandas punta lo hará frente a otras menores. Sin embargo, con bajas demandas puede existir el riesgo de que en algunos puntos se alcancen presiones demasiado altas, que incluso pudieran superar el límite máximo admisible, por lo que habría que simular y analizar la red incluso para el caso extremo de que se anulasen las demandas.

Cuando se incluye el diseño de los depósitos, para que los parámetros de diseño de los mismos conduzcan a una operación lo más eficiente posible, se deben simular las entradas y salidas de caudal que tienen lugar a lo largo de todo el ciclo de funcionamiento del sistema, por lo que un análisis en periodo extendido resulta inevitable.

El diseño óptimo supone encontrar una solución de equilibrio entre los varios objetivos que se pretende alcanzar y que se encuentran en conflicto. Y esta no es cuestión baladí. El problema requiere de un gran esfuerzo de cálculo que se espera resolver en un espacio de tiempo razonable.

El tratamiento del problema de optimización de una RDAP ha evolucionado desde cuando el ingeniero concebía la red basándose en su experiencia y la optimización consistía en determinar las características de los elementos que mejor

conjugasen con el diseño preconcebido. En los sistemas complejos de la realidad, el ingeniero podría aplicar su experiencia y ciertas reglas de oro para acabar planteando tan solo un puñado de soluciones factibles, pero esto llevaría a reducir drásticamente el espacio de decisión. Con los avances de la informática y la tecnología se ha ido abandonando esta forma artesanal de proceder para desarrollar y utilizar herramientas que permiten resolver esta cuestión de forma total o parcialmente automática.

Este problema de la optimización de una RDAP es no lineal. Las restricciones de carácter hidráulico se formulan mediante ecuaciones que no son lineales y los cambios hechos sobre un componente pueden influir sobre el funcionamiento de otro.

Una exhaustiva búsqueda del óptimo también implica que cada elemento del sistema pueda tomar todos y cada uno de los posibles valores admisibles para la variable de decisión o parámetro a optimizar, lo cual supone la generación de múltiples combinaciones candidatas a ser solución, creciendo este número de forma exponencial conforme aumenta el número de elementos de la red implicados. La complejidad de la búsqueda aumenta, en consecuencia, al ritmo  $w^k$  donde  $k$  es el número de elementos y  $w$  el número de opciones de diseño de cada uno.

Lansey (2004) indica que el gran número de variables implicadas también supone que el problema puede llegar a ser NP-duro. El tiempo de cálculo que se requiere para resolverlo crece exponencialmente con el número de variables y no existe algoritmo capaz de resolverlo en un tiempo polinomial.

En el caso de las RDA, la optimización requiere de realizar un elevado número de simulaciones hidráulicas para comprobar la factibilidad de las soluciones propuestas por el algoritmo de optimización. El proceso se inicia con la

generación de una solución o de una población de posibles soluciones. Mediante un simulador hidráulico se comprueba cuáles de estas soluciones candidatas son factibles bajo diferentes escenarios de demanda, pudiendo analizar el funcionamiento de la red incluso en periodo extendido. La información de presiones en los nudos y caudales en las líneas de la red retroalimenta el proceso de optimización, se calcula el valor que alcanza cada solución en la función objetivo, según el cual se mantendrá en la población o desechará, y se genera una nueva serie de soluciones candidatas.

### **2.2.6.3. Metodología de superficie óptima de gradiente hidráulico**

De acuerdo con Saldarriaga, (2016) la metodología de Superficie Óptima de Gradiente Hidráulico (SOGH) es una metodología de diseño aplicable a sistemas de tuberías fluyendo a presión con cualquier topología, cualquier topografía y con diferentes fuentes de abastecimiento, como es el caso de las redes abiertas y cerradas, las redes de distribución de agua potable, las redes contra incendios en edificaciones y las redes de riego a presión, entre otros tipos de sistemas. La metodología SOGH es una expansión del criterio de Línea Óptima de Gradiente Hidráulico (LOGH) en tuberías en serie. La metodología se basa en determinar la LGH de cada nudo como base para determinar las pérdidas hidráulicas objetivo que tiene cada tubería y proceder a su diseño. El resultado es una red de mínimo costo, antes de iniciar con las etapas de la metodología es importante establecer valores como la presión mínima requerida, los coeficientes de la función de costos, los diámetros comerciales disponibles y una ecuación de pérdidas por fricción (Darcy-Weisbach o Hazen-Williams).

Las etapas que conforman la metodología se describen a continuación:

1. Determinación de la distancia de los nudos a la fuente
2. Asignar diámetros iniciales de los nudos a las fuentes.
3. Estimar la flecha optima.
4. Realizar una simulación hidráulica para determinar caudales y sentido de flujo
5. Calcular la superficie optima de gradiente hidráulico; es decir estimar la LGH ideal para cada nudo.
6. Aplicar una función en términos de distancia calculada en el punto anterior para calcular la altura piezométrica ideal en cada nudo.
7. Asignar a cada tubo una pérdida de energía objetivo igual ala diferencia igual a las alturas piezométricas entre sus nudos inicial y final.
8. Como los diámetros actuales y las pérdidas de energía del paso 7 hacer una simulación hidráulica para calcular los caudales en cada uno de los tubos de la red haciendo uso de los diagramas de flujo.
9. Con los caudales obtenidos en el paso anterior y las pérdidas del paso 7 calcular los diámetros de cada tubo, utilizando el diagrama de flujo el cual corresponde al diseño de una tubería simple.
10. Repetir los pasos 8 y 9, en forma iterativa, hasta que la diferencia entre las alturas piezométricas obtenidas en el paso 7 y las alturas piezométricas ideales (paso 2) sean menores a un error máximo admisible.
11. Aproximar los diámetros a diámetros comerciales.

#### **2.2.6.4. Metodología programación por restricciones**

Es un método computacional moderno que se utiliza en el diseño de RDAPS en la programación por restricción (PR), una de las raíces es la inteligencia artificial (IA) donde los investigadores se enfocan en el uso de lógica y deducción para la

resolución de problemas complejas. es un paradigma para para la solución de problemas combinatorias de optimización se puede resolver definiéndolos como varias instancias de un problema de satisfacción de restricción. Una instancia de problema de satisfacción de restricción se describe mediante un conjunto de variables, un conjunto de variables de restricciones entre las variables. Al conjunto de los posibles valores de una variable se denomina el dominio de la variable.

Una restricción entre variables expresa las combinaciones de los valores de las variables que están permitidos. Las restricciones pueden ser implícitas o explícitas de donde cada restricción se expresa como un conjunto de parejas de valores que cumple la restricción. La pregunta que se desea responder para una instancia de un problema de satisfacción de restricciones (CSP) si existe o no una combinación de valores que satisfaga las restricciones. A esta combinación se le denomina una solución del problema de satisfacción de restricciones.

Una de las ideas de la PR es que las restricciones se pueden usar activamente para reducir el esfuerzo computacional necesario para resolver problemas combinatorios. Las restricciones se usan para verificar la validez de la solución y para remover valores del dominio de las variables, deducir nuevas restricciones y detectar inconsistencias. Las reducciones específicas que resulta de la remoción de valores de dominio se llama *reducción de dominio* (domain reduction). Al conjunto de valores de dominio de una variable que no ha sido invalidado por la programación de restricción se le denomina *dominio actual* (current domain) de esa variable.

En general un problema CSP es NP completo (el problema de diseño de redes de distribución de agua potable es NP – Duro, tal como se mencionó anteriormente), y La programación de restricciones es usualmente incompleta. Esto



significa que se deduce algunas de las consecuencias de un conjunto de restricciones, pero no todas. En particular la progresión de restricciones no puede detectar todas las inconsistencias; este hecho implica que deba usar un algoritmo de las búsquedas para determinar si el problema de satisfacción de restricciones tiene solución. La mayoría de la búsqueda se hace con algoritmos de búsqueda en árboles. Los dos componentes principales son. Como ir hacia adelante, es decir, la definición de que decisiones tomar en un punto de la búsqueda. Como devolverse al detectar inconsistencias.

La estrategia de que hacer en un punto de la búsqueda se conoce como la heurística de la búsqueda. En general las decisiones que se toma corresponden a la adición de nuevas restricciones.

#### **2.2.6.5. Método algoritmo genético (AG) aplicado al diseño de RDAPs**

De acuerdo con Goldberg, (1989), para el diseño optimizado de RDAPs se puede utilizar un AG simple el cual se caracteriza porque los individuos (o redes) son escogidos a través de una rutina de rueda de la fortuna, la probabilidad de escogencia es inversamente proporcional al valor de la función de costo. Adicionalmente, la primera generación de individuos se genera a través de un proceso aleatorio. En caso de optar por un algoritmo genético simple como este, se requerirá dos operadores adicionales: uno para reducir el error estocástico naturalmente asociado con la rutina de la ruleta de la fortuna; y el otro con el fin de asegurar que el algoritmo no se atasque en mínimo local una vez inicie el proceso. Saldarriaga, (2016) nos menciona, los algoritmos genéticos son métodos de optimización combinatoria que se han venido usando ampliamente en los últimos años para resolver el problema de diseño óptimo de RDAPS. El AG más común

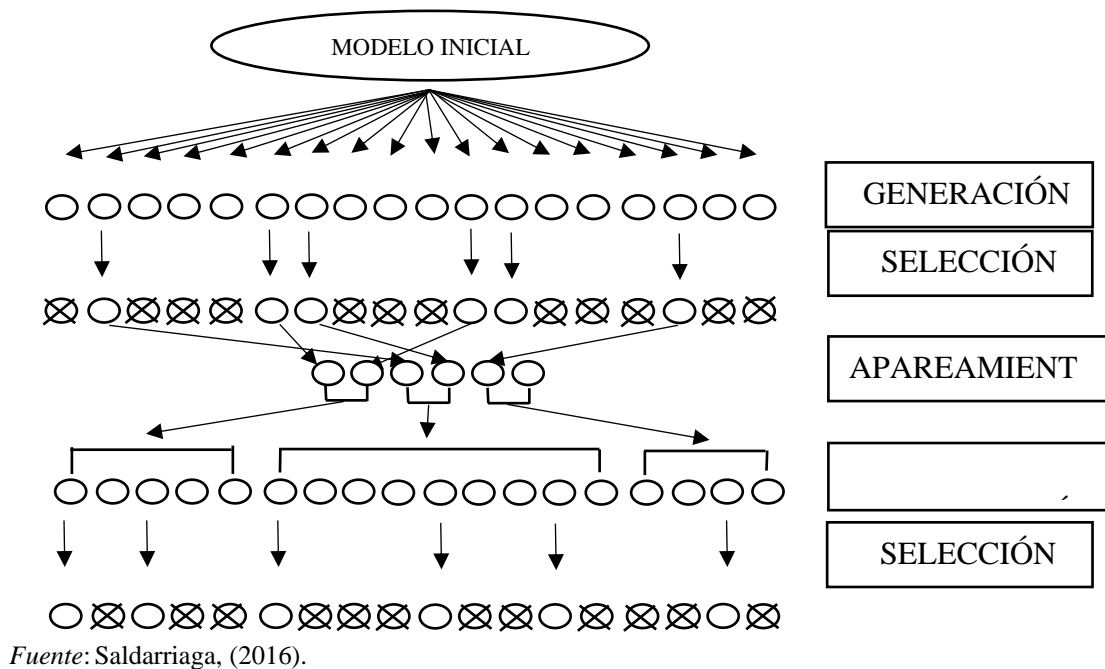
para resolver este problema está basado en un AG estándar, pero incluyendo un nuevo operador de mutación que permite transiciones más suaves entre un modelo de red y otro. Por modelo de red, o individuos, se entiende una de las posibles combinaciones de tamaño de diámetro para cada uno de los tubos que la conforman.

Los AG son un modelo de búsqueda aleatoria por el espacio de solución, que simula el proceso de selección natural en la evolución de las especies vivas. El hecho que sea aleatorio implica que no se puede garantizar encontrar el mínimo global, ni siquiera un mínimo local de la función de costos. Este tipo de algoritmo va buscando por el espacio de solución seleccionado los mejores individuos que representa una posible solución del problema. La aplicación de este tipo de algoritmo en caso de las RDAPS a mostrado que después de un número razonable de generaciones se encuentra una solución cuyo costo es relativamente bajo.

Los AG no incluye el manejo de restricciones como las descritas anteriormente, pero estas se pueden simular un término en la ecuación de costos que crece en función de la magnitud de la violación de las restricciones. Esto implica que no se puede evitar que algunos o todos los individuos de determinada generación que tenga violaciones en las restricciones del problema; sin embargo, al adicionar un término de penalización a la función de costos hace que la función de costos sea muy alta en los individuos con violaciones a las restricciones del problema. Esto hace que después de cierto número de iteraciones la gran mayoría de los individuos se mantengan dentro del espacio factible de solución del problema.

**Figura 1**

*Esquema del proceso de selección natural simulado por los AG*



#### 2.2.6.6. Método Optimización combinatoria

Saldarriaga, (2016) en su libro de hidráulicas de tuberías implementa una nueva metodología de diseño optimizado en el programa redes que consiste en ensamblar diferentes algoritmos, que influyen la determinación de una superficie optima de presiones, PR y AG, en un sistema que puede usar la salida de cada algoritmo para seguir mejorando los resultados a fin de hallar una aproximación al diseño de costos mínimo de redes de distribución de agua potable. Esta metodología es computacional mucho más rápido que otros tipos de algoritmo. Además, es posible optimizar soluciones conocidas para hallar otros de menor costo.

### 2.3. Definición de términos

**Balance de cantidad:** Como parte de la solución de problemas relativos a redes abiertas de tuberías es necesario utilizar el concepto de balance

de cantidad en cada uno de los nudos o uniones de la red. En esencia el balance de cantidad consiste en utilizar la ecuación de conservación de la masa en cada nudo.

**Bombas:** Las bombas reciben la energía mecánica proveniente de un motor a través de la flecha con el fin de elevar la carga de presión del agua para conducirla en la tubería. La gran mayoría de los sistemas de distribución y líneas de conducción de agua potable incorporan bombas en sus instalaciones para trasladar el agua a través del sistema o mantener presiones requeridas.

**Comprobación de diseño:** En el caso de redes abiertas la comprobación de diseño se lleva a cabo suponiendo las alturas piezométricas en cada uno de los nudos. Una vez supuestas estas alturas es fácil calcular los caudales en cada uno de los tubos matrices para luego comprobar que se cumpla la ecuación de conservación de la masa en cada nudo.

**Diseño en sí:** En el caso de diseño en sí de sistemas de tuberías es importante recordar que una vez que se fija una altura piezométrica en algunos de sus nudos, el diseño resultante queda condicionado a dicha suposición. Por consiguiente, para el diseño de sistemas de tuberías no se debe fijar nunca una altura sin hacer uso de una función de optimización.

**Hidrantes:** Los hidrantes son conexiones especiales de la red que se ubican a cierta distancia, distribuidos en las calles. Existen dos tipos de hidrantes públicos y contra incendio. Los hidrantes públicos consisten en llaves comunes colocadas en pedestales de concreto o de mampostería, que

pueden usarse como llaves comunitarias, pues pueden emplearlos varias familias dependiendo de su cercanía con el hidrante.

**Modelos gobernadores de demanda:** Son los modelos matemáticos de sistemas de tuberías en los que las demandas de agua son constantes, es decir son independientes de la presión en los correspondientes nudos de salida.

**Método de la teoría lineal:** Método de cálculo de la hidráulica de redes basado en el Álgebra Matricial sencilla. Hace uso de una arquitectura matemática matricial, para plantear las ecuaciones de conservación de la masa en los nudos y de energía en los circuitos, tangible e intangible.

**Tanques:** Los almacenamientos o tanques son utilizados en los sistemas de distribución de agua para asegurar la cantidad y la presión del agua disponible en la red. Según su construcción, pueden ser superficiales o elevados. Los superficiales se emplean cuando se dispone de terrenos elevados cerca de la zona de servicio.

**Tubería:** Una tubería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos. También sirven para transportar materiales que, si bien no son propiamente un fluido, se adecuan a este sistema: hormigón, cemento, cereales, documentos encapsulados, etcétera.

**Válvulas:** Las válvulas son dispositivos mecánicos que son empleados

para detener, iniciar o controlar las características del flujo en conductos a presión. Pueden ser accionadas manualmente o por medios automáticos o semiautomáticos. Así, existen accionadores eléctricos, hidráulicos o neumáticos, los cuales se usan en plantas de tratamiento o en instalaciones donde se requiere operar frecuentemente las válvulas.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

La Inteligencia Artificial influye de manera directa y positiva en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- a) La superficie óptima de Gradiente Hidráulico influye de manera directa y positiva en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017
  
- b) La programación por restricciones influye de manera directa y positiva en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.
  
- c) Los algoritmos genéticos influyen de manera directa y positiva en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.

- d) La Optimización Combinatoria influye de manera directa y positiva en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición conceptual de la variable**

#### **Variable Independiente (X): Inteligencia Artificial**

Una inteligencia artificial autónoma que pueda gestionar las redes de aguas de las ciudades, prevenir posibles problemas y, a la vez, aprender por sí misma para mejorar sus prestaciones.

#### **Variable Dependiente (Y): Redes de distribución de agua**

Una Red de Distribución de Agua Potable viene a ser el conjunto de tuberías que trabajan a presión, estas tuberías se instalan en las vías de comunicación de las ciudades y a partir de las cuales serán abastecidas diferentes parcelas o edificaciones.

### **2.5.2. Definición operacional de la variable**

#### **Variable Independiente (X): Inteligencia Artificial**

La inteligencia artificial comprende la Superficie óptima de presiones, Programación por restricciones, Algoritmos genéticos y Optimización Combinatoria

#### **Variable Dependiente (Y): Redes de distribución de agua**

Las redes se clasifican de acuerdo a su clasificación básica en los siguientes tipos: Redes abiertas, redes cerradas, redes mixtas.

## 2.6. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de Variables*

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>Variable Independiente</b> Inteligencia Artificial	Una inteligencia artificial autónoma que pueda gestionar las redes de aguas de las ciudades, prevenir posibles problemas y, a la vez, aprender por sí misma para mejorar sus prestaciones.	La inteligencia artificial comprende la Superficie óptima de presiones, Programación por restricciones, Algoritmos genéticos y Optimización Combinatoria	Superficie óptima de gradiente hidráulica	Cálculo de distancias Ecuaciones de caída de LGH ideal
			Programación por restricciones	Validez de la solución
			Algoritmos genéticos	Búsqueda aleatoria por el espacio de solución
			Optimización Combinatoria	Diseño de costo mínimo
<b>Variable Dependiente</b> Redes de distribución de agua	Una Red de Distribución de Agua Potable viene a ser el conjunto de tuberías que trabajan a presión, estas tuberías se instalan en las vías de comunicación de las ciudades y a partir de las cuales serán abastecidas diferentes parcelas o edificaciones.	Las redes se clasifican de acuerdo a su clasificación básica en los siguientes tipos: Redes abiertas, redes cerradas, redes mixtas.	Redes abiertas	Tubos madres en sistemas de distribución de agua potable
			Redes cerradas	Circuito cerrado en el sistema
			Redes dendríticas	Alta frecuencia

*Fuente:* Elaboración propia.



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

El método utilizado fue el Método Científico, ya que viene a ser un sistema de investigación empleado más que nada en la producción del conocimiento científico, donde estipula la medición y el criterio empírico como sus bases indispensables, así como el sometimiento a las pruebas del razonamiento. Esto quiere decir que el método científico es un mecanismo de análisis que permite, en teoría, discernir las experiencias científicas de las que no lo son.

#### **3.2. Tipo de investigación**

El presente trabajo es de tipo aplicada, ya que la investigación aplicada tiene como finalidad primordial la resolución de problemas prácticos inmediatos en orden a transformar las condiciones del fenómeno de estudio, su objetivo es resolver problemas prácticos para satisfacer las necesidades de la sociedad, estudia hechos y fenómenos de posible utilidad práctica, y utiliza conocimientos obtenidos en las investigaciones básicas, pero no se limita a utilizar estos conocimientos, sino busca nuevos conocimientos especiales de posibles aplicaciones prácticas. Se planteó la aplicación de conocimientos del uso de algoritmos para dar una propuesta de solución en lo concerniente a la optimización en redes de distribución de agua. De acuerdo a Sánchez (2019)

menciona que este tipo de investigación busca mejorar la realidad existente, pero no mediante la búsqueda de conocimientos sobre algún objeto, sino mediante una acción que modifica el entorno en este tipo de estudio la línea de investigación tiene el conocimiento suficiente , pero que en esta oportunidad se busca mejorar parte de la realidad existente (p.130).

### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de este estudio fue explicativo ya que este nivel mide y describe y analiza las causas y efectos de las características de los hechos o fenómenos. Se buscará especificar las propiedades, las características y los perfiles de la inteligencia artificial en el dimensionamiento de redes de distribución de agua. Es decir, no solo únicamente pretende medir y recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o variables a las que se refieren, sino que analiza la manera cómo influye una variable en otra. Hernández et.al. (2014) indica que “están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o faciales, su interés es centrarse en porqué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o porqué se relaciona dos o más variables” (p.95).

### **3.4. Diseño de investigación**

El presente trabajo es una investigación de diseño experimental ya que tuvo como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta las variables inteligencia artificial como en el dimensionamiento de redes de agua. El procedimiento consiste en analizar en esta investigación, una o generalmente más variables y proporcionar su descripción. En este diseño de investigación existe manipulación deliberada de las variables.

### **3.5. Población y muestra**

#### **Población:**

La población para esta investigación fueron las redes de distribución de agua del Distrito de San José de Quero.

#### **Muestra:**

De la población anteriormente señalada se ha tomado como muestra a las redes de distribución de agua del centro poblado Chaquicocha. El tipo de muestreo fue no probabilístico.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas de recolección de datos:**

##### **Fuentes primarias**

Una de las técnicas fue la observación estructurada, porque se manipularán los hechos que se observarán. Así mismo, el trabajo documental estará centrado en la revisión de libros, revistas y otros documentos que tendrán relación con nuestra investigación. También utilizaremos las informaciones obtenidas a través de internet. Se tomaron en cuenta todos los datos del expediente técnico realizada por el consorcio Chaquicocha que realizo el expediente técnico. Softwares especializados (WATERCAD V8i- REDES 2015).

#### **3.6.2. Instrumentos:**

Entre los instrumentos que serán utilizados fueron las hojas de cálculo y las listas de cotejo, los cuales están compuestos por un conjunto de preguntas con respecto a las variables que están sujetas a medición, y que son elaborados teniendo en cuenta los objetivos de la investigación.

### **3.7. Procesamiento de la información**

Para nuestra investigación se realizó el diseño de la red de distribución de agua potable (RDAP) en los programas especializados como el WATERCAD V8i- REDES 2015, y todos los resultados serán contrastados con lo señalado en el reglamento nacional de edificación y la RM-182-2018-VIVIENDA. Que nos dan los parámetros y criterios de diseño también se utilizara medios estadísticos tales como tablas y figuras.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

Se realizó diseños mediante tablas y gráficos, mediante el Excel para poder ser comparados y evidenciar la influencia de la Inteligencia artificial al diseño de red de distribución de agua potable del centro poblado de Chaquicocha.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

En este capítulo se presentan los principales resultados de la investigación, en los cuales se muestra la manera en que Inteligencia Artificial influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua, lo cual permitirá generar información para la implementación de las mejoras en el área de saneamiento para, por parte del gobierno local, gobierno regional e incluso hasta por parte de entes privados relacionados al tema.

El objetivo fundamental de la presente investigación es determinar de qué manera la Inteligencia Artificial influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017, para lo cual presentamos a continuación los resultados de los datos obtenidos de manera objetiva, y lógica, acompañado del respectivo tratamiento estadístico. Los mismos que serán mostrados través de tablas, figuras y analizados en función a las hipótesis planteadas, presentando los valores calculados.

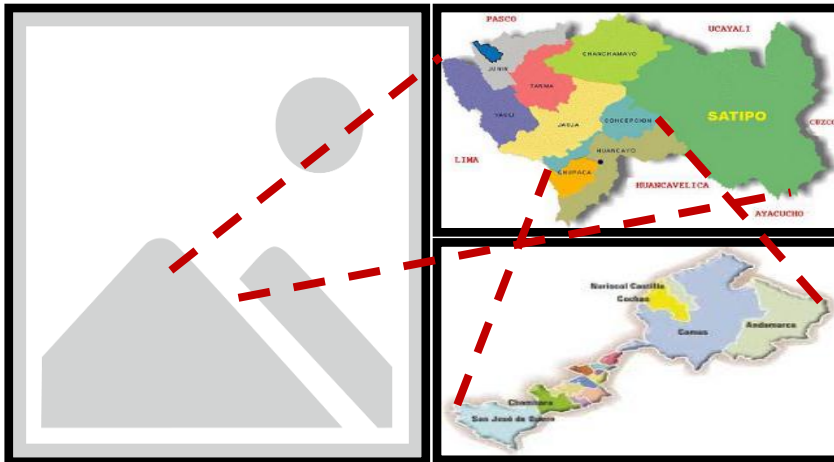
Cabe indicar que en este capítulo sólo se incluyen los cuadros más importantes y significativos que nos van a permitir demostrar o rechazar cada una de las hipótesis formuladas.

#### **4.1. Caracterización del área de investigación**

Región : Junín  
Provincia : Concepción  
Distrito : San José De Quero  
Centro Poblado : Chaquicocha

**Figura 2**

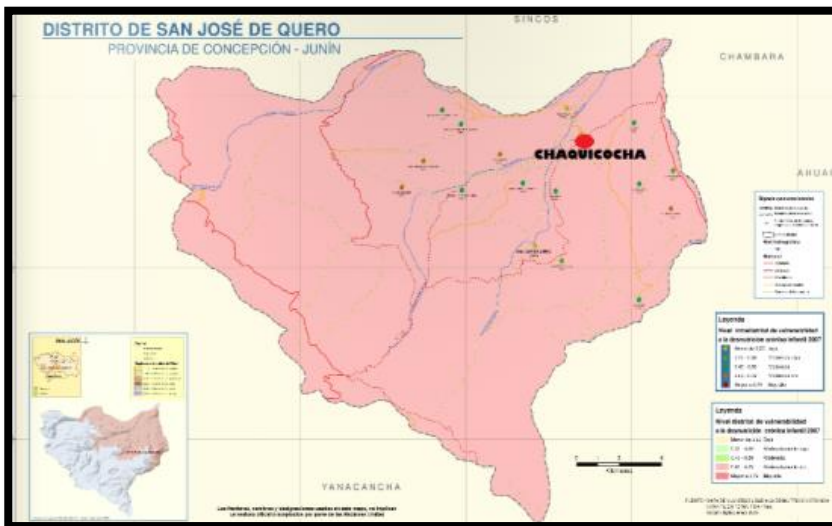
*Macro Localización del distrito san José de quero*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3**

*Micro localización del- Distrito de San José de Quero*



Fuente: Elaboración propia.

## Figura 4

*Foto satelital del Centro Poblado de Chaquicocha*



*Fuente:* Elaboración propia.

### 4.2. Datos y parámetros de diseño

#### 4.2.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño se determina según la vida útil de la estructura, la vulnerabilidad, crecimiento poblacional y la economía de escala es de 20 años para redes de distribución de agua potable (RM-192-2018-VIVIENDA, 2018).

#### 4.2.2. Población

El método de proyección de la población será el método aritmético y tomando las siguientes consideraciones.

$$Pd = Pi * \left(1 + \frac{r * t}{100}\right)$$

Donde:

Pi : Población inicial (habitantes)

Pd : población futura (habitantes)

R : tasa de crecimiento anual (%)

T : Periodo de diseño (años)

Según el padrón de beneficiarios de la junta administradora de servicios de saneamiento del centro poblado de Chaquicocha, la población al año 2017 fue de 531 habitantes. La tasa de crecimiento anual fue verificada por el INEI según la tabla siguiente y al ser negativos el valor por optar será el (r=0).

**Tabla 2**

*Tasa de Crecimiento según el INEI*

Tasa de crecimiento	Porcentaje
Distrito San José de Quero	-0.17%
Provincia de Concepción	-0.52%
Tasa crecimiento	0%

*Fuente:* INEI

El resultado de la población futura será de 531 Habitantes al periodo de 20 años

#### **4.2.3. Dotación**

Según la norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural y contemplando que el centro poblado tiene sistema de alcantarillado se utilizará una dotación de 100 l/hab/día

También se cuenta con dotaciones especiales como centros educativos, puestos de salud, modulo lechero y camal municipal lo cual se tendrá que guiar según el reglamento nacional de edificaciones RNE y la RM-192-2018-VIVIENDA

#### **4.2.4. Variaciones de consumo**

Según el RNE y la RM-192-2018-VIVIENDA las variaciones de consumo se determinan con las siguientes ecuaciones, el caudal de diseño para nuestra red de agua potable será el consumo máximo horario (Q<sub>mh</sub>) resultando 1.4 l/seg tal como a continuación detallamos.



$$Q_p = Q_{\text{población}} + Q_{\text{otros usos}} = \frac{\text{Dot} * P_d}{86400}$$

$$Q_{md} = 1.3 * Q_p$$

$$Q_{mh} = 2 * Q_p$$

$Q_p$  : Caudal promedio diario anual en l/s

$Q_{pob}$  : Caudal poblacional

$Q_{ousos}$  : Caudal otros usos

Dot : Dotación

$P_d$  : Población de diseño

$Q_{md}$  : Consumo máximo diario

$Q_{mh}$  : Consumo máximo horario

**Tabla 3**

*Cálculo de caudal Otros Usos*

N°	DESCRIPCIÓN	BENEFICIARIOS	CANTIDAD	CONSUMO Lit/hab/día	TOTAL Lit/día
1	I.E INICIAL " N° 561"	ALUMNOS	23	20	460
2	I.E PRIMARIA "N°30334"	ALUMNOS	47	20	940
3	I.E SECUNDARIA " LA UNIÓN"	ALUMNOS	43	25	1075
4	PUESTO DE SALUD	CONSULTORIO	3	500	1500
5	MODULO LECHERO	1000 L/LECHE Xdia	1	1500	1500
6	CAMAL MUNICIPAL	POR ANIMAL	4	500	2000
<b>Total de consumo (l/Día)</b>					<b>7475</b>
<b>Total de consumo (L/Seg)</b>					<b>0.09</b>

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 4**

*Cálculo de los Caudales de Diseño*

SÍMBOLO	CANTIDAD	UND
$Q_{\text{población}} =$	0.61	L/S:
$Q_{\text{otros usos}} =$	0.09	L/S:
$Q_m =$	0.70	L/S:
$Q_{md} =$	0.91	L/S:
$Q_{mh} =$	1.40	L/S:

Fuente: elaboración propia

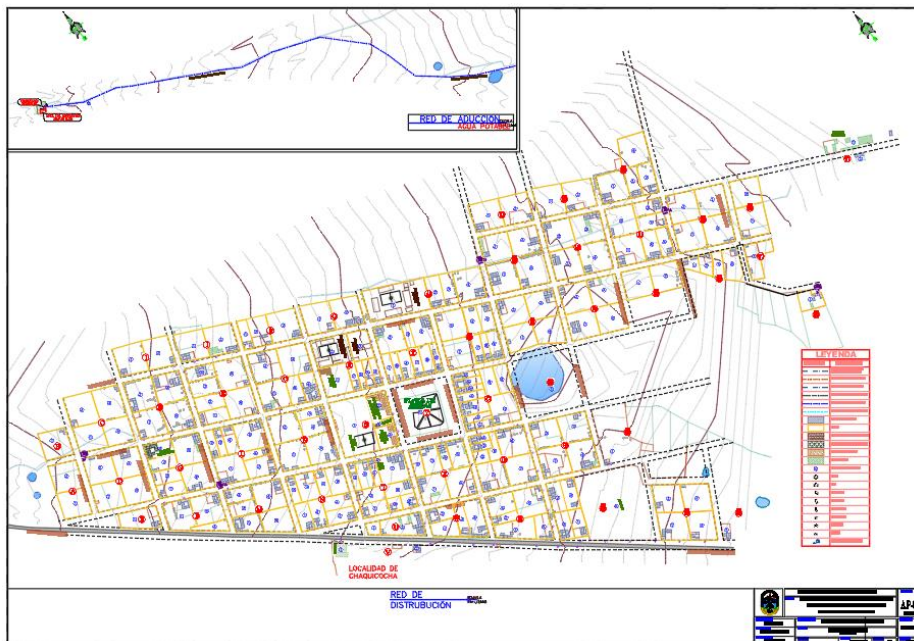
#### 4.2.5. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó en el centro poblado de Chaquicocha, ubicando el reservorio existente y hasta donde abarcará la red de distribución de agua potable teniendo como guía a los de junta administradora de servicio de saneamiento (JASS- CHAQUICOCHA) Para dicho trabajo se realizó el levantamiento topográfico con estación total y personal calificado para tomar el relieve del terreno y precisando algunos detalles como ubicación de canales de irrigación, postes de energía eléctrica, viviendas habitadas, edificaciones estatales, el centro lechero entre otros. Dicha información fue digitalizada mediante el programa CIVIL 3D.

Se dibujaron las proyecciones de las calles, avenidas y jirones según el plan de desarrollo urbano del centro poblado, siendo el resultado de todo el proceso la figura siguiente.

**Figura 5**

*Plano Topográfico del Centro Poblado de Chaquicocha*



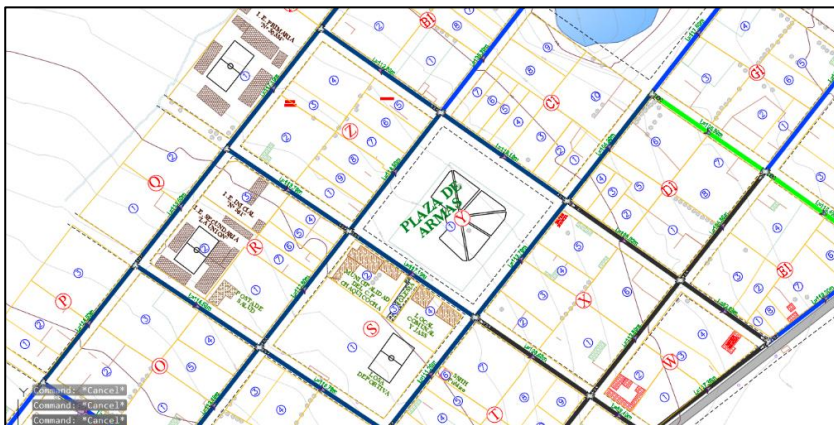
*Fuente:* Elaboración propia.

#### 4.2.6. Características topológicas.

Una vez que se tuvo el levantamiento topográfico se continuo con la elaboración de la red de agua potable clasificándolo como una red cerrada. Se tubo que tener en cuenta el RNE y la RM-192-2018-VIVIENDA para el trazo de las redes de agua potable a todas las casas del ámbito de influencia, cabe detallar que la red de agua se tendrá que realizar el trazo para saber las longitudes de toda la malla.

**Figura 6**

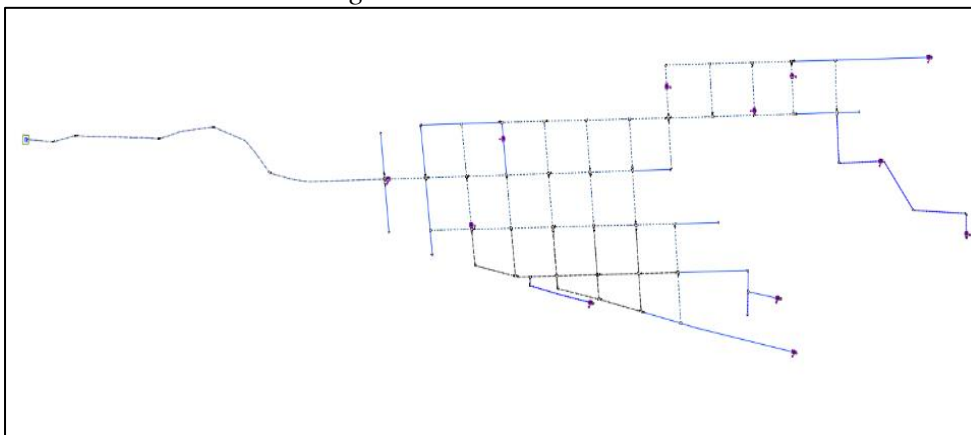
*Red de Agua Potable Trazado*



*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 7**

*Malla Total de la Red de Agua Potable*



*Fuente:* Elaboración propia.

#### 4.2.7. Caudal unitario

Teniendo un total de 9,871.60 metros de red de agua potable total y un caudal de diseño de 1.40 l/s se puede evidenciar la nomenclatura de los tramos, nudos y sus respectivas distancias y caudales unitarios.

**Tabla 5**

*Caudales Unitarios por Tramo y Nodos de la Red de Agua Potable*

Tramo	DE	A	Longitud (m)	qi (lps)	Tramo	DE	A	Longitud (m)	qi (lps)
Tr-1	R-1	J-1	1,007.90	0.1429	Tr-42	J-26	J-29	114.9	0.0163
Tr-2	J-1	J-2	100.00	0.0142	Tr-43	J-26	J-27	113.7	0.0161
Tr-3	J-1	J-3	114.60	0.0163	Tr-44	J-27	J-28	117.1	0.0166
Tr-4	J-1	J-4	111.00	0.0157	Tr-45	J-28	J-43	105.7	0.0150
Tr-5	J-4	J-5	114.70	0.0163	Tr-46	J-29	J-28	112.8	0.0160
Tr-6	J-4	J-7	115.50	0.0164	Tr-47	J-29	J-42	105.2	0.0149
Tr-7	J-4	J-9	110.90	0.0157	Tr-48	J-30	J-29	118.1	0.0167
Tr-8	J-5	J-6	52.30	0.0074	Tr-49	J-30	J-40	104.9	0.0149
Tr-9	J-5	J-10	112.00	0.0159	Tr-50	J-30	J-31	106	0.0150
Tr-10	J-7	J-8	111.10	0.0158	Tr-51	J-31	J-35	105.8	0.0150
Tr-11	J-8	J-17	109.00	0.0155	Tr-52	J-31	J-32	82.8	0.0117
Tr-12	J-9	J-8	115.50	0.0164	Tr-53	J-32	J-33	110	0.0156
Tr-13	J-9	J-16	108.00	0.0153	Tr-54	J-33	J-34	319	0.0452
Tr-14	J-9	J-10	115.80	0.0164	Tr-56	J-40	J-35	106	0.0150
Tr-15	J-10	J-15	107.10	0.0152	Tr-55	J-35	J-33	110.4	0.0157
Tr-16	J-10	J-11	79.30	0.0112	Tr-57	J-35	J-36	189.9	0.0269
Tr-17	J-11	J-12	111.70	0.0158	Tr-58	J-36	J-37	46.2	0.0066
Tr-18	J-15	J-12	105.00	0.0149	Tr-59	J-37	J-38	50	0.0071
Tr-19	J-12	J-13	41.00	0.0058	Tr-60	J-37	J-39	90.5	0.0128
Tr-20	J-13	J-21	70.60	0.0100	Tr-61	J-40	J-41	117.5	0.0167
Tr-21	J-13	J-14	58.70	0.0083	Tr-62	J-42	J-43	112.1	0.0159
Tr-22	J-15	J-20	112.30	0.0159	Tr-63	J-43	J-46	119	0.0169
Tr-23	J-16	J-15	116.20	0.0165	Tr-64	J-43	J-44	115.5	0.0164
Tr-24	J-16	J-19	113.40	0.0161	Tr-65	J-44	J-45	119.7	0.0170
Tr-25	J-16	J-17	115.50	0.0164	Tr-66	J-45	J-50	114.7	0.0163
Tr-26	J-17	J-18	114.50	0.0162	Tr-67	J-46	J-45	115.1	0.0163
Tr-27	J-18	J-27	113.50	0.0161	Tr-68	J-46	J-47	110.3	0.0156
Tr-28	J-19	J-18	114.50	0.0162	Tr-69	J-46	J-48	114	0.0162
Tr-29	J-19	J-26	112.80	0.0160	Tr-70	J-48	J-49	108.5	0.0154
Tr-30	J-19	J-20	116.70	0.0166	Tr-71	J-48	J-53	105.6	0.0150
Tr-31	J-20	J-25	111.20	0.0158	Tr-72	J-48	J-50	114.8	0.0163
Tr-32	J-20	J-21	106.60	0.0151	Tr-73	J-50	J-51	106.1	0.0150
Tr-33	J-21	J-24	109.80	0.0156	Tr-74	J-51	J-52	100	0.0142
Tr-34	J-21	J-22	27.80	0.0039	Tr-75	J-51	J-57	119.5	0.0169

Tramo	DE	A	Longitud (m)	qi (lps)	Tramo	DE	A	Longitud (m)	qi (lps)
Tr-35	J-22	J-23	113.90	0.0162	Tr-76	J-53	J-51	114.6	0.0163
Tr-36	J-23	J-32	117.30	0.0166	Tr-77	J-53	J-54	116.7	0.0166
Tr-37	J-24	J-23	53.40	0.0076	Tr-78	J-54	J-55	60	0.0085
Tr-38	J-24	J-31	112.50	0.0160	Tr-79	J-54	J-56	203.6	0.0289
Tr-39	J-25	J-24	106.60	0.0151	Tr-80	J-54	J-57	114.2	0.0162
Tr-40	J-25	J-30	113.70	0.0161	Tr-81	J-57	J-58	270	0.0383
Tr-41	J-26	J-25	117.10	0.0166					

Fuente: elaboración propia

Estos caudales serán optados por el método tradicional como por la inteligencia artificial ya que son los valores que son obtenidos de trabajos de campo y gabinete.

### 4.3. Nuevos parámetros y restricciones en la Inteligencia artificial

Para tener en cuenta la inteligencia artificial se tendrán que tomar en consideración nuevos parámetros o restricciones como son:

#### 4.3.1. Restricciones hidráulicas.

##### 4.3.1.1. Conservación de la masa.

El caudal que entra en un nudo menos el caudal que sale debe de ser igual al caudal demandado en ese nudo.

$$\sum_{j=1}^{NT_i} Q_{ij} - Q_{Di} = 0$$

$NT_i$  = Número de tubos de llegada al nudo i.

$Q_{ij}$  = Caudal que pasas por la tubería ij hacia el nudo i desde el nudo j.

$Q_{Di}$  = Caudal demandado en el nudo i.

Los programas de WaterCad, Redes 2015 y son programas que consideran esas ecuaciones por ende será en los programas donde modelaremos los diferentes casos.

##### 4.3.1.2. Conservación de la energía en cada circuito

La suma de las pérdidas de energía en cualquier circuito debe de ser igual a cero (o la energía suministrada por una bomba si hay alguna).

$$\sum_{j=1}^{Nt'_i} h_{fij} + \sum_{j=1}^{NT'_i} h_{mij} = 0$$

$Nt'_i$  = Número de tubos del circuito

$h_{fij}$  = Pérdida de energía por fricción en el tubo j en el circuito i.

$h_{mij}$  = Pérdida menores de energía en el tubo j del circuito i.

#### 4.3.1.3. Presión mínima y máxima en los nudos de la red.

Cada uno de los nudos de la red debe tener una presión superior a una presión dada.

$$Mn(P_i) \geq Pmin$$

$P_i$  = Presión en el i-ésimo nudo de la red (i pertenece al intervalo [1, Nn])

$Mn$  = Numero de nudos en la red

$Pmin$  = Presión mínima dada por norma

Según (Normas Técnicas de Diseño, 2018, pág. 128) la presión mínima de servicio en cualquier punto de la red o línea de alimentación de agua no debe de ser menor de 5.c.m.a y la presión estática no debe de ser mayor a 60 m.c.a. señala que la presión mínima en toda la red de agua potable.

#### 4.3.1.4. Velocidades Admisibles.

Según (Normas Técnicas de Diseño, 2018, pág. 127) la velocidad mínima no debe de ser menor de 0.60 m/s. en ningún caso puede ser inferior a 0.30 m/s. y a la velocidad máxima admisible debe de ser 3 m/s.

### 4.3.2. Restricciones Comerciales.

#### 4.3.2.1. Tipo de tubería.

El material de las tuberías que conforman las redes de distribución de agua potable debe de ser de PVC y compatible con los accesorios según lo dispuesto en la Norma Técnica de

Diseño. Analizando las diferentes características de tuberías a presión para redes de distribución de agua potable encontramos dos normas que cumplen y son NTP 399.002:2015 y NTP-ISO 4422 unión flexible, se decidió tomar en consideración el NTP 399.002:2015 por ser un caudal relativamente pequeño y se tendrán diámetros pequeños.

Una vez encontrada obtenida las características de tuberías para agua fría presión NTP 399.002:2015 en nuestro trabajo de investigación el reservorio se encuentra a una cota de 3,686.092 y la cota menor del nudo está en 3,619.79 habiendo una presión de carga estática de 66.30 m. entonces optamos por la tubería de clase 10 SDR 21144 PSI (10 bar).

#### **4.3.2.2. Conjunto discreto de diámetros.**

Los diámetros solo pueden tomar valores dados por la disponibilidad de diámetros de los fabricantes de tuberías. Esta expresión se puede expresar de la siguiente manera:

$$D_i \in CD_{com}$$

$i$  = Pertenece al intervalo  $[1, Nn]$ .

$D_i$  = Diámetro del  $i$ -ésimo del tubo.

$CD_{com}$  = Conjunto de diámetro comerciales disponibles por el fabricante de tuberías

Se analizó los diámetros internos de todas las marcas de tuberías del mercado como son las marcas Nicoll, Pavco, plástica y tigre y se demostró que los diámetros internos no varían, pero si los exteriores, entonces en nuestro diseño no varía el cálculo con las diferentes marcas en el Perú. y Para el diseño de la red de agua potable el diámetro mínimo en redes cerradas deberá de ser 1”.

## Figura 8

Características de la tubería para agua fría a presión NTP 399.002:2015

Diámetro Exterior		Longitud		Clase 5 SDR 41 72 PSI (5 bar)		Clase 7.5 SDR 27.7 108 Psi (7.5 bar)		Clase 10 SDR 21 145 PSI (10 bar)		Clase 15 SDR 14.3 215 PSI (15 bar)	
Nominal (Pulg)	Real (mm)	Total (metros)	Útil (metros)	Espesor (mm)	Peso (Kg/tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg/tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg x tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg x tubo)
1/2" (I)	21.0	5.00	4.97	-	-	-	-	1.8	0.841	1.8	0.841
3/4" (I)	26.5	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.082	1.8	1.082
1"	33.0	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.365	2.3	1.717
1 1/4"	42.0	5.00	4.96	-	-	1.8	1.758	2.0	1.943	2.9	2.755
1 1/2"	48.0	5.00	4.96	-	-	1.8	2.020	2.3	2.554	3.3	3.584
2"	60.0	5.00	4.95	1.8	2.544	2.2	3.088	2.9	4.021	4.2	5.692
2 1/2"	73.0	5.00	4.94	1.8	3.111	2.6	4.444	3.5	5.905	5.1	8.407
3"	88.5	5.00	4.93	2.2	4.608	3.2	6.625	4.2	8.593	6.2	12.385
4"	114.0	5.00	4.90	2.8	7.562	4.1	10.944	5.4	14.244	8.0	20.597
6"	168.0	5.00	4.86	4.1	16.326	6.1	23.995	8.0	31.099	11.7	44.432
8"	219.0	5.00	4.82	5.3	27.519	7.9	40.521	10.4	52.713	15.3	75.730
10"	273.0	5.00	4.77	6.7	43.353	9.9	63.290	13.0	82.130	19.0	117.269
12"	323.0	5.00	4.73	7.9	60.487	11.7	75.585	15.4	98.105	22.5	164.301

(I) Sello Sedapal para 21mm y 26.5mm según especificación técnica SEDAPAL.

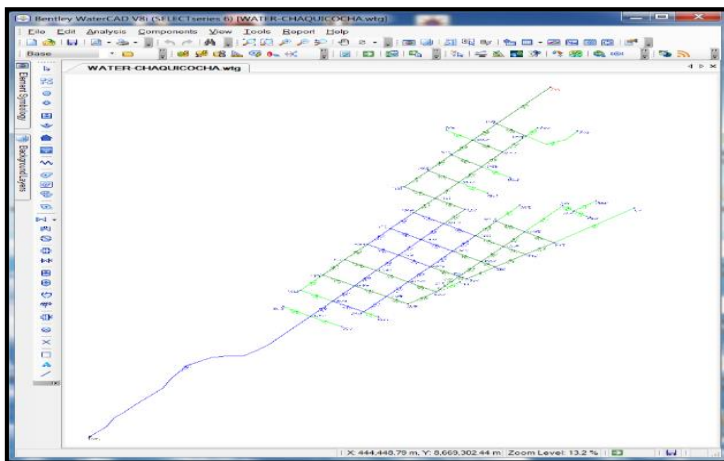
Fuente: Elaboración propia.

### 4.4. Cálculo hidráulico método tradicional.

Para el diseño tradicional se realizó en el Software WATERCAD versión V8I (serial 6). Para iniciar el programa se tendrá que configurar las unidades de trabajo en nuestro caso el Sistema Internacional (SI) y las ecuaciones de diseño, adoptaremos el método de Hazzen Wiliams, también se determinó la clase y tipo de tuberías siendo lo aplicado de la tubería NTP 399.002: 2015 y clase 10. Se tubo que dibujar y alimentar las características topológica y topográfica de los nodos y tuberías y el consultor asumió diámetros para que el programa WATERCAD V8i pueda realizar el cálculo hidráulico.

## Figura 9

Esquema de la Red de Distribución de Agua Potable



Fuente: Elaboración propia.



El diseño de la red de agua potable fue propuesto por el consorcio Chaquicocha, que realizó un cálculo hidráulico del centro poblado de Chaquicocha. Teniendo diámetros variados y según la experiencia del consultor resultó el siguiente resumen.

Para dicho estudio se tendrá que tener en cuenta todos los costos que influyeron en el costo total de una tubería tales como los trabajos preliminares, movimiento de tierras (excavación de zanja, refine y nivelación, cama de apoyo relleno y compactación y eliminación de material excedente) y suministro e instalación de las tuberías.

**Tabla 6**

*Resumen de las Tuberías con sus Respectivos Metrados, Precio Unitario y Costo Total*

Descripción	UND	PRECIO*ML	TOTAL
Tubería PVC-SP NTP 399.002 C-10 DN=2 1/2"	1,784.20	S/ 73.75	S/ 131,584.75
Tubería PVC-SP NTP 399.002 C-10 DN=2 "	2,497.60	S/ 69.15	S/ 172,709.04
Tubería PVC-SP NTP 399.002 C-10 DN=1 1/2 "	3,598.70	S/ 65.28	S/ 234,923.14
Tubería PVC-SP NTP 399.002 C-10 DN=1 "	1,991.10	S/ 63.77	S/ 126,972.45
<b>Costo de la red total</b>			<b>S/ 666,189.38</b>

Fuente. Elaboración propia.

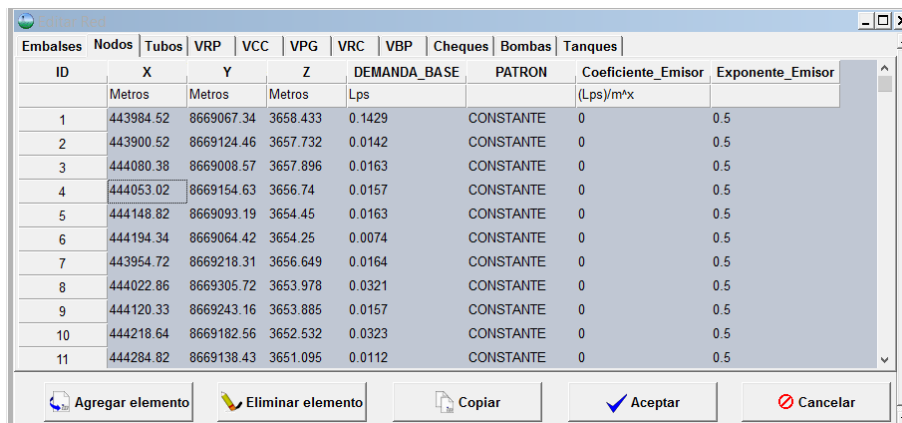
#### **4.5. La Superficie Óptima de Gradiente Hidráulico**

##### **4.5.1. Datos topográficos y topológicos**

Para el diseño de la red de agua potable con el método de superficie óptimo de gradiente Hidráulico se utilizó el software REDES 2015, para ello se comienza con dibujar y/o ingresar los nodos, tuberías y embalses con sus respectivas cotas, coordenadas y caudales unitarios de toda la red de distribución agua potable (RDAP).

**Figura 10**

*Información de nodos, tuberías y embalses*

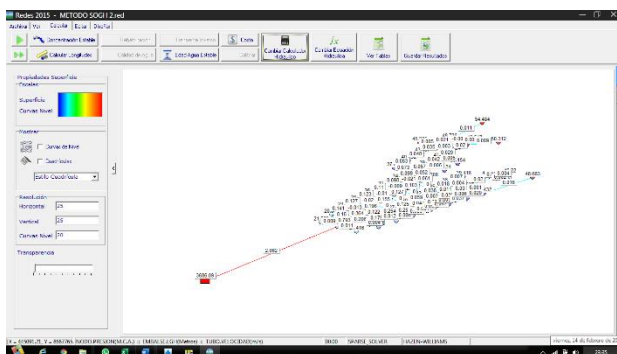


ID	X	Y	Z	DEMANDA_BASE	PATRON	Coeficiente_Emisor	Exponente_Emisor
	Metros	Metros	Metros	Lps		(Lps)/m <sup>x</sup>	
1	443984.52	8669067.34	3658.433	0.1429	CONSTANTE	0	0.5
2	443900.52	8669124.46	3657.732	0.0142	CONSTANTE	0	0.5
3	444080.38	8669008.57	3657.896	0.0163	CONSTANTE	0	0.5
4	444053.02	8669154.63	3656.74	0.0157	CONSTANTE	0	0.5
5	444148.82	8669093.19	3654.45	0.0163	CONSTANTE	0	0.5
6	444194.34	8669064.42	3654.25	0.0074	CONSTANTE	0	0.5
7	443954.72	8669218.31	3656.649	0.0164	CONSTANTE	0	0.5
8	444022.86	8669305.72	3653.978	0.0321	CONSTANTE	0	0.5
9	444120.33	8669243.16	3653.885	0.0157	CONSTANTE	0	0.5
10	444218.64	8669182.56	3652.532	0.0323	CONSTANTE	0	0.5
11	444284.82	8669138.43	3651.095	0.0112	CONSTANTE	0	0.5

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 11**

*Red de Agua Potable en el Programa REDES 2015*



Fuente: Elaboración propia.

Una vez ingresado todos los valores al Software REDES 2015 me solicitara los siguientes datos.

Determinar la tendencia de los costos de una red de agua potable.

- El costo de la tubería varía sustancialmente según el mercado y lugar en este caso se tomó en cuenta cotizaciones realizadas en Huancayo en las principales distribuidoras como Nicoll, Pavco y Tuboplas.

- Los costos de la instalación, los cuales deben incluir los trabajos preliminares, Movimiento de tierras (excavación de zanjas, refine y nivelación, relleno y el suministro e instalación de la misma.

Para realizar diseño de la RDAP tendremos que crear nuestros diámetros y tipo de tuberías elegidos en nuestro caso la tubería NTP 399.002 :2015 clase 10, también nos solicitara el coeficiente y el exponente de la función de costos

$$C_{tubo} = K * L_{tubo} * D_{tubo}^x$$

$C_{tubo}$  : Costo de la tubería

$L_{tubo}$  : Longitud de la tubería

$D_{tubo}$  : Diámetro de la tubería

$K$  : Coeficiente (valores calculados de la ecuación)  $k=34.939$

$X$  : Exponente (valores calculados de la ecuación)  $x=0.1738$

A continuación, detallamos los costos del expediente técnico considerado por diámetro, Teniendo estos valores se tendrá que determinar la función de costos que serán dato que nos solicitará el software REDES 2015.

### **Tabla 7**

#### *Precios Totales de Tuberías con Respecto al Diámetro*

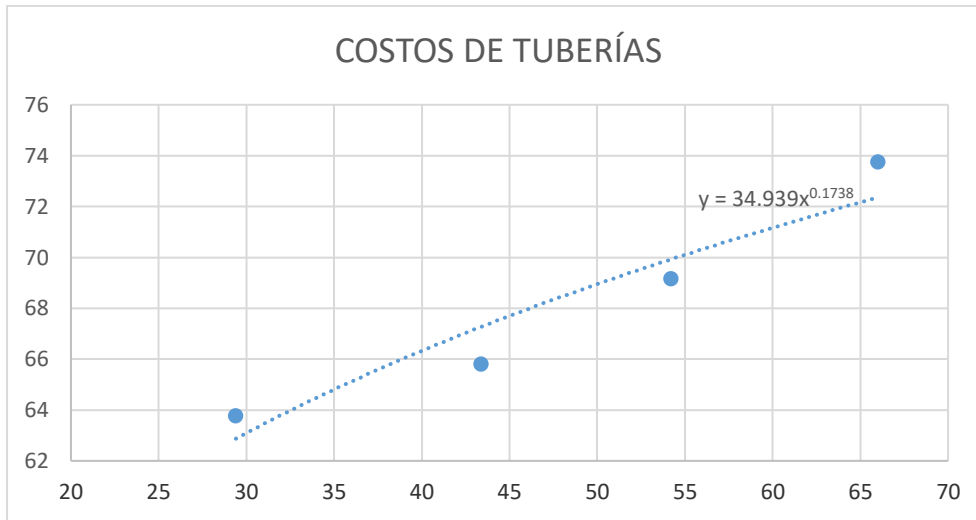
<b>D COMERCIAL (PULG)</b>	<b>D EXTERIOR (MM)</b>	<b>D INTERNO (MM)</b>	<b>PRECIO (SOLES)</b>
1"	33	29.4	63.77
1 1/2"	48	43.4	65.8
2"	60	54.2	69.15
2 1/2"	73	66	73.75

*Fuente:* Expediente técnico consorcio Chaquicocha

El modelo fue una ecuación potencial tal como se detalla en seguida:

**Figura 12**

*Ecuación de la Tendencia del Costo (Cálculo del Coeficiente y Exponente)*

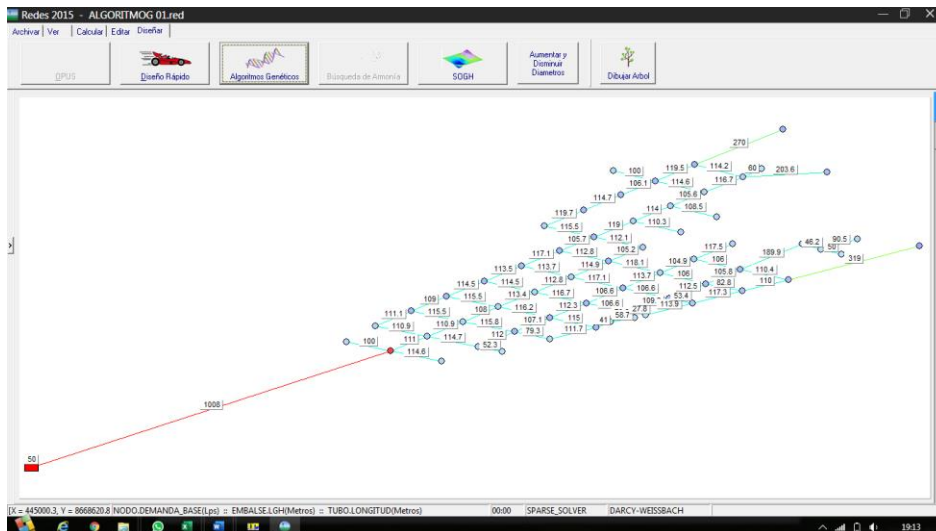


*Fuente:* Elaboración propia.

Luego se procedió al cálculo con la metodología de SOGH tal como se muestra en la Figura 13.

**Figura 13**

*RDAP en el Software REDES 2015 método SOGH*



*Fuente:* Elaboración propia.

En el módulo diseñar elegir la metodología SOGH; y en la siguiente ventana de dialogo se eligió la ecuación Hazen Williams y Superficie Cuadrática por ser recomendada por el Ing.

Juan Saldarriaga luego se muestra una lista de diámetros la cual generamos el tipo NTP 399.002 C-10:2015 con los diámetros elegidos y se introduce los coeficientes de la ecuación de costos, la presión mínima y el coeficiente de resistencia fluida (C) como se muestra en la figura.

**Figura 14**  
Parámetros Solicitados por el Programa Redes 2015

Parámetros Generales

Lista de Diámetros de Diseño:

- Diámetros por Defecto
- Benchmark Marco
- Benchmark Tachung
- Benchmark Suabima
- NTP 399.002.2015
- Agregar Nueva Lista...

Cálculo de Costo:

$$C_{trazo} = K \cdot L_{trazo} \cdot D_{trazo}^x$$

Coefficiente K: 34.938

$$C_{total} = \sum_{i=1}^n C_i$$

Exponente x: 0.1738

\*Por defecto el diámetro está en mm y el costo en dólares americanos.

Otros Parámetros:

Presión Mínima:

Presión Mínima (M.C.A.): 5

Rugosidad:

Especificar la Rugosidad  Importarla del Archivo .red

Rugosidad Personalizada:

Rugosidad Absoluta (s): 1.5E-6  Metros

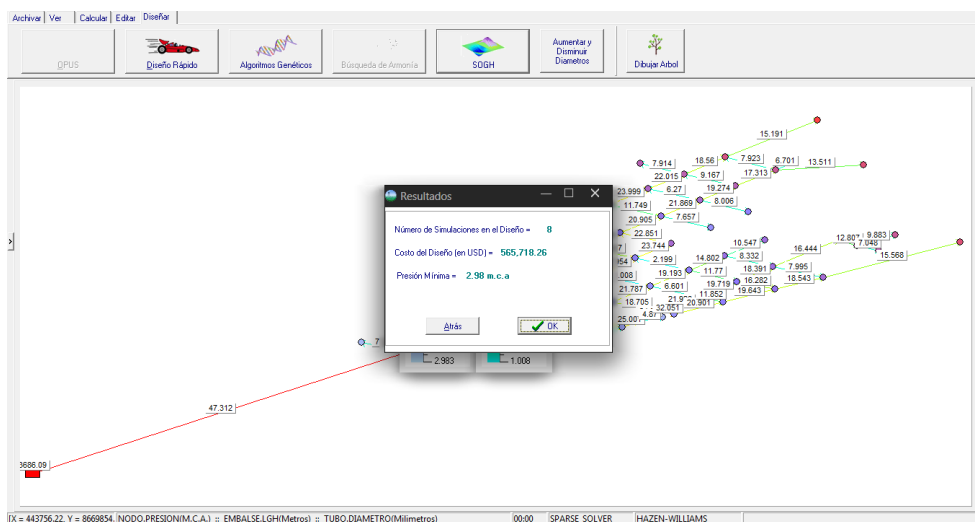
Coefficiente Hv: 150

Botones:

Fuente: Elaboración propia.

El software de REDES 2015 realizará los cálculos como la flecha, presión mínimas velocidades y costo total de la RDAP, resultando el costo total de la red unos 565,718.26 soles.

**Figura 15**  
Resultados Método SOGH

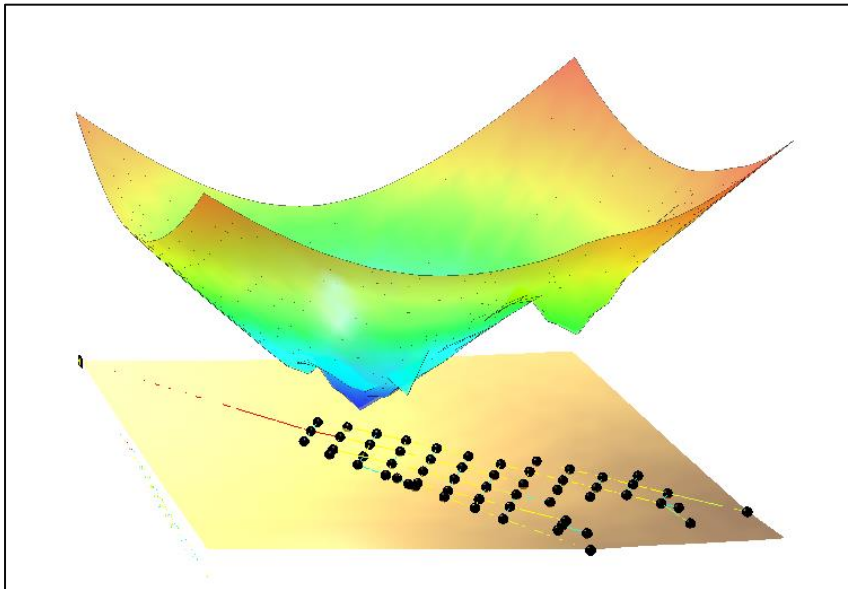


Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra la línea óptima de gradiente hidráulica obtenida por el software REDES 2015.

### Figura 16

*Gráfico Donde se Muestra SOGH Diseñada para el Software REDES 2015*



*Fuente:* Elaboración propia.

#### 4.5.2. Resultados del método SOGH -Presión

La influencia del método de Superficie óptima de gradiente hidráulico con respecto a la presión de los nodos, para ello se compara con el método tradicional, por lo que presentamos los valores de la presión de toda la RDAP.

**Tabla 8***Resultados de las Presiones de la RDAP Método Tradicional y Método SOGH*

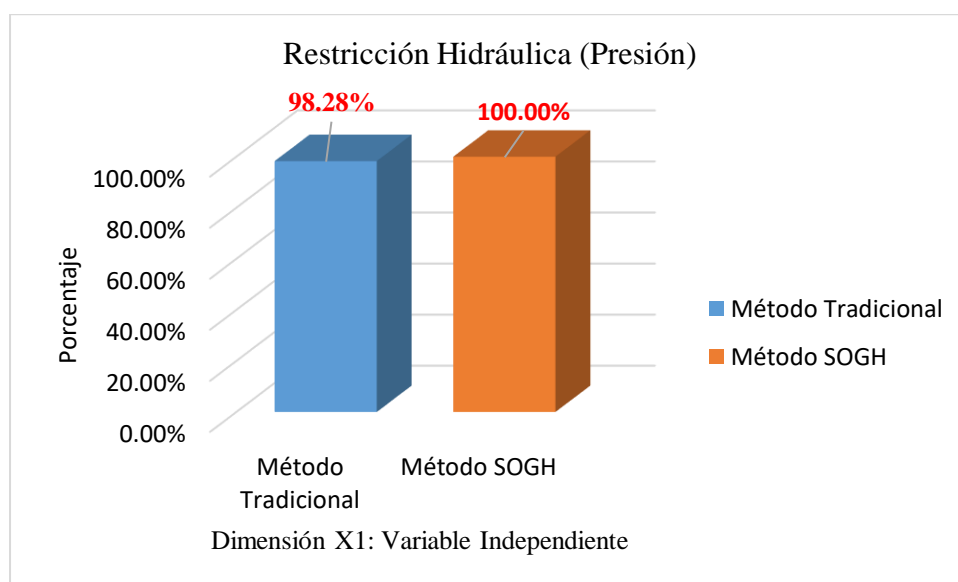
<b>ID</b>	<b>Método Tradicional (m.c.a)</b>	<b>Método SOGH (m.c.a)</b>	<b>ID</b>	<b>Método Tradicional (m.c.a)</b>	<b>Método SOGH (m.c.a)</b>
1	24.62	10.13	30	41.78	16.07
2	25.32	7.9	31	43.63	16.96
3	25.15	7.71	32	44.52	17.8
4	26.06	10.21	33	47.15	19.73
5	28.29	11.06	34	55.92	26.68
6	28.49	10.79	35	46.23	18.85
7	26.11	2.98	36	50.72	22.22
8	28.74	4.94	37	51.18	22.42
9	28.84	7.79	38	51.63	22.42
10	30.16	8.02	39	53.46	24.24
11	31.58	8.05	40	44.95	18.54
12	35.10	10.84	41	46.04	18.9
13	36.27	11.7	42	46.66	20.07
14	38.00	9.16	43	43.83	16.55
15	32.88	9.73	44	44.27	16.23
16	31.63	8.02	45	47.37	18.56
17	32.09	7.17	46	46.98	18.21
18	34.42	9.24	47	45.31	13.68
19	35.35	10.95	48	49.67	20.26
20	35.93	11.85	49	47.20	15.57
21	37.83	12.73	50	50.37	20.89
22	38.58	13.46	51	52.75	22.67
23	41.84	15.92	52	54.11	22.17
24	41.04	15.15	53	52.02	22.03
25	38.84	13.94	54	54.84	24.22
26	38.25	13.07	55	56.54	24.96
27	37.95	12.04	56	58.31	26.67
28	41.18	14.55	57	56.46	25.73
29	40.88	14.94	<b>58</b>	<b>62.59</b>	<b>30.57</b>

*Fuente:* Elaboración propia

Haciendo un análisis de la presión y lo señalado por la normativa vigente se pudo observar que el método tradicional cumplido 57 tramos de tubería de PVC mientras que el diseño con el método SOGH cumplido con 58 tramos de tuberías PVC.

**Tabla 9***Restricción Hidráulica que Cumplen la Normativa (Presión)*

Método	N° tramos	Porcentajes
Método Tradicional	57	98.28%
Método SOGH	58	100.00%

*Fuente:* Elaboración propia**Figura 17***Influencia de la Superficie Óptima de Gradiente Hidráulico en la Presión**Fuente:* Elaboración propia.

En la figura se puede apreciar que el método de SOGH cumple a 100% la normativa vigente en el Perú mientras que el método tradicional tiene un porcentaje de cumplimiento de 98.28% del total de tramos de la RDAP. Con el método tradicional el Nodo 58 de la RDAP la presión resulto 62.59 mca. Infringiendo normativa vigente en 2.59 mca, lo cual conllevará a instalar una cámara rompe presión o una válvula reductora de presión.



### 4.5.3. Resultados del método SOGH - velocidad

Otro parámetro a analizar son las restricciones hidráulicas como la velocidad y su influencia en el diseño de la RDAP para ello se hizo una comparación con el método tradicional y método de superficie óptima de gradiente hidráulico, por lo que se presentan los valores de la velocidad de toda la RDAP.

**Tabla 10**

*Resultados de Velocidades Método Tradicional y Método SOGH*

Tramo		Método Tradicional (m/s)	Método SOGH (m/s)	Tramo		Método tradicional (m/s)	Método SOGH (m/s)
R-1	J-1	0.41	2.0615	J-26	J-29	0.07	0.1029
J-1	J-2	0.02	0.0092	J-26	J-27	0.00	-0.0094
J-1	J-3	0.02	0.0105	J-27	J-28	0.07	0.0979
J-1	J-4	0.36	0.7931	J-28	J-43	0.08	0.0988
J-4	J-5	0.13	0.206	J-29	J-28	0.03	-0.021
J-4	J-7	0.12	0.1604	J-29	J-42	0.05	0.0616
J-4	J-9	0.19	0.364	J-30	J-29	0.01	-0.0001
J-5	J-6	0.01	0.0042	J-30	J-40	0.04	0.0178
J-5	J-10	0.12	0.179	J-30	J-31	0.02	0.0115
J-7	J-8	0.11	0.1407	J-31	J-35	0.04	0.0297
J-8	J-17	0.12	0.127	J-31	J-32	0.01	0.0056
J-9	J-8	0.03	-0.3568	J-32	J-33	0.04	0.0292
J-9	J-16	0.14	0.1961	J-33	J-34	0.07	0.016
J-9	J-10	0.07	0.1227	J-40	J-35	0.02	0.0044
J-10	J-15	0.10	0.2542	J-35	J-33	0.01	0.0007
J-10	J-11	0.08	0.0118	J-35	J-36	0.08	0.0198
J-11	J-12	0.07	0.0055	J-36	J-37	0.04	0.0093
J-15	J-12	0.04	0.4092	J-37	J-38	0.01	0.0024
J-12	J-13	0.09	0.086	J-37	J-39	0.02	0.0044
J-13	J-21	0.08	0.0768	J-40	J-41	0.02	0.0066
J-13	J-14	0.01	0.0039	J-42	J-43	0.07	0.0521
J-15	J-20	0.09	0.125	J-43	J-46	0.10	0.0574
J-16	J-15	0.04	0	J-43	J-44	0.08	0.0731
J-16	J-19	0.11	0.1554	J-44	J-45	0.07	0.0629
J-16	J-17	0.00	-0.0204	J-45	J-50	0.08	0.0496
J-17	J-18	0.10	0.1225	J-46	J-45	0.01	-0.0018
J-18	J-27	0.08	0.1097	J-46	J-47	0.02	0.0058
J-19	J-18	0.00	-0.0103	J-46	J-48	0.08	0.0404

Tramo		Método Tradicional (m/s)	Método SOGH (m/s)	Tramo		Método tradicional (m/s)	Método SOGH (m/s)
J-19	J-26	0.09	0.1275	J-48	J-49	0.02	0.0054
J-19	J-20	0.03	0	J-48	J-53	0.06	0.0268
J-20	J-25	0.08	0.0584	J-48	J-50	0.00	-0.0004
J-20	J-21	0.05	0.0444	J-50	J-51	0.06	0.0367
J-21	J-24	0.06	0.0548	J-51	J-52	0.02	0.0045
J-21	J-22	0.05	0.0504	J-51	J-57	0.04	0.0217
J-22	J-23	0.05	0.0469	J-53	J-51	0.01	0.0013
J-23	J-32	0.05	0.037	J-53	J-54	0.04	0.0191
J-24	J-23	0.02	0.0028	J-54	J-55	0.01	0.0027
J-24	J-31	0.05	0.0386	J-54	J-56	0.04	0.009
J-25	J-24	0.03	0.0027	J-54	J-57	0.01	-0.001
J-25	J-30	0.06	0.0381	J-57	J-58	0.06	0.0112
J-26	J-25	0.02	0				

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenida la información se pudo observar de un total de 81 tramos de tuberías de PVC que consta nuestra red de agua potable, con el método tradicional cumplieron la normativa vigente 2 tramos de tuberías de PVC mientras y con el método SOGH cumplió 5 tramos de tuberías de PVC cumplieron con la normativa vigente.

**Tabla 11**

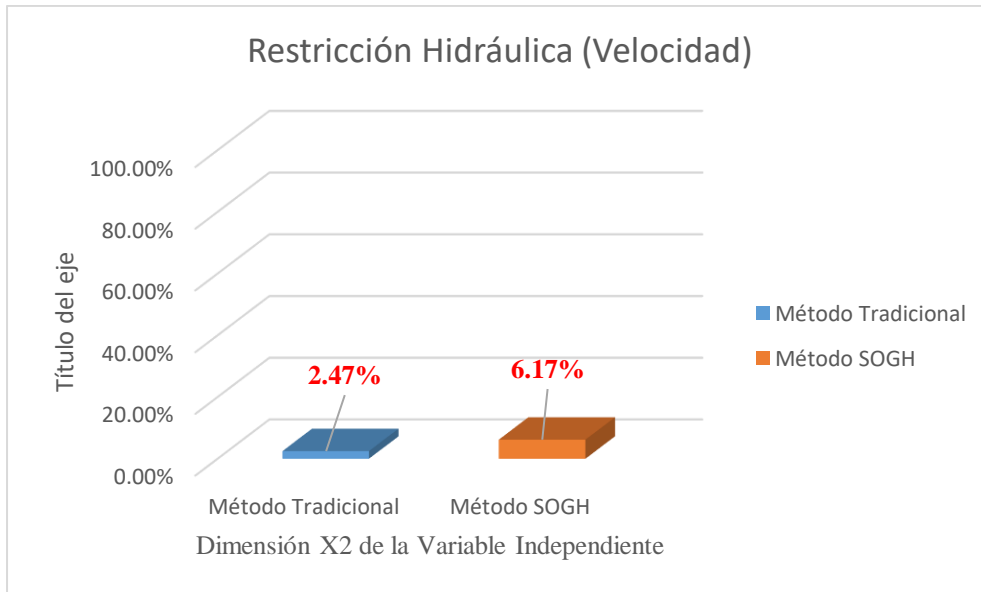
*Restricción Hidráulica que cumplen la Normativa (Velocidad)*

Método	N° tramos	Porcentajes
Método Tradicional	2	2.47%
Método SOGH	5	6.17%

Fuente: Elaboración propia

**Figura 18**

*Influencia de la Superficie Óptima de Gradiente Hidráulico en la Velocidad*



*Fuente:* Elaboración propia.

Según la tabla y figura anterior de restricciones hidráulica (velocidad), se puede apreciar que el método de SOGH cumple la normativa vigente en un 6.17% mientras que el método tradicional cumple un 2.47% la normativa vigente.

#### **4.5.4. Resultados del Costos con el método SOGH**

Para analizar la influencia en los costos de las RDAPs se tendrá que comparar el diseño tradicional con el método SOGH. Cabe indicar que el Cálculo hidráulico del método tradicional se realizó en el software de WATERCAD V8i y el método de superficie óptimo de gradiente hidráulico con el software REDES 2015, por lo que presentamos los resultados de los diferentes diámetros obtenidos en diseño de la RDAP con los dos métodos señalados.

**Tabla 12***Resultados del RDAP con los Diámetros según el Método Tradicional VS Método SOGH*

Tramo		Método Tradicional (mm)	Método SOGH (mm)	Tramo		Método Tradicional (mm)	Método SOGH (mm)
R-1	J-1	66.00	47.31	J-26	J-29	66.00	27.95
J-1	J-2	29.40	7.21	J-26	J-27	54.20	11.25
J-1	J-3	29.40	7.8	J-27	J-28	54.20	28.47
J-1	J-4	66.00	46.7	J-28	J-43	54.20	29.11
J-4	J-5	54.20	29.19	J-29	J-28	54.20	15.83
J-4	J-7	54.20	18.76	J-29	J-42	66.00	23.74
J-4	J-9	66.00	27.57	J-30	J-29	54.20	2.2
J-5	J-6	29.40	7.17	J-30	J-40	43.40	14.8
J-5	J-10	54.20	21.83	J-30	J-31	43.40	11.77
J-7	J-8	54.20	29.69	J-31	J-35	43.40	18.39
J-8	J-17	54.20	29.2	J-31	J-32	43.40	16.28
J-9	J-8	43.40	9	J-32	J-33	43.40	18.54
J-9	J-16	66.00	25.64	J-33	J-34	29.40	15.57
J-9	J-10	43.40	25.88	J-40	J-35	43.40	8.33
J-10	J-15	54.20	35.18	J-35	J-33	43.40	8
J-10	J-11	43.40	9.47	J-35	J-36	29.40	16.44
J-11	J-12	43.40	8.78	J-36	J-37	29.40	12.81
J-15	J-12	43.40	24.8	J-37	J-38	29.40	7.05
J-12	J-13	43.40	25	J-37	J-39	29.40	9.88
J-13	J-21	43.40	24.28	J-40	J-41	29.40	10.55
J-13	J-14	29.40	4.87	J-42	J-43	54.20	22.85
J-15	J-20	54.20	28.07	J-43	J-46	43.40	20.91
J-16	J-15	43.40	1.1	J-43	J-44	54.20	26.21
J-16	J-19	66.00	30.74	J-44	J-45	54.20	25.44
J-16	J-17	43.40	14.02	J-45	J-50	43.40	24
J-17	J-18	54.20	29.36	J-46	J-45	43.40	11.75
J-18	J-27	54.20	28.86	J-46	J-47	29.40	7.66
J-19	J-18	54.20	11.27	J-46	J-48	43.40	21.87
J-19	J-26	66.00	29.42	J-48	J-49	29.40	8.01
J-19	J-20	54.20	1.65	J-48	J-53	43.40	19.27
J-20	J-25	54.20	21.79	J-48	J-50	43.40	6.27
J-20	J-21	43.40	18.7	J-50	J-51	43.40	22.01
J-21	J-24	43.40	21.93	J-51	J-52	29.40	7.91
J-21	J-22	43.40	32.05	J-51	J-57	43.40	18.56
J-22	J-23	43.40	20.9	J-53	J-51	43.40	9.17
J-23	J-32	43.40	19.64	J-53	J-54	43.40	17.31
J-24	J-23	43.40	11.85	J-54	J-55	29.40	6.7
J-24	J-31	43.40	19.72	J-54	J-56	29.40	13.51
J-25	J-24	43.40	6.6	J-54	J-57	43.40	7.92
J-25	J-30	54.20	19.19	J-57	J-58	29.40	15.19
J-26	J-25	54.20	1.01				

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la red contiene 81 tramos de tuberías de PVC con diferentes diámetros calculados con sus respectivos métodos, Esto influirá en el costo de la red de distribución de agua potable. Para analizará la influencia de los diámetros se realizó el presupuesto de obra de cada método resultando la siguiente tabla.

**Tabla 13**

*Costos de la Red de Distribución de Agua Potable Método SOGH.*

<b>Estructura del Presupuesto</b>	<b>Método tradicional</b>	<b>Método SOGH</b>
<b>Costo Directo</b>	<b>S/666,189.38</b>	<b>S/565,718.26</b>
Gastos Generales (11.0%)	S/73,280.83	S/62,229.01
Utilidad (6.0%)	S/39,971.36	S/33,943.10
<b>Sub total</b>	<b>S/779,441.57</b>	<b>S/661,890.37</b>
IGV (18%)	S/140,299.48	S/119,140.27
<b>Costo de obra</b>	<b>S/919,741.05</b>	<b>S/781,030.64</b>
Supervisión (5%)	S/45,987.05	S/39,051.53
<b>Costo Total De Obra</b>	<b>S/965,728.10</b>	<b>S/820,082.17</b>

*Fuente:* Elaboración propia

Donde se puede observar que utilizando el método SOGH en el diseño de la red de agua potable de la localidad de Chaquicocha se obtendría un costo total de obra de S/ 820,082.17 soles y con el método tradicional de S/ 965,728.10 soles concluyendo que se ahorraría un monto total de S/ 145,645.93 soles. En el caso tradicional se tendrá que aumentar una válvula reductora de presión para cumplir estrictamente la normativa y esto también afectará en el costo total de la obra. Estos valores no incluyen la operación y mantenimiento de la RDAP en el tiempo, teniendo en cuenta que la vida útil de una red de agua potable es de 20 años.

#### **4.6. La Programación por Restricciones**

Similar que el método de Superficie óptima de gradiente hidráulico se introduce los valores topográficos y topológicos como coordenadas X, Y, Z, caudal unitario dichos valores estarán en unidades internacionales. En el menú desplegable diseñar elegir la metodología

augmentar o disminuir diámetros donde nos pedirán que ecuación hidráulica se trabajara en nuestro caso se eligió Hazen-Williams.

Para realizar diseño de la RDAP se tuvo que crear nuestros diámetros y tipo de tuberías elegidos en nuestro caso la tubería NTP 399.002 :2015 clase 10, también nos solicitó el coeficiente y el exponente de la función de costos

$$C_{tubo} = K * L_{tubo} * D_{tubo}^x$$

$C_{tubo}$  : Costo de la tubería

$L_{tubo}$  : Longitud de la tubería

$D_{tubo}$  : Diámetro de la tubería

$K$  : Coeficiente (valores calculados de la ecuación)  $k=34.939$

$X$  : Exponente (valores calculados de la ecuación)  $x=0.1738$

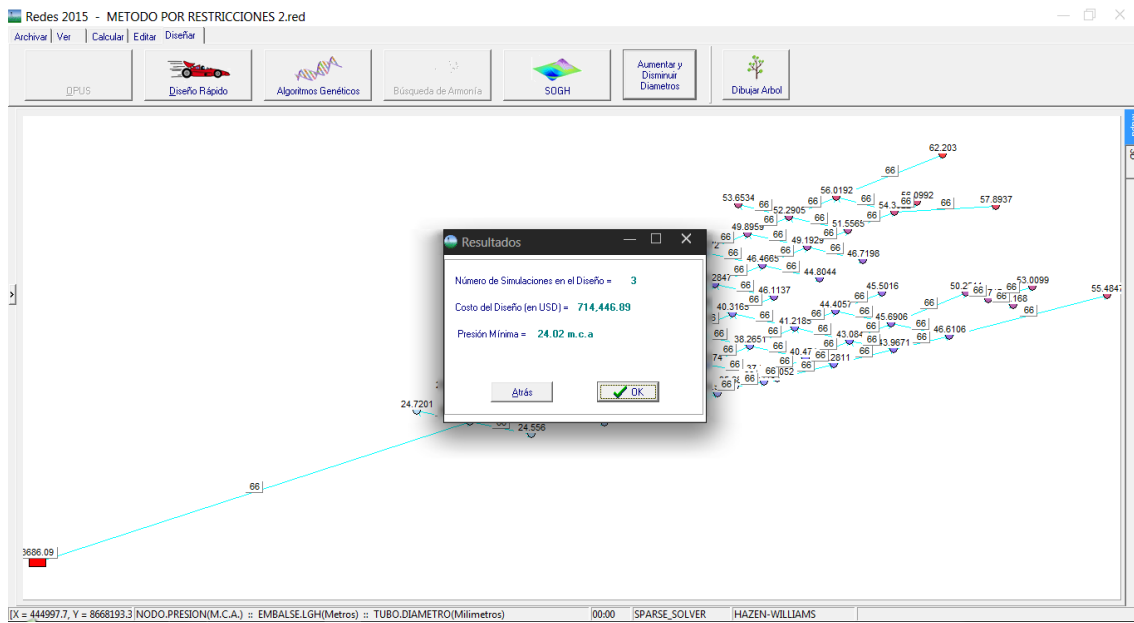
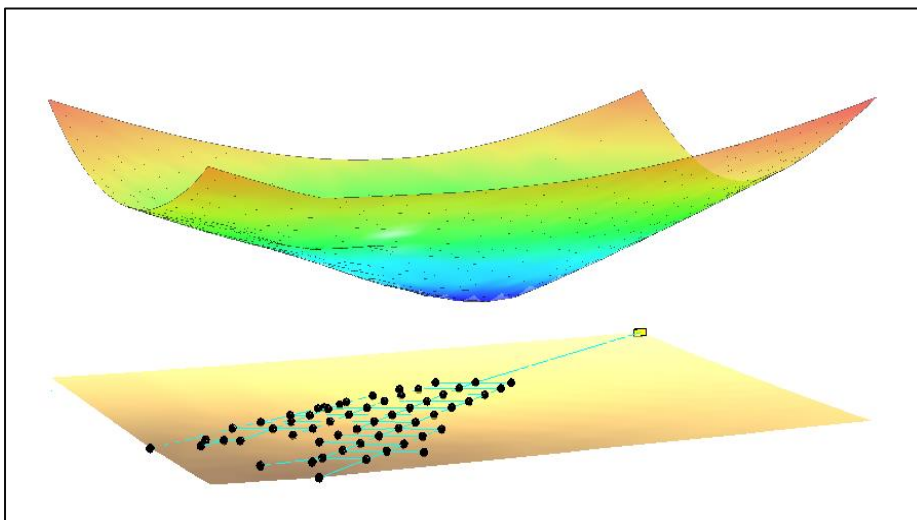
## Figura 19

### Parámetros Requeridos por el Programa

The screenshot shows a software window titled 'Parámetros Generales' with a 'Cálculo de Costo' section. The main equation displayed is  $C_{tubo} = K * L_{tubo} * D_{tubo}^x$ . Below it, the total cost equation is  $C_{total} = \sum_{i=1}^{No. Tubos} C_i$ . The 'Cálculo de Costo' section includes input fields for 'Coeficiente K' (34.939) and 'Exponente x' (0.1738). A red note states: '\*Por defecto el diámetro está en mm y el costo en dólares americanos.' Below this, the 'Otros Parámetros' section includes 'Presión Mínima' (5 M.C.A.), 'Rugosidad' (radio buttons for 'Especificar la Rugosidad' and 'Importarla del Archivo .red'), and 'Rugosidad Personalizada' (input fields for 'Rugosidad Absoluta (Ks)' (1.5E-6) and 'Coeficiente HW' (150)). At the bottom are 'Anterior' and 'Siguiente' buttons.

Fuente: Elaboración propia.

Con todos los valores señalados el Software Redes 2015 procedió al diseño correspondiente con el método de Programación por restricción.

**Figura 20***Resultados del diseño por el método PR**Fuente: Elaboración propia***Figura 21***Esquema del diseño de programación por restricciones**Fuente: Elaboración propia*

En el grafico se puede visualizar las curvas de presiones del método de PR

#### 4.6.1. Resultados del método PR - presión

La influencia del método de Programación por Restricción (PR) con respecto a la presión de los nodos, para ello se compara con el método tradicional, por lo que presentamos los valores de la presión de toda la RDAP.

**Tabla 14**

*Resultados de las Presiones de la RDAP Método Tradicional y Método PR*

ID	Método Tradicional (m.c.a.)	Método PR (m.c.a.)	ID	Método Tradicional (m.c.a.)	Método PR (m.c.a.)
1	24.62	24.02	30	41.78	41.22
2	25.32	24.72	31	43.63	43.08
3	25.15	24.56	32	44.52	43.97
4	26.06	25.4	33	47.15	46.61
5	28.29	27.65	34	55.92	55.48
6	28.49	27.85	35	46.23	45.69
7	26.11	25.46	36	50.72	50.25
8	28.74	28.1	37	51.18	50.72
9	28.84	28.2	38	51.63	51.17
10	30.16	29.54	39	53.46	53.01
11	31.58	30.97	40	44.95	44.41
12	35.10	34.51	41	46.04	45.5
13	36.27	35.68	42	46.66	46.11
14	38.00	37.42	43	43.83	43.28
15	32.88	32.27	44	44.27	43.74
16	31.63	31.01	45	47.37	46.86
17	32.09	31.01	46	46.98	46.47
18	34.42	33.83	47	45.31	44.8
19	35.35	34.76	48	49.67	49.19
20	35.93	35.34	49	47.20	46.72
21	37.83	37.25	50	50.37	49.9
22	38.58	38.01	51	52.75	52.29
23	41.84	41.28	52	54.11	53.65
24	41.04	40.47	53	52.02	51.56
25	38.84	38.27	54	54.84	54.39
26	38.25	37.67	55	56.54	56.1
27	37.95	37.37	56	58.31	57.89
28	41.18	40.62	57	56.46	56.02
29	40.88	40.32	58	62.59	62.2

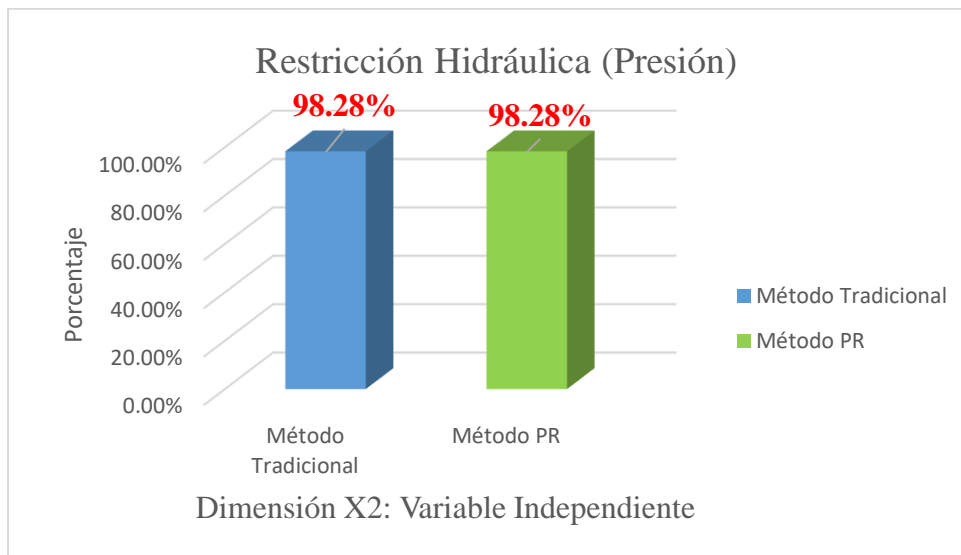
Fuente: Elaboración propia



Haciendo un análisis de la presión y lo señalado por la normativa vigente se pudo observar que el método tradicional y el método PR cumplieron con 57 Nodos de un total de 58 nodos cumpliendo ambos un 98.28%,

**Figura 22**

*Influencia de la Programación por Restricciones en la Presión*



*Fuente:* Elaboración propia

#### **4.6.2. Resultados del método PR – Velocidad.**

Las restricciones hidráulicas como la velocidad y su influencia en el diseño de la RDAP para ello aremos una comparación con el método tradicional y método PR, por lo que presentamos los valores de la velocidad de toda la RDAP.

**Tabla 15***Resultados de Velocidades Métodos Tradicional y Método PR*

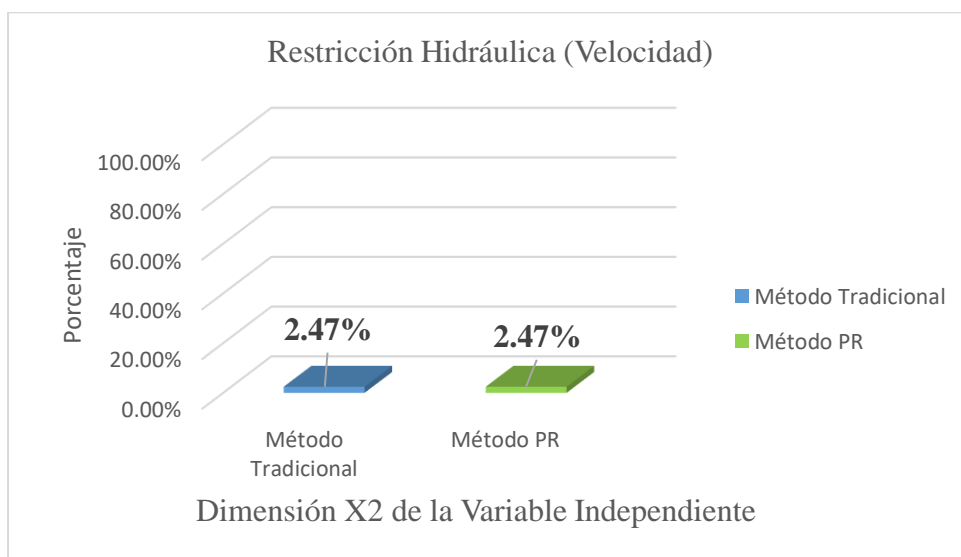
Tramo		Método Tradicional (m/s)	Método PR (m/s)	Tramo		Método Tradicional (m/s)	Método PR (m/s)
R-1	J-1	0.41	0.409	J-26	J-29	0.07	0.048
J-1	J-2	0.02	0.004	J-26	J-27	0.00	0.006
J-1	J-3	0.02	0.005	J-27	J-28	0.07	0.052
J-1	J-4	0.36	0.358	J-28	J-43	0.08	0.063
J-4	J-5	0.13	0.108	J-29	J-28	0.03	0.02
J-4	J-7	0.12	0.102	J-29	J-42	0.05	0.048
J-4	J-9	0.19	0.144	J-30	J-29	0.01	0.029
J-5	J-6	0.01	0.002	J-30	J-40	0.04	0.015
J-5	J-10	0.12	0.101	J-30	J-31	0.02	0.011
J-7	J-8	0.11	0.097	J-31	J-35	0.04	0.02
J-8	J-17	0.12	0.089	J-31	J-32	0.01	0.005
J-9	J-8	0.03	-0.001	J-32	J-33	0.04	0.021
J-9	J-16	0.14	0.09	J-33	J-34	0.07	0.013
J-9	J-10	0.07	0.048	J-40	J-35	0.02	0.006
J-10	J-15	0.10	0.078	J-35	J-33	0.01	0.002
J-10	J-11	0.08	0.062	J-35	J-36	0.08	0.016
J-11	J-12	0.07	0.059	J-36	J-37	0.04	0.008
J-15	J-12	0.04	0.022	J-37	J-38	0.01	0.002
J-12	J-13	0.09	0.072	J-37	J-39	0.02	0.004
J-13	J-21	0.08	0.068	J-40	J-41	0.02	0.005
J-13	J-14	0.01	0.002	J-42	J-43	0.07	0.043
J-15	J-20	0.09	0.069	J-43	J-46	0.10	0.055
J-16	J-15	0.04	0.023	J-43	J-44	0.08	0.042
J-16	J-19	0.11	0.071	J-44	J-45	0.07	0.037
J-16	J-17	0.00	0.009	J-45	J-50	0.08	0.036
J-17	J-18	0.10	0.071	J-46	J-45	0.01	-0.009
J-18	J-27	0.08	0.056	J-46	J-47	0.02	0.005
J-19	J-18	0.00	0.006	J-46	J-48	0.08	0.037
J-19	J-26	0.09	0.055	J-48	J-49	0.02	0.005
J-19	J-20	0.03	0.017	J-48	J-53	0.06	0.027
J-20	J-25	0.08	0.052	J-48	J-50	0.00	0.001
J-20	J-21	0.05	0.024	J-50	J-51	0.06	0.027
J-21	J-24	0.06	0.045	J-51	J-52	0.02	0.004
J-21	J-22	0.05	0.04	J-51	J-57	0.04	0.018
J-22	J-23	0.05	0.039	J-53	J-51	0.01	0.004
J-23	J-32	0.05	0.034	J-53	J-54	0.04	0.019
J-24	J-23	0.02	0.002	J-54	J-55	0.01	0.002
J-24	J-31	0.05	0.036	J-54	J-56	0.04	0.008
J-25	J-24	0.03	0.002	J-54	J-57	0.01	0.003
J-25	J-30	0.06	0.037	J-57	J-58	0.06	0.011
J-26	J-25	0.02	0.004				

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida la información se pudo observar que de un total de 81 tramos de tuberías de PVC que consta nuestra red de agua potable, con el método tradicional y el método PR cumplieron la normativa vigente 2 tramos de tuberías de PVC.

**Figura 23**

*Influencia de la Programación por Restricciones en la velocidad*



Fuente: Elaboración propia

De un total de 81 tramos de tuberías solo dos tuberías cumplen con la normativa vigente que corresponde a 2.47% en ambos métodos.

#### **4.6.3. Resultados del método PR - Costos total de obra**

Para analizar la influencia del método de PR al costo total de obra de las RDAPs se tendrá que comparar el diseño tradicional. Cabe indicar que el Cálculo hidráulico del método tradicional se realizó en el software de WATERCAD V8i y el método de PR con el software REDES 2015, por lo que presentamos los resultados de los diferentes diámetros obtenidos con los dos métodos señalados.

**Tabla 16***Resultados de los Diámetros según los Métodos Tradicional y PR*

Tramo		Método Tradicional (mm)	Método PR (mm)	Tramo		Método Tradicional (mm)	Método PR (mm)
R-1	J-1	66.00	66	J-26	J-29	66.00	66
J-1	J-2	29.40	66	J-26	J-27	54.20	66
J-1	J-3	29.40	66	J-27	J-28	54.20	66
J-1	J-4	66.00	66	J-28	J-43	54.20	66
J-4	J-5	54.20	66	J-29	J-28	54.20	66
J-4	J-7	54.20	66	J-29	J-42	66.00	66
J-4	J-9	66.00	66	J-30	J-29	54.20	66
J-5	J-6	29.40	66	J-30	J-40	43.40	66
J-5	J-10	54.20	66	J-30	J-31	43.40	66
J-7	J-8	54.20	66	J-31	J-35	43.40	66
J-8	J-17	54.20	66	J-31	J-32	43.40	66
J-9	J-8	43.40	66	J-32	J-33	43.40	66
J-9	J-16	66.00	66	J-33	J-34	29.40	66
J-9	J-10	43.40	66	J-40	J-35	43.40	66
J-10	J-15	54.20	66	J-35	J-33	43.40	66
J-10	J-11	43.40	66	J-35	J-36	29.40	66
J-11	J-12	43.40	66	J-36	J-37	29.40	66
J-15	J-12	43.40	66	J-37	J-38	29.40	66
J-12	J-13	43.40	66	J-37	J-39	29.40	66
J-13	J-21	43.40	66	J-40	J-41	29.40	66
J-13	J-14	29.40	66	J-42	J-43	54.20	66
J-15	J-20	54.20	66	J-43	J-46	43.40	66
J-16	J-15	43.40	66	J-43	J-44	54.20	66
J-16	J-19	66.00	66	J-44	J-45	54.20	66
J-16	J-17	43.40	66	J-45	J-50	43.40	66
J-17	J-18	54.20	66	J-46	J-45	43.40	66
J-18	J-27	54.20	66	J-46	J-47	29.40	66
J-19	J-18	54.20	66	J-46	J-48	43.40	66
J-19	J-26	66.00	66	J-48	J-49	29.40	66
J-19	J-20	54.20	66	J-48	J-53	43.40	66
J-20	J-25	54.20	66	J-48	J-50	43.40	66
J-20	J-21	43.40	66	J-50	J-51	43.40	66
J-21	J-24	43.40	66	J-51	J-52	29.40	66
J-21	J-22	43.40	66	J-51	J-57	43.40	66
J-22	J-23	43.40	66	J-53	J-51	43.40	66
J-23	J-32	43.40	66	J-53	J-54	43.40	66
J-24	J-23	43.40	66	J-54	J-55	29.40	66
J-24	J-31	43.40	66	J-54	J-56	29.40	66
J-25	J-24	43.40	66	J-54	J-57	43.40	66
J-25	J-30	54.20	66	J-57	J-58	29.40	66
J-26	J-25	54.20	66				

*Fuente:* Elaboración propia.

Se puede observar que la red contiene 81 tramos de tuberías de PVC con diferentes diámetros calculados con sus respectivos métodos, Esto influirá en el costo de la red de distribución de agua potable. Para analizar la influencia de los diámetros se realizó el presupuesto de obra de cada método resultando la siguiente tabla.

**Tabla 17**

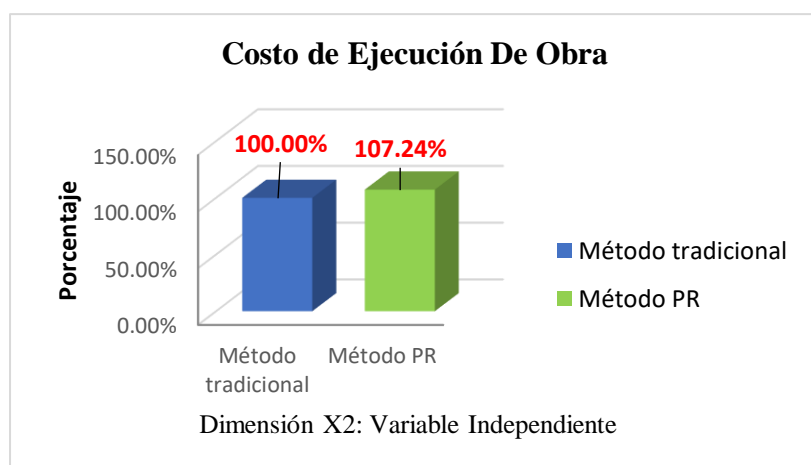
*Costo Total de Obra Método Tradicional y PR*

<b>Estructura del Presupuesto</b>	<b>Método tradicional</b>	<b>Método PR</b>
<b>Costo Directo</b>	<b>S/666,189.38</b>	<b>S/714,446.89</b>
Gastos Generales (11.0%)	S/73,280.83	S/78,589.16
Utilidad (6.0%)	S/39,971.36	S/42,866.81
<b>Sub total</b>	<b>S/779,441.57</b>	<b>S/835,902.86</b>
IGV (18%)	S/140,299.48	S/150,462.51
<b>Costo de obra</b>	<b>S/919,741.05</b>	<b>S/986,365.37</b>
Supervisión (5%)	S/45,987.05	S/49,318.27
<b>Costo Total De Obra</b>	<b>S/965,728.10</b>	<b>S/1,035,683.64</b>

*Fuente:* Elaboración propia

**Figura 24**

*Influencia de la Programación por Restricciones costo de ejecución de obra*



*Fuente:* Elaboración propia

Utilizando el método PR en el diseño de la red de agua potable de la localidad de Chaquicocha se obtendría un costo total de obra de S/ 1,035,955.54 soles y con el método

tradicional de S/ 965,728.10 soles concluyendo que el método PR es más costoso en S/ 69,955.54 soles.

El monto con la inteligencia artificial específicamente método PR encarece el sistema en un 7.24% tomando como base el costo de ejecución con el método tradicional.

#### **4.7. Los Algoritmos Genéticos**

Para determinar la influencia de los algoritmos genéticos se caracteriza porque los individuos (o redes) son encogidos a través de una rutina o rueda de la fortuna. La probabilidad de escogencia es inversamente proporcional al valor de la función de costo. Los AG se caracterizan porque internamente clasifica los individuos de una generación teniendo en cuenta sus costos y que tan bien cumple las restricciones impuestas.

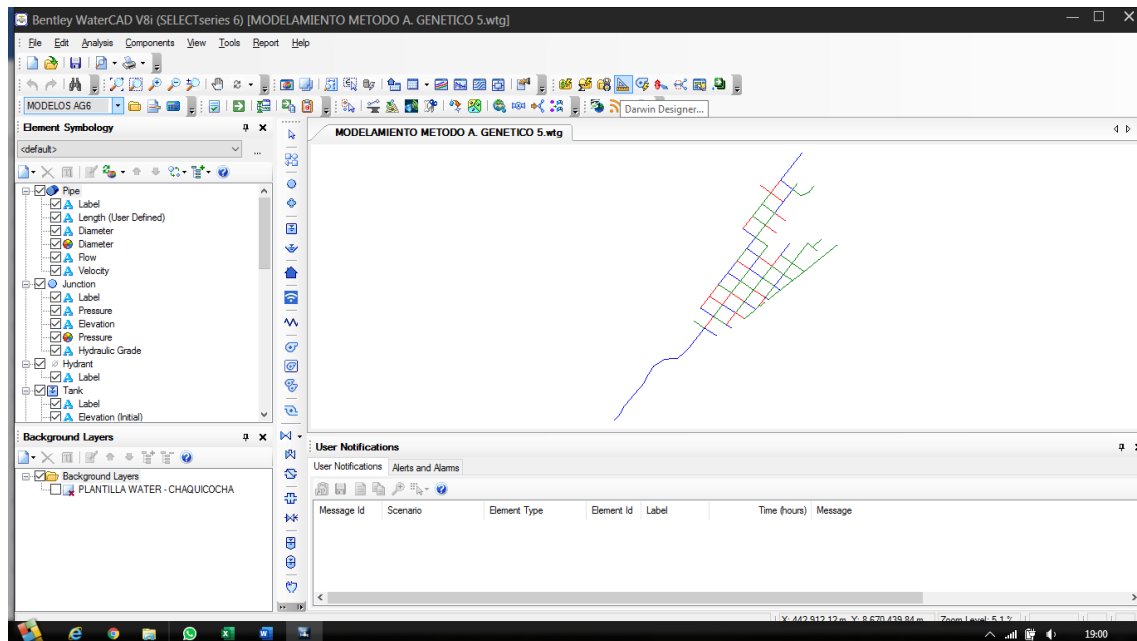
##### **4.7.1. Los AG con el Programa WaterCad.**

Muy similar que el cálculo de RDAP por el método tradicional el diseño se realizó en el programa WATERCAD versión V8i (serial 6). Para iniciar el programa se tendrá que configurar las unidades de trabajo en nuestro caso el Sistema Internacional (SI) y las ecuaciones de diseño, adoptaremos el método de Hazen-Williams, también se determinó la clase y tipo de tuberías siendo lo aplicado la tubería NTP 399.002: 2015 y clase 10.

Se tubo que dibujar y alimentar las características topológica y topográfica de los nodos y tuberías asumiendo diámetros por defecto en el programa. Para el diseño se comienza con dibujar los nodos, tuberías y tanques con sus respectivas cotas, coordenadas y caudales unitarios de toda la RDAP.

**Figura 25**

*Características Topológicas y Topográficas de la RDAP.*

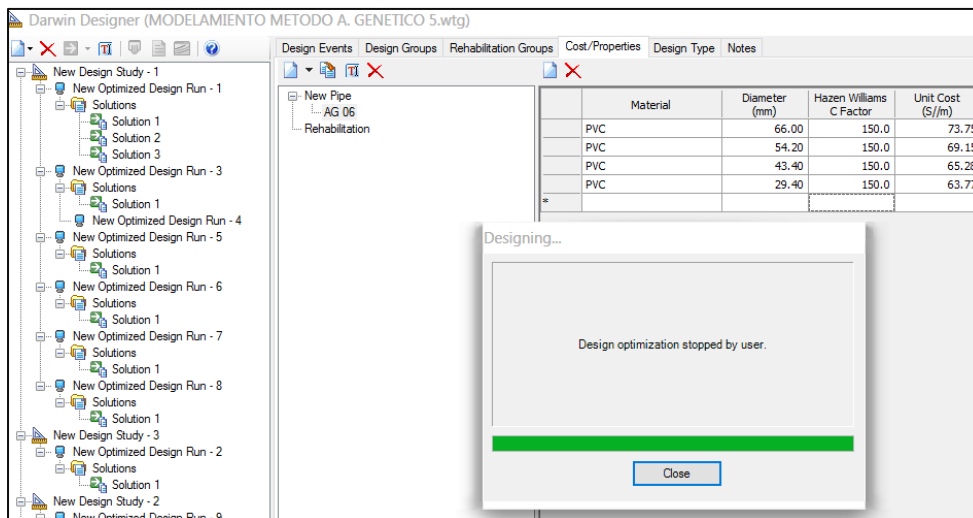


Fuente: Elaboración propia

En el Software WATER CAD en su menú desplegable *análisis* y barra de herramienta *Darwin Designer* se diseñó la RDAP con algoritmo genético. Es donde se tuvo que introducir todas las restricciones hidráulicas tales como presiones (mínimas y máximas), velocidades (mínimas y máximas) y las restricciones comerciales como son material, tipos y clase de tuberías. En el Software también nos solicitó el material, costos y diámetro y constante Hazen Williams para el respectivo calculo.

**Figura 26**

*Modelamiento con el método de AG software WATERCAD V8i*



*Fuente:* Elaboración propia

Una vez se tenga todas las soluciones se elige el mejor y se construirá un escenario donde se puede ver todos los cálculos en la ventana de dibujo ya previo configuración. Para mayor comprensión analizaremos en conjunto los resultados obtenidos con los dos Softwares.

#### **4.7.2. Los AG con el Programa Redes 2015.**

Similar que las metodologías anteriores se introduce los valores topográficos y topológicos como coordenadas X, Y, Z, caudal unitario dichos valores estarán en unidades internacionales. En el menú desplegable diseñar elegir la metodología Algoritmo Genéticos donde nos pedirán que ecuación hidráulica que será Hazen-Williams.

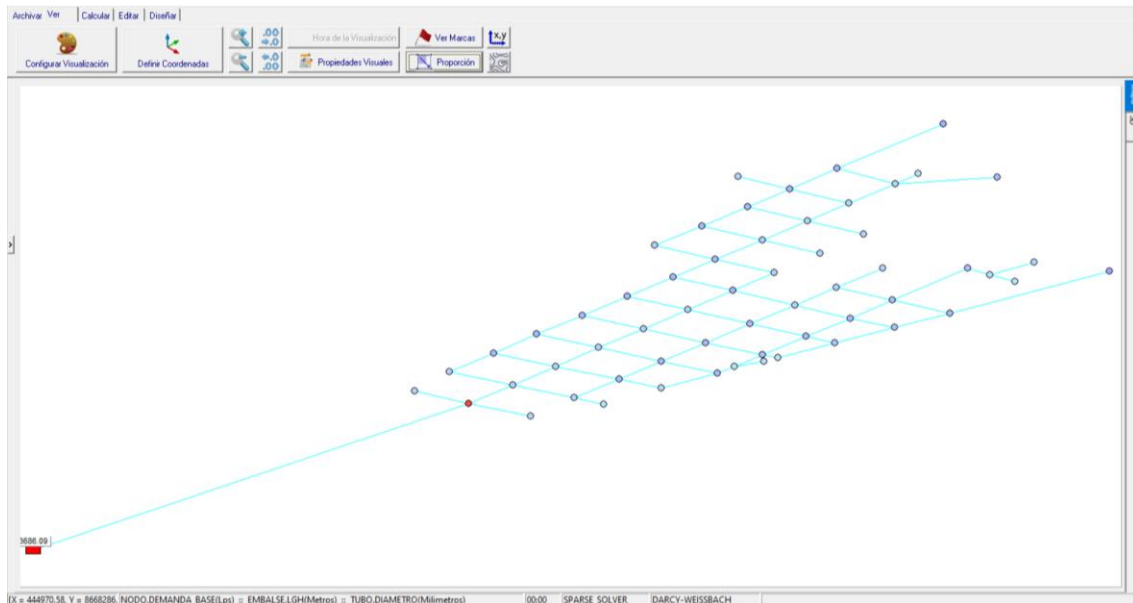
Para el diseño se comienza con dibujar los nodos, tuberías y embalses con sus respectivas cotas, coordenadas y caudales unitarios de toda la RDAP, como los anteriores



métodos de cálculo, se asumirá un diámetro uniforme para toda la red y se tuvo un resultado tal como se muestra en la figura procesado en el programa REDES 2015.

## Figura 27

### *Red de Distribución de Agua Potable en Software REDES 2015*

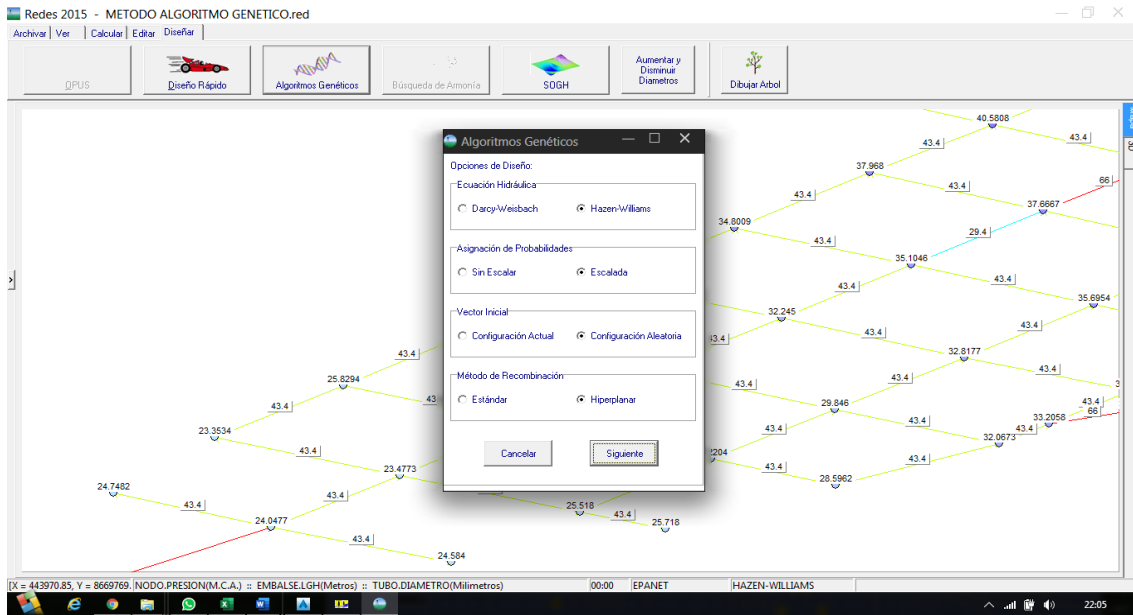


*Fuente:* Elaboración propia.

Se puede evidenciar toda la red de agua potable construida previamente se introdujo sus coordenadas y caudales. Se ingresó en el menú desplegable *diseño* y la barra de herramientas y la opción *Algoritmo Genético* se elige el tipo de Ecuación Hidráulica *Hazen Williams*, Asignación de Probabilidades *Escalada*, Vector inicial *Configuración Aleatoria* y el método de Recombinación *Hiperplano* luego siguiente.

**Figura 28**

*Introducción de Opciones de Diseño*

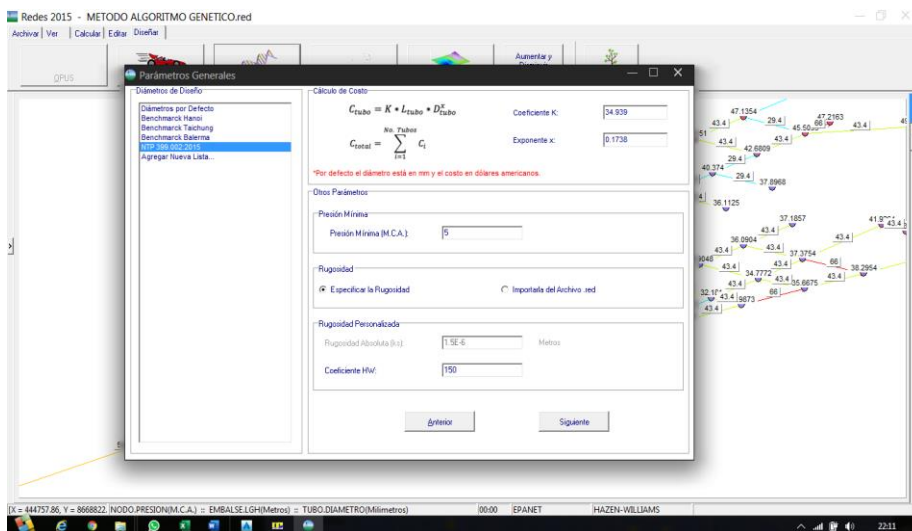


Fuente: Elaboración propia.

También se introdujeron los diámetros comerciales y tipo de tuberías que se usarán en el RDAP, coeficientes de la ecuación de costo, presión mínima y coeficiente de Hazen Williams y ok.

**Figura 29**

*Parámetros generales en el Software REDES 2015*

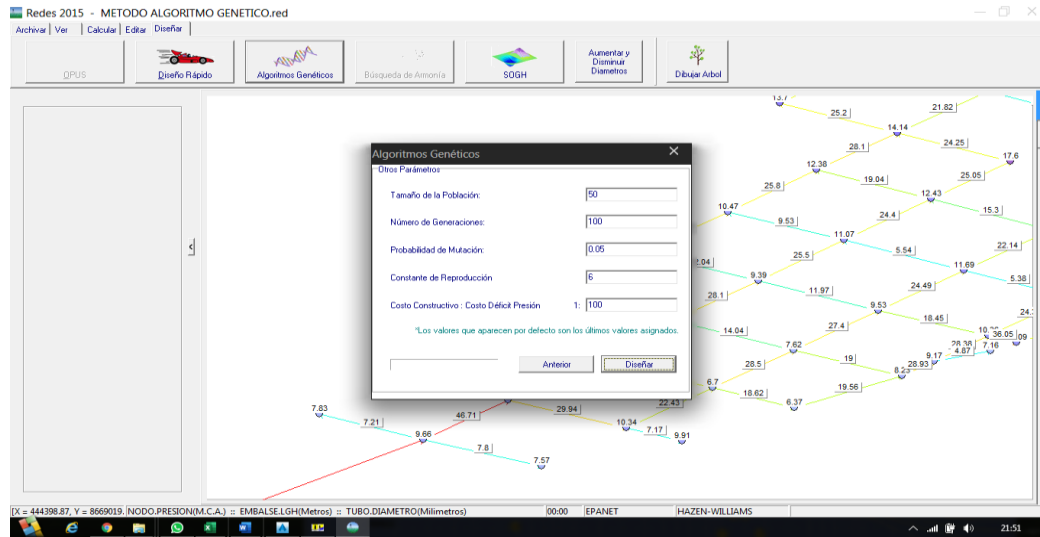


Fuente: Elaboración propia.

El Ing Saldarriaga recomienda estos valores por tener resultados mejores, donde va el tamaño de población, número de generaciones probabilidad de mutaciones, constante de reproducción, costo constructivo y diseñar.

**Figura 30**

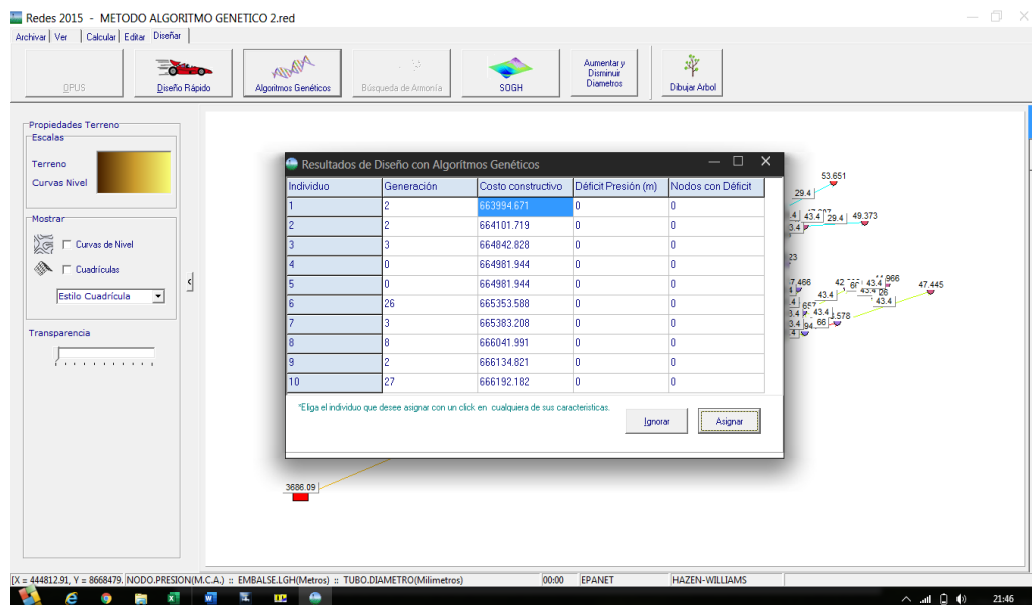
*Otros Parámetros Recomendados por el Ing. Juan Saldarriaga*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 31**

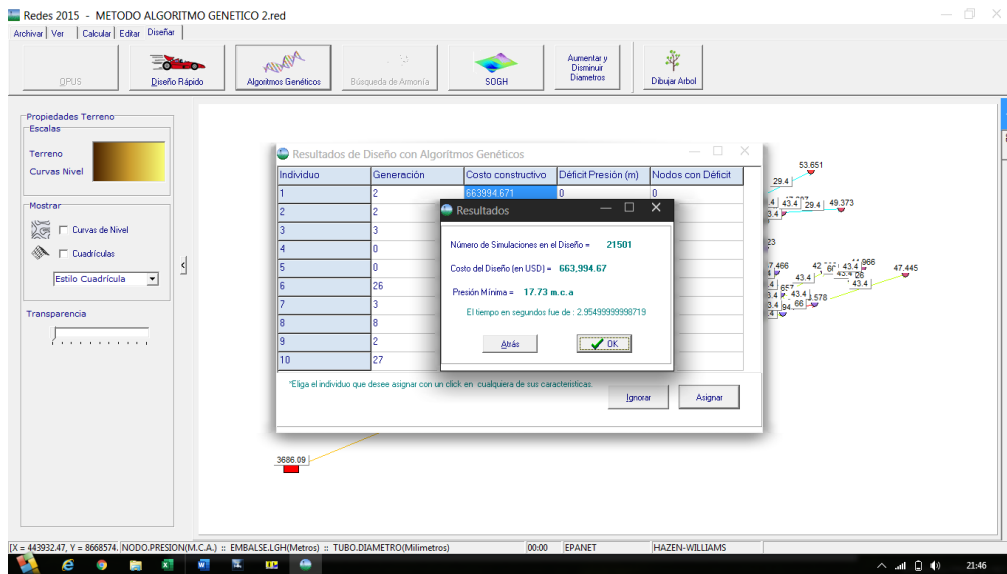
*Se Muestra los Mejores Diseños con sus Respetivos Costos de Ejecución.*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 32**

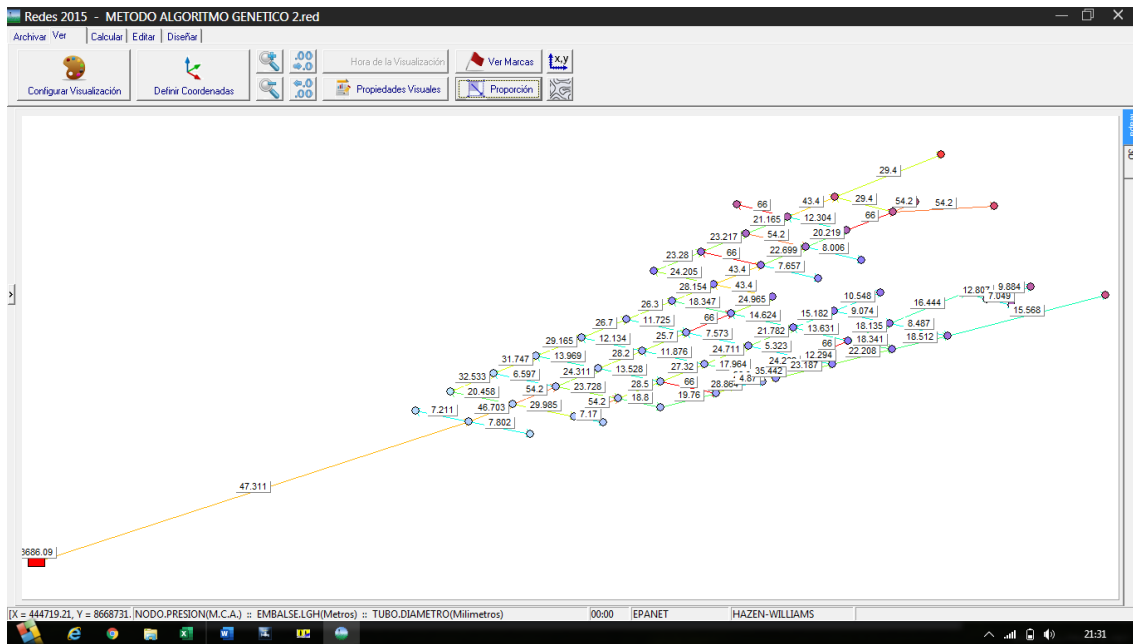
*Costo del Diseño y Presión Mínima del Mejor Individuo.*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 33**

*Resultados del Diseño con AG en el Software REDES 2015.*

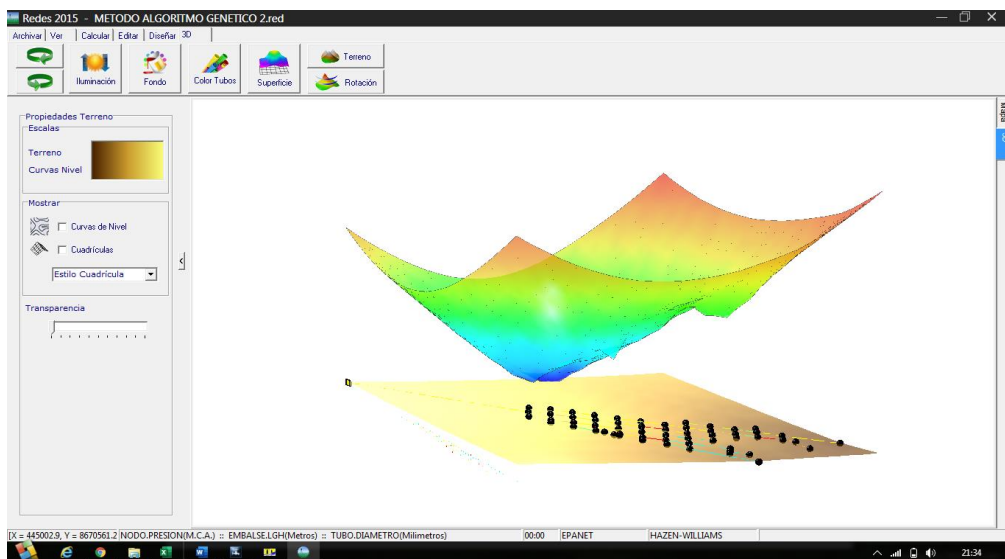


*Fuente: Elaboración propia.*

Aquí se muestra la curva de presiones del cálculo del algoritmo genético.

**Figura 34**

*Representación Gráfica de la Curva de Presión Obtenida con el AG.*



*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.7.2.1. Resultados del método AG – presión.

Para el diseño de RDAP con el método de algoritmo genético se encontró que dos Software nos brindan esta cualidad el WATERCAD y REDES 2015 por ello analizaremos en ambos Software. Analizaremos la influencia del método de Algoritmos Genéticos (AG) con respecto a la presión en los nodos, para ello se compara con el método tradicional, por lo que presentamos los valores de la presión de toda la RDAP.

**Tabla 18**

*Resultados de las Presiones de la RDAP Método Tradicional y Método A.G.*

ID	Método Tradicional (m.c.a.)	Algoritmo Genético		ID	Método Tradicional (m.c.a.)	Algoritmo Genético	
		WATERCAD (m.c.a.)	REDES 2015 (m.c.a.)			WATERCAD (m.c.a.)	REDES 2015 (m.c.a.)
1	24.62	5.06	18.52	30	41.78	20.93	33.19
2	25.32	5.75	19.22	31	43.63	22.83	35.06
3	25.15	5.59	19.05	32	44.52	23.70	35.94
4	26.06	6.49	17.95	33	47.15	26.29	38.58
5	28.29	8.02	20.04	34	55.92	35.07	47.44
6	28.49	8.22	20.24	35	46.23	25.38	37.66
7	26.11	5.90	17.73	36	50.72	29.87	42.21
8	28.74	8.49	20.36	37	51.18	30.33	42.68
9	28.84	8.57	20.43	38	51.63	30.78	43.13
10	30.16	9.92	21.8	39	53.46	32.61	44.97
11	31.58	11.35	23.14	40	44.95	24.11	36.38
12	35.10	14.73	26.67	41	46.04	25.21	37.47
13	36.27	15.68	27.72	42	46.66	25.72	38
14	38.00	17.41	29.45	43	43.83	22.82	35.04
15	32.88	12.55	24.45	44	44.27	23.20	35.46
16	31.63	11.32	23.21	45	47.37	26.29	38.55
17	32.09	11.78	23.28	46	46.98	25.86	38.16
18	34.42	13.87	25.93	47	45.31	24.20	36.5
19	35.35	14.79	26.88	48	49.67	28.40	40.68
20	35.93	15.33	27.37	49	47.20	25.93	38.2
21	37.83	17.25	29.26	50	50.37	29.12	41.38
22	38.58	17.99	30.01	51	52.75	31.47	43.76
23	41.84	21.08	33.26	52	54.11	32.83	45.12
24	41.04	20.27	32.45	53	52.02	30.74	43.02
25	38.84	18.09	30.24	54	54.84	33.56	45.86
26	38.25	17.50	29.66	55	56.54	35.26	47.56

27	37.95	17.22	29.28	56	58.31	37.03	49.33
28	41.18	20.27	32.48	57	56.46	35.19	47.48
29	40.88	20.04	32.21	58	62.59	41.35	53.61

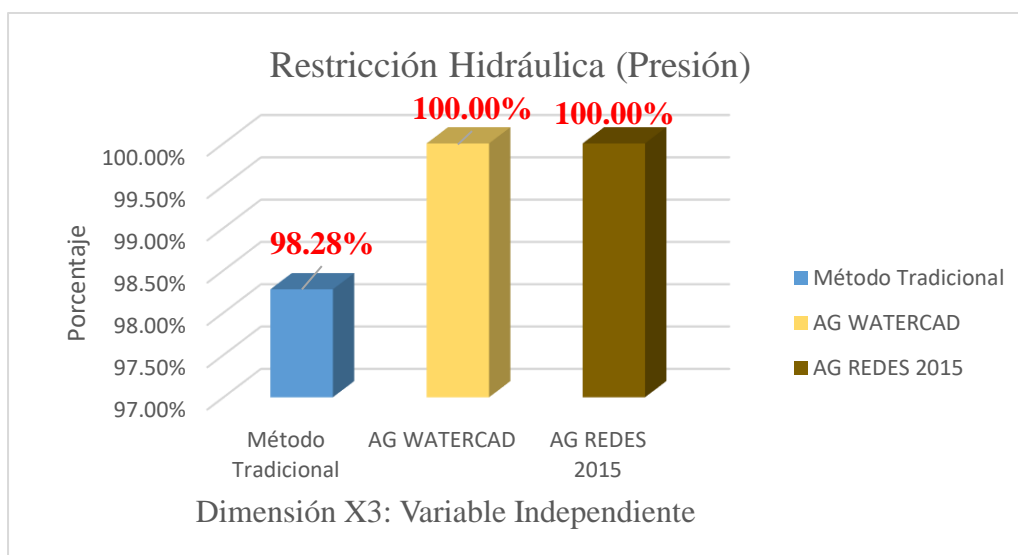
Fuente: Elaboración propia

Haciendo un análisis de la presión y lo señalado por la normativa vigente se pudo observar que el método tradicional cumplió con 57 Nodos que es un 98.28 % en cambio con el método AG de un total de 58 nodos que es un 100% del total de los tramos de tuberías.

## Figura

35

*Influencia de la Dimensión los Algoritmos Genéticos en la Presión*



Fuente: Elaboración propia.

### 4.7.2.2. Resultados del método AG – velocidad.

Las restricciones hidráulicas como la velocidad y su influencia en el diseño de la RDAP para ello aremos una comparación con el método tradicional y método AG, por lo que presentamos los valores de la velocidad de toda la RDAP. En la tabla 19 se mostrará los Resultados de velocidades métodos tradicional y método PR.

**Tabla 19***Resultados de Velocidades Métodos Tradicional y Método AG.*

Tramo	Método Tradicional (m/s)	Algoritmo Genético		Tramo	Método Tradicional (m/s)	Algoritmo Genético			
		WATERCAD (m.c.a.)	REDES 2015 (m.c.a.)			WATERCAD (m.c.a.)	REDES 2015 (m.c.a.)		
R-1	J-1	0.41	0.95	0.61	J-26	J-29	0.07	0.18	0.61
J-1	J-2	0.02	0.02	0	J-26	J-27	0.00	0.08	0
J-1	J-3	0.02	0.01	0.01	J-27	J-28	0.07	0.18	0.01
J-1	J-4	0.36	0.36	0.83	J-28	J-43	0.08	0.19	0.83
J-4	J-5	0.13	0.38	0.22	J-29	J-28	0.03	0.13	0.22
J-4	J-7	0.12	0.46	0.28	J-29	J-42	0.05	0.14	0.28
J-4	J-9	0.19	0.39	0.31	J-30	J-29	0.01	0.02	0.31
J-5	J-6	0.01	0.01	0.01	J-30	J-40	0.04	0.02	0.01
J-5	J-10	0.12	0.07	0.2	J-30	J-31	0.02	0.08	0.2
J-7	J-8	0.11	0.19	0.12	J-31	J-35	0.04	0.09	0.12
J-8	J-17	0.12	0.19	0.1	J-31	J-32	0.01	0.04	0.1
J-9	J-8	0.03	0.06	0.06	J-32	J-33	0.04	0.09	0.06
J-9	J-16	0.14	0.18	0.17	J-33	J-34	0.07	0.07	0.17
J-9	J-10	0.07	0.01	-0.04	J-40	J-35	0.02	0.05	-0.04
J-10	J-15	0.10	0.15	0.13	J-35	J-33	0.01	0.02	0.13
J-10	J-11	0.08	0.05	0.15	J-35	J-36	0.08	0.08	0.15
J-11	J-12	0.07	0.17	0.04	J-36	J-37	0.04	0.04	0.04
J-15	J-12	0.04	0.11	0.05	J-37	J-38	0.01	0.01	0.05
J-12	J-13	0.09	0.36	0.25	J-37	J-39	0.02	0.02	0.25
J-13	J-21	0.08	0.07	0.11	J-40	J-41	0.02	0.01	0.11
J-13	J-14	0.01	0.01	0	J-42	J-43	0.07	0.12	0
J-15	J-20	0.09	0.23	0.16	J-43	J-46	0.10	0.16	0.16
J-16	J-15	0.04	0.11	0.07	J-43	J-44	0.08	0.15	0.07
J-16	J-19	0.11	0.23	0.17	J-44	J-45	0.07	0.09	0.17
J-16	J-17	0.00	0.01	0.13	J-45	J-50	0.08	0.19	0.13
J-17	J-18	0.10	0.28	0.17	J-46	J-45	0.01	0.07	0.17
J-18	J-27	0.08	0.23	0.18	J-46	J-47	0.02	0.01	0.18
J-19	J-18	0.00	0.03	-0.06	J-46	J-48	0.08	0.18	-0.06
J-19	J-26	0.09	0.19	0.19	J-48	J-49	0.02	0.01	0.19
J-19	J-20	0.03	0.07	0.16	J-48	J-53	0.06	0.08	0.16
J-20	J-25	0.08	0.18	0.11	J-48	J-50	0.00	0.05	0.11
J-20	J-21	0.05	0.02	0.06	J-50	J-51	0.06	0.09	0.06
J-21	J-24	0.06	0.19	0.1	J-51	J-52	0.02	0.01	0.1
J-21	J-22	0.05	0.09	0.09	J-51	J-57	0.04	0.02	0.09
J-22	J-23	0.05	0.18	0.08	J-53	J-51	0.01	0.03	0.08
J-23	J-32	0.05	0.10	0.05	J-53	J-54	0.04	0.03	0.05
J-24	J-23	0.02	0.02	-0.02	J-54	J-55	0.01	0.01	-0.02
J-24	J-31	0.05	0.12	0.05	J-54	J-56	0.04	0.04	0.05
J-25	J-24	0.03	0.06	0.02	J-54	J-57	0.01	0.01	0.02
J-25	J-30	0.06	0.13	0.07	J-57	J-58	0.06	0.03	0.07
J-26	J-25	0.02	0.03	0.03					

*Fuente:* Elaboración propia.



Una vez obtenida la información se pudo observar que de un total de 81 tramos de tuberías de PVC que consta nuestra red de agua potable, con el método tradicional y el método AG hay variaciones.

**Tabla 20**

*Resultados de la Velocidad Método AG*

Método	N° tramos	Porcentajes
Método Tradicional	2	2.47%
AG WATERCAD	6	7.41%
AG REDES 2015	7	8.64%

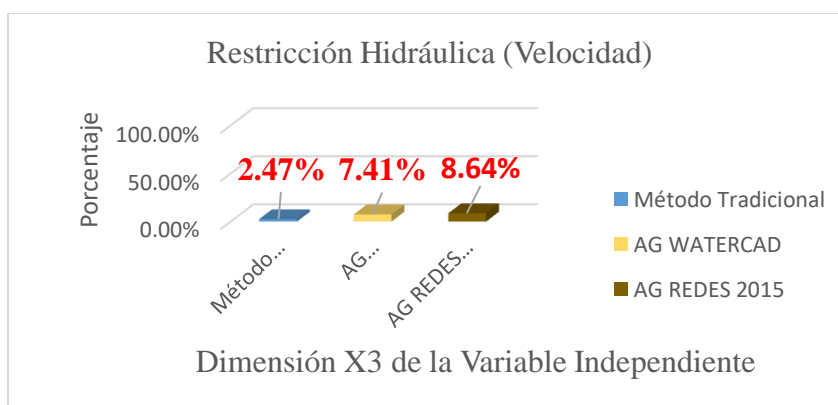
*Fuente:* Elaboración propia

Como se puede evidenciar con el método de AG las redes de distribución tienen mejores velocidades en los tramos, que cumplen la normativa es mayor a lo tradicional siendo 6 tramos con el software WATERCAD y 7 tramos con el Software REDES 2015.

**Figura**

**36**

*Influencia de los Algoritmos Genéticos en la velocidad*



*Fuente:* Elaboración propia

De un total de 81 tramos de tuberías solo el 2.47 % de tramos cumplen la normativa mientras que con el método AG 7.41% y 8.64.

### 4.7.2.3. Resultados del método AG - Costos total de obra

Para analizar la influencia del método de AG al costo total de obra de las RDAPs se tendrá que comparar el diseño tradicional. Cabe indicar que el Cálculo hidráulico del método tradicional se realizó en el software de WATERCAD V8i y el método de AG con el software REDES 2015 y WATERCAD, por lo que presentamos los resultados de los diferentes diámetros obtenidos con los dos métodos señalados. Resultados de los diámetros según los métodos tradicional y AG.

**Tabla 21**

*Resultados de los Diámetros Según el Método Tradicional y AG.*

Tramo	Método Tradicional (mm)	Algoritmo Genético		Tramo	Método Tradicional (mm)	Algoritmo Genético			
		WATERCAD (m.c.a.)	REDES 2015 (m.c.a.)			WATERCAD (m.c.a.)	REDES 2015 (m.c.a.)		
R-1	J-1	66.00	43.40	54.2	J-26	J-29	66.00	43.40	29.4
J-1	J-2	29.40	29.40	66	J-26	J-27	54.20	54.20	29.4
J-1	J-3	29.40	43.40	43.4	J-27	J-28	54.20	29.40	43.4
J-1	J-4	66.00	66.00	43.4	J-28	J-43	54.20	43.40	43.4
J-4	J-5	54.20	29.40	43.4	J-29	J-28	54.20	43.40	43.4
J-4	J-7	54.20	43.40	43.4	J-29	J-42	66.00	29.40	54.2
J-4	J-9	66.00	29.40	43.4	J-30	J-29	54.20	66.00	43.4
J-5	J-6	29.40	43.40	29.4	J-30	J-40	43.40	66.00	43.4
J-5	J-10	54.20	66.00	43.4	J-30	J-31	43.40	29.40	29.4
J-7	J-8	54.20	66.00	66	J-31	J-35	43.40	29.40	43.4
J-8	J-17	54.20	54.20	66	J-31	J-32	43.40	29.40	43.4
J-9	J-8	43.40	66.00	29.4	J-32	J-33	43.40	29.40	66
J-9	J-16	66.00	54.20	66	J-33	J-34	29.40	29.40	43.4
J-9	J-10	43.40	43.40	54.2	J-40	J-35	43.40	29.40	43.4
J-10	J-15	54.20	29.40	29.4	J-35	J-33	43.40	29.40	43.4
J-10	J-11	43.40	54.20	29.4	J-35	J-36	29.40	29.40	43.4
J-11	J-12	43.40	29.40	54.2	J-36	J-37	29.40	29.40	66
J-15	J-12	43.40	43.40	54.2	J-37	J-38	29.40	29.40	43.4
J-12	J-13	43.40	29.40	29.4	J-37	J-39	29.40	29.40	43.4
J-13	J-21	43.40	66.00	43.4	J-40	J-41	29.40	43.40	43.4
J-13	J-14	29.40	29.40	66	J-42	J-43	54.20	29.40	29.4
J-15	J-20	54.20	29.40	29.4	J-43	J-46	43.40	29.40	43.4
J-16	J-15	43.40	54.20	54.2	J-43	J-44	54.20	43.40	43.4
J-16	J-19	66.00	29.40	66	J-44	J-45	54.20	54.20	43.4
J-16	J-17	43.40	29.40	43.4	J-45	J-50	43.40	29.40	29.4
J-17	J-18	54.20	43.40	29.4	J-46	J-45	43.40	29.40	29.4
J-18	J-27	54.20	43.40	29.4	J-46	J-47	29.40	54.20	43.4

Tramo	Método Tradicional (mm)	Algoritmo Genético			Tramo	Método Tradicional (mm)	Algoritmo Genético		
		WATERCAD	REDES 2015				WATERCAD	REDES 2015	
									(m.c.a.)
J-19	J-18	54.20	43.40	29.4	J-46	J-48	43.40	29.40	29.4
J-19	J-26	66.00	29.40	43.4	J-48	J-49	29.40	54.20	29.4
J-19	J-20	54.20	29.40	43.4	J-48	J-53	43.40	43.40	43.4
J-20	J-25	54.20	29.40	43.4	J-48	J-50	43.40	29.40	43.4
J-20	J-21	43.40	54.20	54.2	J-50	J-51	43.40	29.40	43.4
J-21	J-24	43.40	29.40	43.4	J-51	J-52	29.40	54.20	43.4
J-21	J-22	43.40	43.40	43.4	J-51	J-57	43.40	66.00	43.4
J-22	J-23	43.40	29.40	43.4	J-53	J-51	43.40	54.20	43.4
J-23	J-32	43.40	29.40	43.4	J-53	J-54	43.40	43.40	43.4
J-24	J-23	43.40	43.40	43.4	J-54	J-55	29.40	29.40	43.4
J-24	J-31	43.40	43.40	66	J-54	J-56	29.40	29.40	29.4
J-25	J-24	43.40	29.40	43.4	J-54	J-57	43.40	43.40	29.4
J-25	J-30	54.20	29.40	66	J-57	J-58	29.40	43.40	29.4
J-26	J-25	54.20	43.40	66					

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que la red contiene 81 tramos de tuberías de PVC con diferentes diámetros calculados con sus respectivos métodos, esto influirá en el costo de la red de distribución de agua potable.

Para analizar la influencia de los diámetros se realizó el presupuesto de obra de cada método resultando la siguiente tabla.

**Tabla 22**

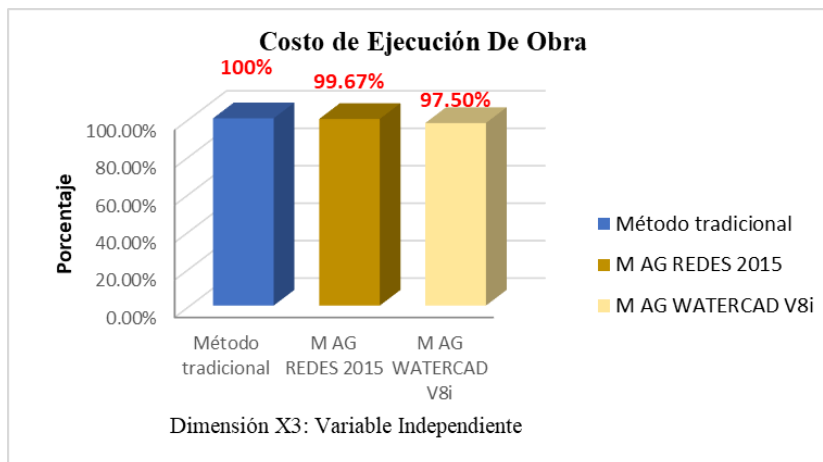
*Costo Total de Obra Metodología Tradicional Y Metodología AG.*

Estructura del Presupuesto	Método tradicional	M AG REDES 2015	M AG WATERCAD V8i
<b>Costo Directo</b>	<b>S/666,189.38</b>	<b>S/663,994.67</b>	649,541.29
Gastos Generales (11.0%)	S/73,280.83	S/73,039.41	S/71,449.54
Utilidad (6.0%)	S/39,971.36	S/39,839.68	S/38,972.48
<b>Sub total</b>	<b>S/779,441.57</b>	<b>S/776,873.76</b>	<b>S/759,963.31</b>
IGV (18%)	S/140,299.48	S/139,837.28	S/136,793.40
<b>Costo de obra</b>	<b>S/919,741.05</b>	<b>S/916,711.04</b>	<b>S/896,756.71</b>
Supervisión (5%)	S/45,987.05	S/45,835.55	S/44,837.84
<b>Costo Total De Obra</b>	<b>S/965,728.10</b>	<b>S/962,546.59</b>	<b>S/941,594.55</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 37**

*Influencia de los Algoritmos Genéticos en el Costo de Ejecución de Obra*



*Fuente:* Elaboración propia.

Utilizando el método AG en el diseño de la red de agua potable de la localidad de Chaquicocha se obtendría un costo total de obra de S/ 962,546.59 con el Software REDES 2015 y 941,585.09 soles con el software WATERCAD y con el método tradicional de S/ 965,728.10 soles concluyendo que el método AG es más económico en S/ 3,181.51 soles y 24,133.55 soles respectivamente. El monto con la inteligencia artificial específicamente método AG es más económico en un 0.33% y 2.50% dependiendo con que Software se calcule.

#### **4.8. La Optimización Combinatoria**

Para comprobar la influencia de dicha metodología se usó el Software REDES 2015, similar que las metodologías anteriores se introdujo los valores topográficos y topológicos como coordenadas X, Y, Z, caudal unitario dichos valores estarán en unidades internacionales. En el menú desplegable diseñar elegir la metodología Algoritmo Genéticos donde nos pedirán que ecuación hidráulica que será Hazen-Williams.

Para el diseño se comienza con dibujar los nodos, tuberías y embalses con sus respectivas cotas, coordenadas y caudales unitarios de toda la RDAP, como los anteriores métodos de cálculo, se asumirá un diámetro uniforme para toda la red y se tuvo un resultado tal como se muestra en la figura procesado en el programa REDES 2015. Se ingresa en el menú desplegable “diseño” y se elige la opción “Diseño Rápido” se elige el tipo de ecuación de diseño en nuestro caso elegiremos Hazen Williams y también se introducirá los diámetros comerciales y tipo de tuberías que se usaran el RDAP, coeficientes de la ecuación costo, presión mínima y luego el programa calculara el sistema con la mejor opción.

**Figura 38**

*Ingreso de parámetros Generales Ingresados al Software REDES 2015*

Parámetros Generales

Díametros de Diseño

- Díametros por Defecto
- Benchmark Hanoi
- Benchmark Taichung
- Benchmark Balerna
- NTP 399.002 2015
- NTP 399.002
- Agregar Nueva Lista...

Cálculo de Costo

$$C_{tubo} = K * L_{tubo} * D_{tubo}^x$$

$$C_{total} = \sum_{i=1}^{No. Tubos} C_i$$

Coeficiente K: 34.939

Exponente x: 0.1738

\*Por defecto el diámetro está en mm y el costo en dólares americanos.

Otros Parámetros

Presión Mínima

Presión Mínima (M.C.A.): 5

Rugosidad

Especificar la Rugosidad  Importarla del Archivo .red

Rugosidad Personalizada

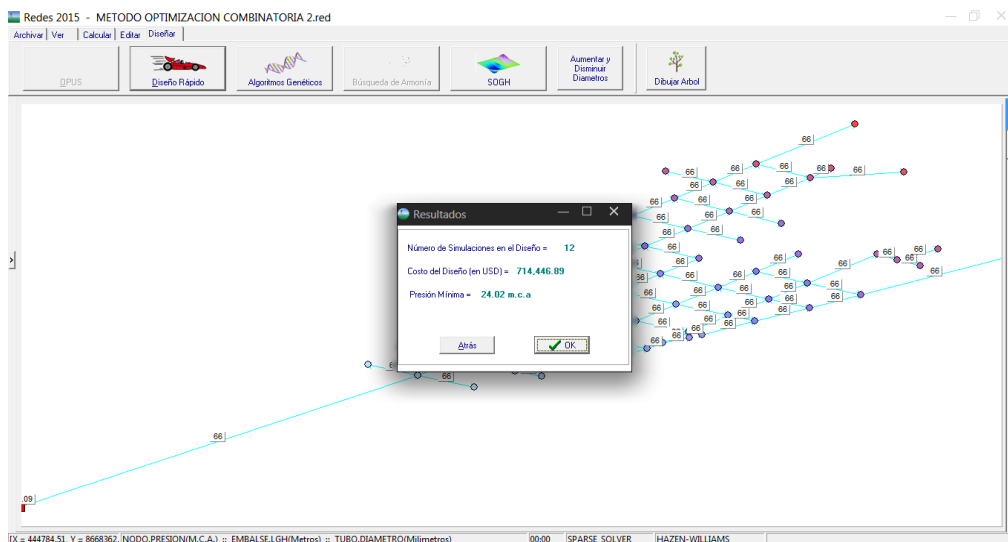
Rugosidad Absoluta (ks): 0.0015 Milímetros

Coeficiente HW: 150

Anterior Siguiente

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 39**  
*Procesamiento de Software REDES 2015*



*Fuente:* Elaboración propia.

#### 4.8.1. Resultados del método Optimización Combinatoria - presión

Para el diseño de RDAP con el método de algoritmo genético se encontró que dos Software nos brindan esta cualidad el WATERCAD y REDES 2015 por ello analizaremos en ambos Software. Analizaremos la influencia del método de Optimización combinatoria (OC) con respecto a la presión en los nodos, para ello se compara con el método tradicional, por lo que presentamos los valores de la presión de toda la RDAP.

**Tabla 23**

*Resultados de las Presiones de la RDAP Método Tradicional y Método OC.*

ID	Método Tradicional (m.c.a.)	Método OC (m.c.a.)	ID	Método Tradicional (m.c.a.)	Método OC (m.c.a.)
1	24.62	24.02	30	41.78	41.22
2	25.32	24.72	31	43.63	43.08

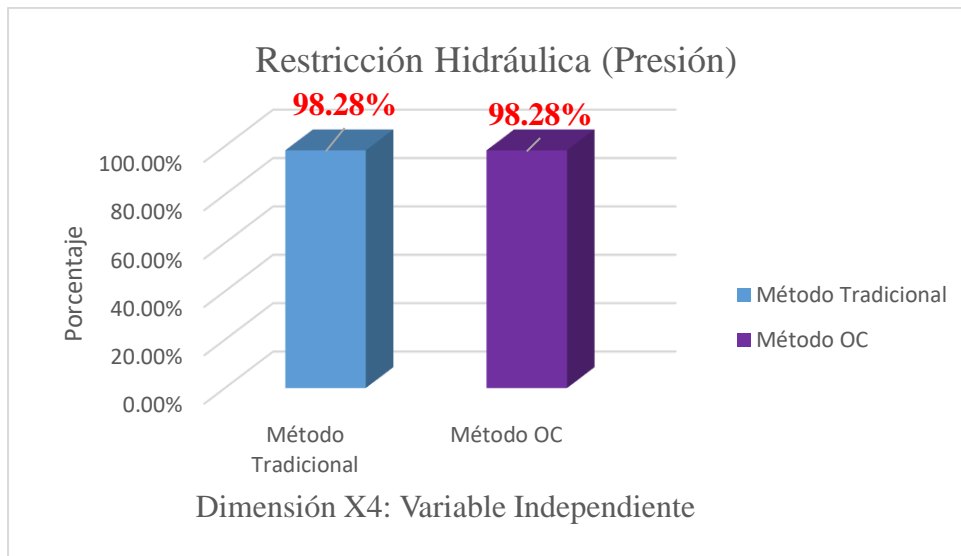
<b>ID</b>	<b>Método Tradicional (m.c.a.)</b>	<b>Método OC (m.c.a.)</b>	<b>ID</b>	<b>Método Tradicional (m.c.a.)</b>	<b>Método OC (m.c.a.)</b>
3	25.15	24.56	32	44.52	43.97
4	26.06	25.40	33	47.15	46.61
5	28.29	27.65	34	55.92	55.49
6	28.49	27.85	35	46.23	45.69
7	26.11	25.46	36	50.72	50.25
8	28.74	28.10	37	51.18	50.72
9	28.84	28.20	38	51.63	51.17
10	30.16	29.54	39	53.46	53.01
11	31.58	30.97	40	44.95	44.41
12	35.10	34.51	41	46.04	45.50
13	36.27	35.68	42	46.66	46.11
14	38.00	37.42	43	43.83	43.29
15	32.88	32.28	44	44.27	43.74
16	31.63	31.01	45	47.37	46.86
17	32.09	31.01	46	46.98	46.47
18	34.42	33.83	47	45.31	44.80
19	35.35	34.76	48	49.67	49.19
20	35.93	35.34	49	47.20	46.72
21	37.83	37.25	50	50.37	49.90
22	38.58	38.01	51	52.75	52.29
23	41.84	41.28	52	54.11	53.65
24	41.04	40.47	53	52.02	51.56
25	38.84	38.27	54	54.84	54.39
26	38.25	37.67	55	56.54	56.10
27	37.95	37.37	56	58.31	57.89
28	41.18	40.62	57	56.46	56.02
29	40.88	40.32	58	62.59	62.20

*Fuente:* Elaboración propia.

Haciendo un análisis de la presión y lo señalado por la normativa vigente se pudo observar que el método tradicional y el método OC cumplieron con 57 Nodos de un total de 58 nodos cumpliendo ambos un 98.28%,

**Figura 40**

*Influencia de la Optimización Combinatoria en la Presión*



*Fuente:* Elaboración propia.

#### 4.8.2. Resultados del método OC -velocidad.

Las restricciones hidráulicas como la velocidad y su influencia en el diseño de la RDAP para ello se hizo una comparación con el método tradicional y método PR, por lo que presentamos los valores de la velocidad de toda la RDAP.

**Tabla 24**

*Resultados de la Velocidad Método Tradicional y Método OC*

Tramo	Método Tradicional (l/s)	Método OC (l/s)	Tramo	Método Tradicional (l/s)	Método OC (l/s)
R-1 J-1	0.41	0.409	J-26 J-29	0.07	0.048
J-1 J-2	0.02	0.004	J-26 J-27	0.00	-0.006
J-1 J-3	0.02	0.005	J-27 J-28	0.07	0.052
J-1 J-4	0.36	0.358	J-28 J-43	0.08	0.063
J-4 J-5	0.13	0.108	J-29 J-28	0.03	-0.02
J-4 J-7	0.12	0.102	J-29 J-42	0.05	0.048



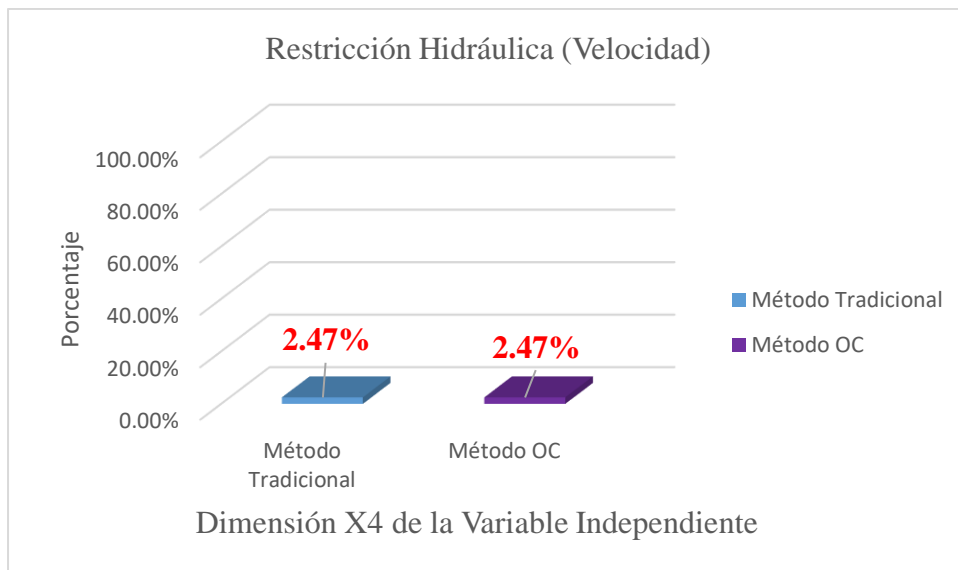
J-4	J-9	0.19	0.144	J-30	J-29	0.01	-0.029
J-5	J-6	0.01	0.002	J-30	J-40	0.04	0.015
J-5	J-10	0.12	0.101	J-30	J-31	0.02	-0.011
J-7	J-8	0.11	0.097	J-31	J-35	0.04	0.02
J-8	J-17	0.12	0.089	J-31	J-32	0.01	-0.005
J-9	J-8	0.03	-0.001	J-32	J-33	0.04	0.021
J-9	J-16	0.14	0.09	J-33	J-34	0.07	0.013
J-9	J-10	0.07	0.048	J-40	J-35	0.02	0.006
J-10	J-15	0.10	0.078	J-35	J-33	0.01	0.002
J-10	J-11	0.08	0.062	J-35	J-36	0.08	0.016
J-11	J-12	0.07	0.059	J-36	J-37	0.04	0.008
J-15	J-12	0.04	0.022	J-37	J-38	0.01	0.002
J-12	J-13	0.09	0.072	J-37	J-39	0.02	0.004
J-13	J-21	0.08	0.068	J-40	J-41	0.02	0.005
J-13	J-14	0.01	0.002	J-42	J-43	0.07	0.043
J-15	J-20	0.09	0.069	J-43	J-46	0.10	0.055
J-16	J-15	0.04	0.023	J-43	J-44	0.08	0.042
J-16	J-19	0.11	0.071	J-44	J-45	0.07	0.037
J-16	J-17	0.00	0.009	J-45	J-50	0.08	0.036
J-17	J-18	0.10	0.071	J-46	J-45	0.01	-0.009
J-18	J-27	0.08	0.056	J-46	J-47	0.02	0.005
J-19	J-18	0.00	0.006	J-46	J-48	0.08	0.037
J-19	J-26	0.09	0.055	J-48	J-49	0.02	0.005
J-19	J-20	0.03	0.017	J-48	J-53	0.06	0.027
J-20	J-25	0.08	0.052	J-48	J-50	0.00	-0.001
J-20	J-21	0.05	0.024	J-50	J-51	0.06	0.027
J-21	J-24	0.06	0.045	J-51	J-52	0.02	0.004
J-21	J-22	0.05	0.04	J-51	J-57	0.04	0.018
J-22	J-23	0.05	0.039	J-53	J-51	0.01	0.004
J-23	J-32	0.05	0.034	J-53	J-54	0.04	0.019
J-24	J-23	0.02	0.002	J-54	J-55	0.01	0.002
J-24	J-31	0.05	0.036	J-54	J-56	0.04	0.008
J-25	J-24	0.03	0.002	J-54	J-57	0.01	-0.003
J-25	J-30	0.06	0.037	J-57	J-58	0.06	0.011
J-26	J-25	0.02	-0.004				

*Fuente:* Elaboración propia

Una vez obtenida la información se pudo observar que de un total de 81 tramos de tuberías de PVC que consta nuestra red de agua potable, con el método tradicional y el método OC cumplieron la normativa vigente 2 tramos de tuberías de PVC.

**Figura 41**

*Influencia de la Optimización Combinatoria en la Velocidad/*



*Fuente:* Elaboración propia.

De un total de 81 tramos de tuberías solo dos tuberías cumplen con la normativa vigente que corresponde a 2.47% en ambos métodos.

#### **4.8.3. Resultados del método OC- Costos total de obra**

Para analizar la influencia del método de OC al costo total de obra de las RDAPs se tendrá que comparar el diseño tradicional.

Cabe indicar que el Cálculo hidráulico del método tradicional se realizó en el software de WATERCAD V8i y el método de OC con el software REDES 2015, por lo que presentamos los resultados de los diferentes diámetros obtenidos con los dos métodos señalados.

**Tabla 25***Resultados de los Diámetros Según el Método Tradicional y Método OC*

Tramo		Método Tradicional (m.c.a.)	Método OC (m.c.a.)	Tramo		Método Tradicional (m.c.a.)	Método OC (m.c.a.)
R-1	J-1	66.00	66	J-26	J-29	66.00	66
J-1	J-2	29.40	66	J-26	J-27	54.20	66
J-1	J-3	29.40	66	J-27	J-28	54.20	66
J-1	J-4	66.00	66	J-28	J-43	54.20	66
J-4	J-5	54.20	66	J-29	J-28	54.20	66
J-4	J-7	54.20	66	J-29	J-42	66.00	66
J-4	J-9	66.00	66	J-30	J-29	54.20	66
J-5	J-6	29.40	66	J-30	J-40	43.40	66
J-5	J-10	54.20	66	J-30	J-31	43.40	66
J-7	J-8	54.20	66	J-31	J-35	43.40	66
J-8	J-17	54.20	66	J-31	J-32	43.40	66
J-9	J-8	43.40	66	J-32	J-33	43.40	66
J-9	J-16	66.00	66	J-33	J-34	29.40	66
J-9	J-10	43.40	66	J-40	J-35	43.40	66
J-10	J-15	54.20	66	J-35	J-33	43.40	66
J-10	J-11	43.40	66	J-35	J-36	29.40	66
J-11	J-12	43.40	66	J-36	J-37	29.40	66
J-15	J-12	43.40	66	J-37	J-38	29.40	66
J-12	J-13	43.40	66	J-37	J-39	29.40	66
J-13	J-21	43.40	66	J-40	J-41	29.40	66
J-13	J-14	29.40	66	J-42	J-43	54.20	66
J-15	J-20	54.20	66	J-43	J-46	43.40	66
J-16	J-15	43.40	66	J-43	J-44	54.20	66
J-16	J-19	66.00	66	J-44	J-45	54.20	66
J-16	J-17	43.40	66	J-45	J-50	43.40	66
J-17	J-18	54.20	66	J-46	J-45	43.40	66
J-18	J-27	54.20	66	J-46	J-47	29.40	66
J-19	J-18	54.20	66	J-46	J-48	43.40	66
J-19	J-26	66.00	66	J-48	J-49	29.40	66
J-19	J-20	54.20	66	J-48	J-53	43.40	66
J-20	J-25	54.20	66	J-48	J-50	43.40	66
J-20	J-21	43.40	66	J-50	J-51	43.40	66
J-21	J-24	43.40	66	J-51	J-52	29.40	66
J-21	J-22	43.40	66	J-51	J-57	43.40	66
J-22	J-23	43.40	66	J-53	J-51	43.40	66
J-23	J-32	43.40	66	J-53	J-54	43.40	66
J-24	J-23	43.40	66	J-54	J-55	29.40	66
J-24	J-31	43.40	66	J-54	J-56	29.40	66
J-25	J-24	43.40	66	J-54	J-57	43.40	66
J-25	J-30	54.20	66	J-57	J-58	29.40	66
J-26	J-25	54.20	66				

*Fuente:* Elaboración propia.

Se puede observar que la red contiene 81 tramos de tuberías de PVC con diferentes diámetros calculados con sus respectivos métodos, Esto influirá en el costo de la red de distribución de agua potable. Para analizará la influencia de los diámetros se realizó el presupuesto de obra de cada método resultando la siguiente tabla.

**Tabla 26**

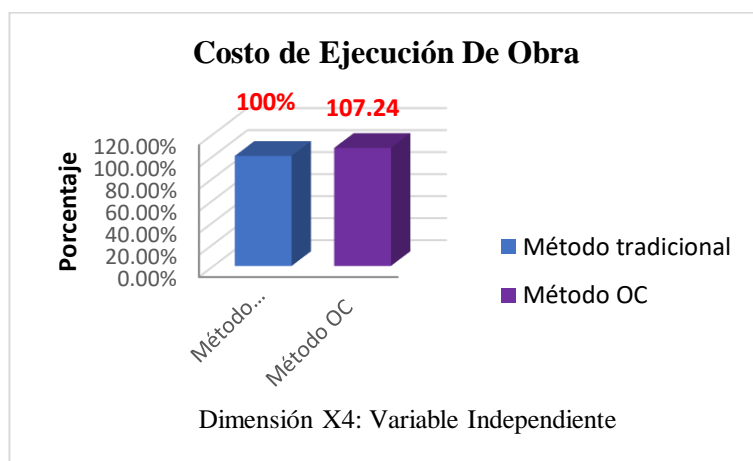
*Costos de la Obra Método Tradicional y Método O.C.*

<b>Estructura del Presupuesto</b>	<b>Método tradicional</b>	<b>Método OC</b>
<b>Costo Directo</b>	<b>S/666,189.38</b>	<b>S/714,446.89</b>
Gastos Generales (11.0%)	S/73,280.83	S/78,589.16
Utilidad (6.0%)	S/39,971.36	S/42,866.81
<b>Sub total</b>	<b>S/779,441.57</b>	<b>S/835,902.86</b>
IGV (18%)	S/140,299.48	S/150,462.51
<b>Costo de obra</b>	<b>S/919,741.05</b>	<b>S/986,365.37</b>
Supervisión (5%)	S/45,987.05	S/49,318.27
<b>Costo Total De Obra</b>	<b>S/965,728.10</b>	<b>S/1,035,683.64</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 42**

*Influencia de la O.C. en el Costo de la Ejecución de Obra*



Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el método OC en el diseño de la red de agua potable de la localidad de Chaquicocha se obtendría un costo total de obra de S/ 1,035,955.54 soles y con el método

tradicional de S/ 965,728.10 soles concluyendo que el método OC es más costoso en S/ 69,955.54 soles.

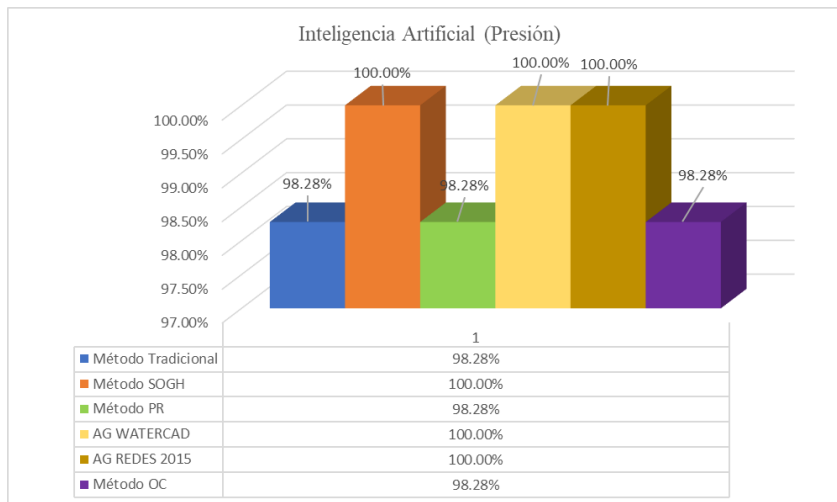
El monto con la inteligencia artificial específicamente método PR encarece el sistema en un 7.24% tomando como base el costo de ejecución con el método tradicional.

#### **4.9. Resultados finales de la inteligencia Artificial**

##### **4.9.1. Resultados Inteligencia Artificial - presión**

Para el diseño de RDAP con la Inteligencia Artificial se encontró dos Software que nos brindan esta cualidad el WATERCAD y REDES 2015 por ello analizaremos en ambos Software. Analizaremos la influencia Inteligencia Artificial con el resultado obtenido de las presiones en los nodos, para ello se compara con el Método tradicional, los diferentes métodos que contempla la inteligencia artificial según el Ing. Juan Saldarriaga son 4 la Superficie Óptima de Gradiente Hidráulica, Programación por Restricciones, Algoritmos Genéticos y Optimización Combinatoria dichas metodología y cálculos fueron desarrollados en el Software REDES2015.

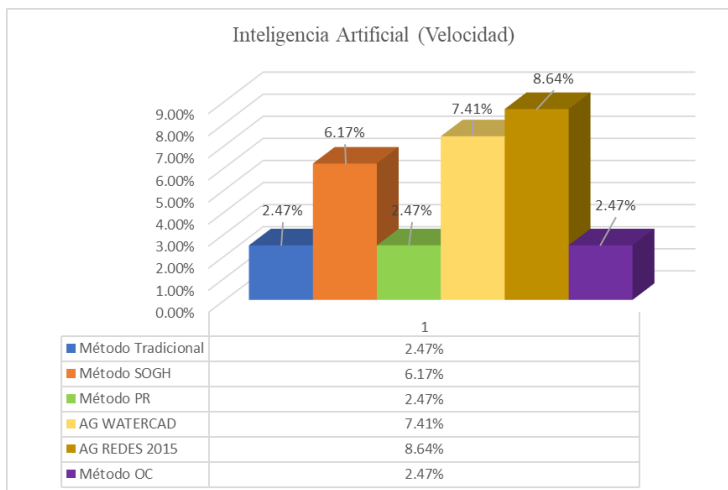
Se puede visualizar que la inteligencia Artificial influye en el diseño de la RDAP del centro poblado de Chaquicocha, Y sus resultados fueron comparados con los requerimientos máximos y mínimos de presión según la normativa directamente, podemos concluir todos los métodos mejoran o son iguales que método tradicional. Siendo los que dieron mejores resultados fueron método de SOGH, y Algoritmo Genético con un cumplimiento de un 100 %.

**Figura 43***Rentabilidad de la Inteligencia Artificial en la Presión*

Fuente: Elaboración propia.

**4.9.2. Influencia de la Inteligencia Artificial - velocidad.**

La Influencia de la Inteligencia artificial al diseño de una RDAP es evidente en este caso se analizó la variable velocidad.

**Figura 44***Influencia de la Inteligencia Artificial en la Velocidad*

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que la inteligencia artificial hace mejorar las velocidades de un 2.47% hasta un 8.64% dependiendo del método, cabe señalar que las velocidades se mejoraron en la mayoría de los tramos con la inteligencia artificial.

#### 4.9.3. Influencia de la Inteligencia Artificial - Costos total de obra

La Influencia de Inteligencia arterial al diseño de una RDAP es evidente en este caso se analizó la variación de costos según cada método de la Inteligencia Artificial. Para determinara el costo de RDAP se tuvo que contabilizar tramo a tramo que diámetros resulto en el cálculo hidráulico para luego realizar el presupuesto total de red. Para analizar la influencia de los diámetros se realizó el presupuesto de obra de cada método resultando la siguiente tabla.

**Tabla 27**

Resumen de la Influencia de la I.A. en el Costo de Ejecución de Obra

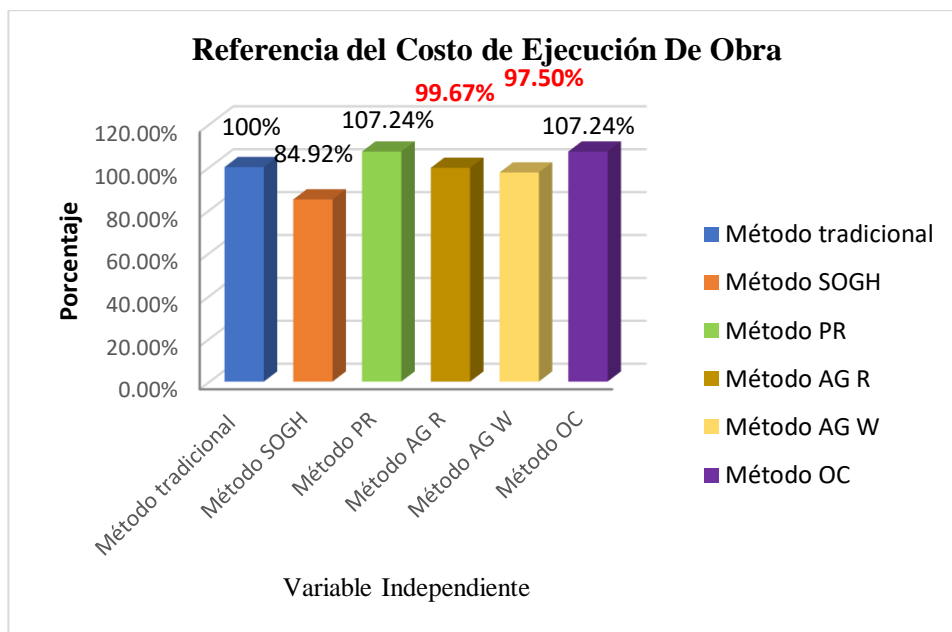
Método	C.E. OBRA	Comparación	Condición
Método tradicional	S/965,728.10	Base	referencia
Método SOGH	S/820,082.17	S/145,645.93	Economizo
Método PR	S/1,035,683.64	-S/69,955.54	Encareció
Método AG R	S/962,546.59	S/3,181.51	Economizo
Método AG W	S/941,594.55	S/24,133.55	Economizo
Método OC	S/1,035,683.64	-S/69,955.54	Encareció

*Fuente:* Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla se tiene métodos que encarecieron la red y métodos que nos hacen Economizar el costo de la ejecución de obra. Siendo uno de los favorables el método de SOGH con un monto inferior del monto base en S/ 145,645.93 soles y teniendo dos métodos que llegaría a encarecer la RDAP en S/ 69,955.54 soles.

**Figura 45**

*Influencia de la Inteligencia Artificial en el Costo de Ejecución de Obra*



*Fuente:* Elaboración propia.

Verificando el comportamiento de la inteligencia artificial se podrá concluir que con ciertos métodos son más económico para el diseño de la RDAP en la localidad de Chaquicocha.



## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

A partir de los resultados obtenidos, aceptamos la hipótesis general que establece que la Inteligencia Artificial influye de manera directa y positiva en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción – 2017.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Castillejos (2010), López (2003), García, (2014) que la inteligencia artificial influye en la Optimización de RDAP como minimizar costos, ajustar tamaños comerciales y mejorar las restricciones hidráulicas en el dimensionamiento de redes de distribución de agua potable. Ello es conforme con lo que este estudio resulto.

Los resultados obtenidos corresponden en efecto al estudio del área de saneamiento en mención, pudiendo generalizarse a cualquier proyecto de esta área, sin embargo, cabe mencionar que la cantidad de nodos también es importante ya que no puede ser muy grande la cantidad de nodos a analizar. En otros proyectos de esta naturaleza lo único que los diferenciaría sería la topología y la topografía. Dentro de los resultados obtenidos, es importante resaltar que la mayoría de ellos no han sido analizados en los proyectos que se ejecutan hoy en día, por lo que no son similares a investigaciones anteriores. El mayor problema es que no siempre se busca mejorar la aplicación de otras alternativas que puedan favorecer la ejecución de este tipo de estudios.

En la influencia de la inteligencia artificial al diseño de las redes de agua potable de la localidad de Chaquicocha, cada diseño dependerá de las características topológicas y topográficas de nuestro sistema también tendremos que tener en cuenta las restricciones que nos dan las normativas vigentes como el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y la RM-192-2018-VIVIENDA que nos dan los parámetros de diseño, consideraciones de Diseño, alcances y las Restricciones Hidráulicas. Entonces los resultados hidráulicos con la IA son positivos, mejorando las presiones de 98.28% a 100% y las velocidades de un 2.47% a 8.64% y evidenciando tener una mejor distribución de presión y velocidad en todos los nodos de la red de distribución de agua potable, con respecto a lo económico la IA nos hace ahorrar hasta un 15.08% con respecto al presupuesto tradicional, dicha conclusión es similar a lo señalado por López, (2003), con la diferencia que fueron distintas topografías y topologías con nuestra investigación.

La influencia de la Superficie óptima de Gradiente Hidráulica en el diseño de la red de distribución fue muy positivo ya que mejoró todas las presiones en los nodos y el porcentaje que la normativa fue de un 98.28 a 100% y se evidenció que mejoró las presiones no habiendo muchas variaciones siendo más óptima la curva de presiones, con la variable velocidad se mejoró las velocidades de los tramos y cumpliendo la normativa de un 2.47% llegando al 6.17%, con respecto al presupuesto de obra se ahorraría un monto de 145,645.93 soles evidenciado que es uno de los métodos que nos da un ahorro sustancial. ello es acorde con lo que sustenta Saldarriaga, (2016).

Con respecto a la influencia de la Programación por Restricción al dimensionamiento de la red de distribución se obtuvo que la presión en los nodos mejoró sustancialmente, pero comparando con la normativa no llegó a mejorar las restricciones, con respecto a la velocidad tampoco no hubo una mejora según la normativa, con respecto al presupuesto de obra encareció el presupuesto en un 69,955.54 soles siendo uno de los métodos menos favorables según la

topología y topografía. Ello no es acorde con lo que sustenta Saldarriaga, (2016) ya que el caudal es pequeño y no se puede evidenciar la mejoras.

El método de Algoritmo Genético resulto con presiones más adecuadas llegando cumplir un 100% del total de nodos, con respecto a las velocidades en las tuberías se pudo ver unos resultados satisfactorios mejorando de un 2.47% hasta un 8.64% Dependiendo del software y el costo de la ejecución de la obra se pudo ahorrar con el software REDES 2015 un monto de S/3,181.51 soles y con el WATERCAD un monto de S/ 24,133.55 soles siendo uno de los métodos más consistentes con las restricciones hidráulicas y el costo. ello es conforme con lo que sustentan Saldarriaga, (2016). García, (2014) López, (2003).

La influencia de la Optimización Combinatoria en las presiones como las velocidades variaron con respecto al método tradicional, pero comparando con la normativa no se evidencia mayores casos de cumplimiento de las restricciones y con respecto al presupuesto de obra se llegó un valor adicional en S/ 69,955.54 soles siendo unos de los métodos menos adecuados según las características del centro poblado de Chaquicocha. Ello no es acorde con lo que sustenta Saldarriaga, (2016) ya que el caudal es pequeño y no se puede evidenciar la mejoras.

## CONCLUSIONES

1. Respecto a la Superficie Óptima de Gradiente Hidráulico vemos que, si influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua debido a que haciendo un análisis de la presión y lo señalado por la normativa vigente se pudo observar que el método tradicional cumplido 57 tramos de tubería de PVC mientras que el diseño con el método SOGH cumplido con 58 tramos de tuberías PVC. Asimismo, el método de SOGH cumple a 100% la normativa vigente en el Perú mientras que el método tradicional tiene un porcentaje de cumplimiento de 98.28% del total de tramos de la RDAP y respecto a la velocidad, se puede apreciar que el método de SOGH cumple la normativa vigente en un 6.17% mientras que el método tradicional cumple un 2.47% la normativa vigente.
2. Respecto a la Programación por Restricciones vemos que, si influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua debido a que se pudo observar que de un total de 81 tramos de tuberías de PVC que consta nuestra red de agua potable, con el método tradicional y el método PR cumplieron la normativa vigente 2 tramos de tuberías de PVC. El monto con la inteligencia artificial específicamente método PR encarece el sistema en un 7.24% tomando como base el costo de ejecución con el método tradicional.

3. Respecto a los Algoritmos Genéticos cabe mencionar que, si influyen en el dimensionamiento de redes de distribución de agua ya que haciendo un análisis de la presión y lo señalado por la normativa vigente se pudo observar que el método tradicional cumplió con 57 Nodos que es un 98.28 % en cambio con el método AG de un total de 58 nodos que es un 100% del total de los tramos de tuberías. Con el método de AG las redes de distribución tienen mejores velocidades en los tramos, que cumplen la normativa es mayor a lo tradicional siendo 6 tramos con el software WATERCAD y 7 tramos con el Software REDES 2015. El monto con la inteligencia artificial específicamente método AG es más económico en un 0.33% y 2.50% dependiendo con que Software se calcule.
  
4. Respecto la Optimización Combinatoria se puede mencionar que, si influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua ya que utilizando el método OC en el diseño de la red de agua potable de la localidad de Chaquicocha se obtendría un costo total de obra de S/ 1,035,955.54 soles y con el método tradicional de S/ 965,728.10 soles concluyendo que el método OC es más costoso en S/ 69,955.54 soles.
  
5. Respecto a la Inteligencia Artificial en el dimensionamiento de redes de distribución de agua se puede concluir que la inteligencia Artificial influye directa y positiva en el diseño de la RDAP del centro poblado de Chaquicocha, Y sus resultados fueron comparados con los requerimientos máximos y mínimos de presión y velocidad según la normativa vigente, podemos concluir que no todos los métodos mejoran al método tradicional. Siendo los que dieron mejores resultados fueron método de SOGH, y Algoritmo Genético

## RECOMENDACIONES

Difundir la Inteligencia Artificial ya que así las RDAPs tendrá un mayor costo - efectividad y se podrá llegar a mayor cantidad de beneficiarios al tener un ahorro en la inversión de la ejecución de obra y post ejecución.

Es muy importante capacitar y sensibilizar a la población y administradores del servicio de saneamiento sobre importancia de la operación y mantenimiento de todos los componentes del sistema de agua potable, ya que de ellos depende el servicio a brindar

El caudal es uno de los parámetros limitantes en nuestro sistema al ser muy pequeño por eso las velocidad y presiones no varían sustancialmente. Cuando se tengan mayores caudales en el sistema se podrá evidenciar que mejorara las velocidades y presiones. Sustancialmente para mejorar las condiciones de presiones velocidades se tendrá que instalar válvulas de control, válvulas purgas y válvulas de aire.

## REFERENCIAS

- Castillejos J., (2010). Diseño y selección de una red hidráulica a presión o gravedad para el abastecimiento de agua potable a una unidad habitacional (tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional de México, México.
- Chuquicondor, S. (2019). *Mejoramiento del servicio de agua potable en el caserío Alto Huayabo - San Miguel de El faique – Huancabamba – Piura – enero - 2019*. (Tesis de pregrado). Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Piura, Perú.
- Comisión Nacional del Agua (s.f.). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Diseño de redes de distribución de agua potable. Coyoacán, México.
- Díaz, T. y Vargas, C. (2015). *Diseño del sistema de agua potable de los caseríos de Chagualito y Llurayaco, distrito de Cochorco, provincia de Sánchez Carrión aplicando el método de seccionamiento*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Trujillo, Perú.
- Doroteo, R. (2014). *Diseño del sistema de agua potable, conexiones domiciliarias y alcantarillado del asentamiento humano Los Pollitos - Ica, usando los programas Watercad y Sewercad*. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

Hernández S., Fernández R. y Baptista P. (2014). *Metodología de la investigación*, sexta edición, editado por McGraw Hill/Interamericana Editores, México DF, México.

López C., (2003). Diseño de redes de distribución de agua potable de mínimo costo con algoritmos genéticos (proyecto de grado). Universidad Los Andes de Colombia.

Lansey, K. (2004). Optimal design of water distribution systems. Department of Civil Engineering and Engineering Mechanics. University of Arizona. Tucson, USA.

Millet M., (2014). Diseño óptimo de una red de distribución de agua con objetivos múltiples utilizando métodos heurísticos (tesis de maestría). Universidad Politécnica de Valencia, España.

Mora D., (2012). Diseño de redes de distribución de agua mediante algoritmos evolutivos. Análisis de eficiencia (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, España.

Nicklów, John; Reed, Patrick; Savic, Dragan; Dessalegne, Tibebe; Harrell, Laura; Chan-Hilton, Amy; Karamouz, Mohammad; Minsker, Barbara; Ostfeld, Avi; Singh, Abhishek; Zechman, Emily. (2010). State of the art for genetic algorithms and beyond in water resources planning and management. *Journal of water resources, planning and management*, 10.

Ostfeld, Avi; Tubaltzev, Ariel. (2008). Ant colony optimization for least-cost design and operation of pumping water distribution systems. *Journal of water resources, planning and management*, 21.



Raad, D. (2011) Multi-objective optimisation of water distribution systems design using metaheuristics. (tesis doctoral). Universidad de Stellenbosch, Sudáfrica.

Resolución ministerial RM N°192-2018-VIVIENDA (Normas Técnicas de diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural)

Saldarriaga, J. (2016). Hidráulica de tuberías abastecimiento de agua, redes y ríos (3a ed). Bogotá, Colombia: Editorial ALFAOMEGA.

Sánchez F. (2019). *Guía de tesis y proyectos de investigación*, Centrum Legalis. Perú

## **ANEXOS**

## OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>Variable Independiente</b> Inteligencia Artificial	Una inteligencia artificial autónoma que pueda gestionar las redes de aguas de las ciudades, prevenir posibles problemas y, a la vez, aprender por sí misma para mejorar sus prestaciones.	La inteligencia artificial comprende la Superficie óptima de presiones, Programación por restricciones, Algoritmos genéticos y Optimización Combinatoria	Superficie óptima de gradiente hidráulica	Cálculo de distancias Ecuaciones de caída de LGH ideal
			Programación por restricciones	Validez de la solución
			Algoritmos genéticos	Búsqueda aleatoria por el espacio de solución
			Optimización Combinatoria	Diseño de costo mínimo
<b>Variable Dependiente</b> Redes de distribución de agua	Una Red de Distribución de Agua Potable viene a ser el conjunto de tuberías que trabajan a presión, estas tuberías se instalan en las vías de comunicación de las ciudades y a partir de las cuales serán abastecidas diferentes parcelas o edificaciones.	Las redes se clasifican de acuerdo a su clasificación básica en los siguientes tipos: Redes abiertas, redes cerradas, redes mixtas.	Redes abiertas	Tubos madres en sistemas de distribución de agua potable
			Redes cerradas	Circuito cerrado en el sistema
			Redes dendríticas	Alta frecuencia

*Fuente:* Elaboración propia.

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

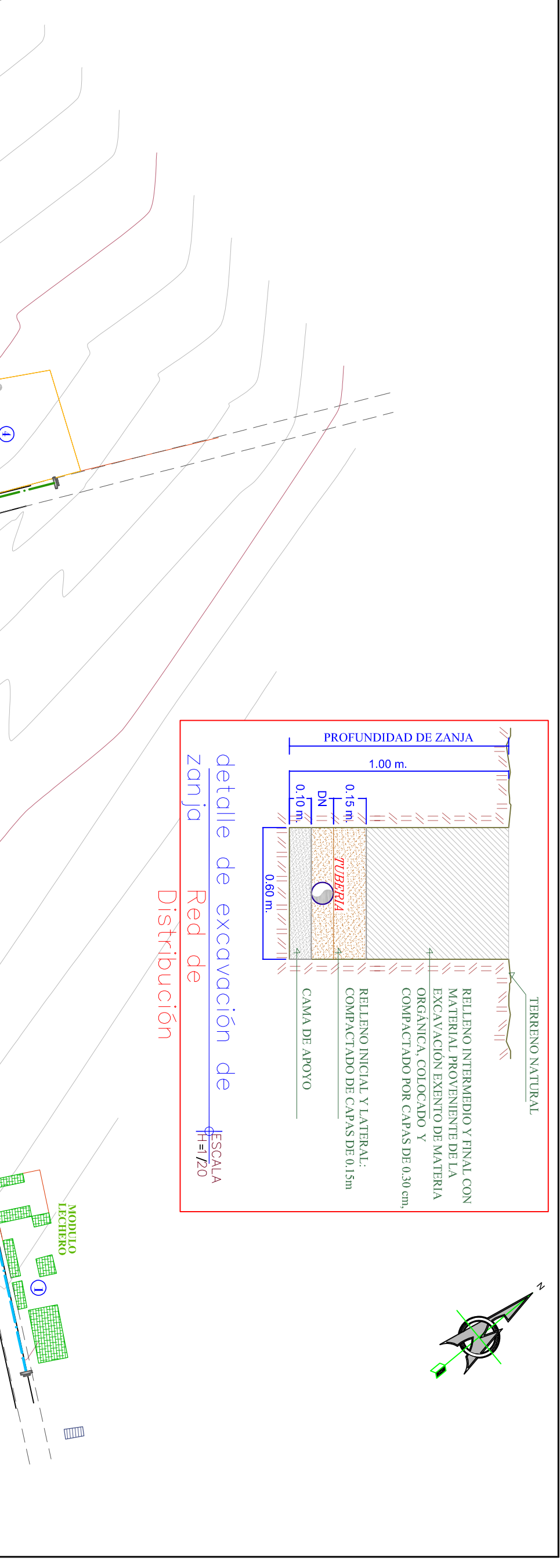
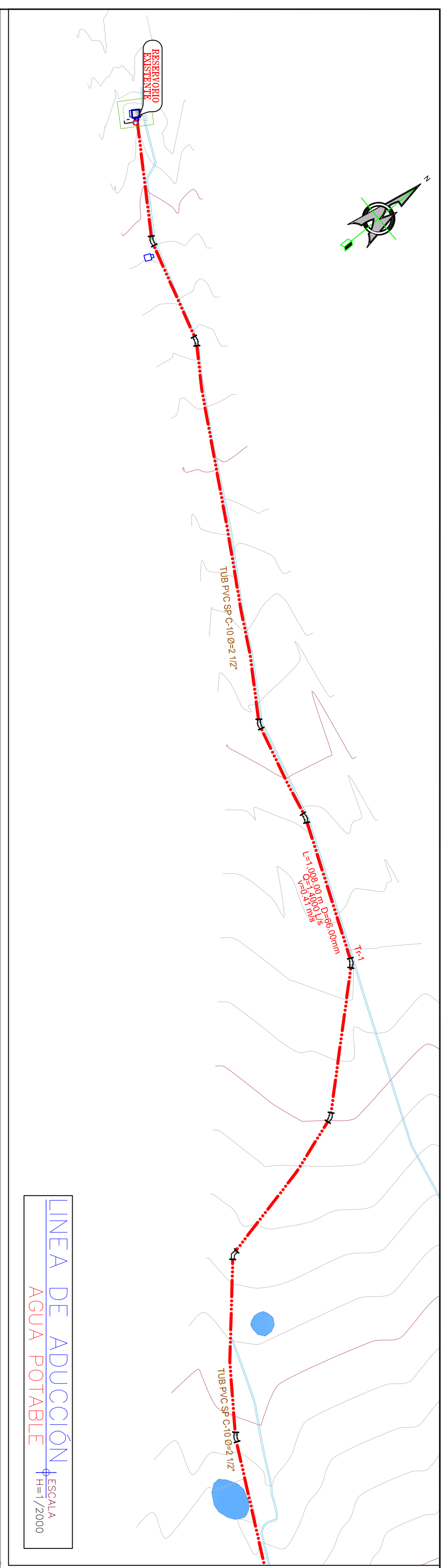
### TÍTULO: INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN EL CENTRO POBLADO DE CHAQUICOCHA - 2017

PROBLEMA	OBJETIVO	MARCO TEORICO	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>Problema General</p> <p>¿De qué manera la Inteligencia Artificial influyen en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar de qué manera la Inteligencia Artificial influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.</p>	<p>A Nivel Internacional</p> <p>1. Castillejos J., (2010). <i>Diseño y selección de una red hidráulica a presión o gravedad para el abastecimiento de agua potable a una unidad habitacional</i> (tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional de México, México.</p> <p>2. Comisión Nacional del Agua (s.f.). <i>Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Diseño de redes de distribución de agua potable</i>. Coyoacán, México.</p> <p>3. López C., (2003). <i>Diseño de redes de distribución de agua potable de mínimo costo con algoritmos genéticos</i> (proyecto de grado). Universidad Los Andes de Colombia.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>La Inteligencia Artificial influye de manera directa y positiva en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017</p>	<p>Variable 1:</p> <p>Inteligencia Artificial</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie óptima de gradiente hidráulico</li> <li>• Programación por restricciones</li> <li>• Algoritmos genéticos</li> <li>• Optimización Combinatoria</li> </ul>	<p>Método: Científico</p> <p>Tipo: Aplicada</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Diseño: Experimental</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>- ¿De qué manera la Superficie Óptima de Gradiente Hidráulico influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>- Determinar de qué manera la Superficie Óptima de Gradiente Hidráulico influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado</p>	<p>4. Lansey, K. (2004). <i>Optimal design of water distribution systems</i>. Department of Civil Engineering and Engineering Mechanics. University of Arizona. Tucson, USA.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>- La superficie óptima de Gradiente Hidráulico influye de manera directa y positiva en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro</p>	<p>Variable 2:</p> <p>Redes de distribución de agua</p> <p>Dimensiones:</p>	<p>Población:</p> <p>La población para esta investigación serán las redes de distribución de agua</p>

<p>poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017?</p> <p>- ¿De qué manera la Programación por Restricciones influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017?</p> <p>- ¿De qué manera Los Algoritmos Genéticos influyen en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017?</p> <p>- ¿De qué manera la Optimización Combinatoria influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017?</p>	<p>Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.</p> <p>- Determinar de qué manera la Programación por Restricciones influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.</p> <p>- Determinar de qué manera los Algoritmos Genéticos influyen en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.</p> <p>-Determinar de qué manera la Optimización Combinatoria influye en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.</p>	<p>5. Millet M., (2014). <i>Diseño óptimo de una red de distribución de agua con objetivos múltiples utilizando métodos heurísticos</i> (tesis de maestría). Universidad Politécnica de Valencia, España.</p> <p>6. Mora D., (2012). <i>Diseño de redes de distribución de agua mediante algoritmos evolutivos. Análisis de eficiencia</i> (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, España.</p> <p>7. Nicklow, John; Reed, Patrick; Savic, Dragan; Dessalegne, Tibebe; Harrell, Laura; Chan- Hilton, Amy; Karamouz, Mohammad; Minsker, Barbara; Ostfeld, Avi; Singh, Abhishek; Zechman, Emily. (2010). State of the art for genetic algorithms and beyond in water resources planning and management. <i>Journal of water resources, planning and management</i>, 10.</p> <p>8. Ostfeld, Avi; Tubaltzev, Ariel. (2008). Ant colony optimization for least-cost design and operation of pumping water distribution systems. <i>Journal of water resources, planning and management</i>, 21.</p> <p>9. Raad, D. (2011) <i>Multi-objective optimisation of water distribution systems design using metaheuristics</i>. (tesis doctoral). Universidad de Stellenbosch, Sudáfrica.</p> <p>10. Saldarriaga, J. (2016). <i>Hidráulica de tuberías abastecimiento de agua, redes y ríos</i> (3a ed). Bogotá, Colombia: Editorial ALFAOMEGA.</p>	<p>poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción – 2017.</p> <p>- La programación por restricciones influye de manera directa y positiva en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.</p> <p>- Los algoritmos genéticos influyen de manera directa y positiva en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.</p> <p>- La Optimización Combinatoria influye de manera directa y positiva en el dimensionamiento de redes de distribución de agua en el centro poblado Chaquicocha, distrito de San José de Quero, Concepción - 2017.</p>	<p>Redes Cerradas</p> <p>Redes Abiertas</p> <p>Redes Dendríticas</p>	<p>del Distrito de San José de Quero.</p> <p>Muestra:</p> <p>De la población anteriormente señalada se ha tomado como muestra las redes de distribución de agua del centro poblado de Chaquicocha.</p>
--	---	---	--	--	--

**PLANOS DE REDES DE AGUA POTABLE METODO  
TRADICIONAL**





**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

Diametro (mm)	D. exterior (mm)	D. interno (mm)	Estimador Longitud (m)	Longitud (m)	NTF (Quena Técnica Peruana)
1"	33.0 mm	29.4 mm	1.8 mm	5 m	SP NTP 399.002 C-10
1 1/2"	48.0 mm	43.4 mm	2.3 mm	5 m	SP NTP 399.002 C-10
2"	60.0 mm	54.2 mm	2.9 mm	5 m	SP NTP 399.002 C-10
2 1/2"	73.0 mm	66.0 mm	3.5 mm	5 m	SP NTP 399.002 C-10

**RESUMEN DE METRADOS (Red de distribución)**

TUBERIA PROYECTADA	ZONIFICADO
TUBERIA PVC DN 39.4mm (Ø-1")	1,991.10
TUBERIA PVC DN 43.4mm (Ø-1 1/2")	3,598.70
TUBERIA PVC DN 54.2mm (Ø-2")	2,497.60
TUBERIA PVC DN 66.0mm (Ø-2 1/2")	1,784.20
<b>TOTAL (m)</b>	<b>9,871.60</b>

**LEYENDA**

SIMBOLOS	DESCRIPCION
[Red dashed line]	TUB PVC DN 66mm (Ø=2 1/2")
[Blue dashed line]	TUB PVC DN 54.2mm (Ø=2")
[Green dashed line]	TUB PVC DN 43.4mm (Ø=1 1/2")
[Yellow dashed line]	TUB PVC DN 39.4mm (Ø=1")
[Red solid line]	CASAS DISTRIBUIDAS (Ø=1")
[Green hatched]	LOTES
[Blue hatched]	INSTITUCIONES EDUCATIVAS
[Red hatched]	IGLESIA, CHOLCHA Y EVANG.
[Green hatched]	SERVICIO CANAL
[Blue hatched]	COBERTIZOS
[Red hatched]	NTSERBANCIO
[Blue hatched]	NODOS
[Green hatched]	PRENSION
[Red hatched]	COTA DE TERRENO
[Blue hatched]	COTA HEZOMETRICA (COTAS EN METROS)
[Green hatched]	DIAMETRO (mm)
[Red hatched]	LONGITUD (m)
[Blue hatched]	TIPO
[Green hatched]	CANAL
[Red hatched]	VELOCIDAD

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE (RDAP) ESCALA H=1/2000

LOCALIDAD DE CHAQUICOCHA

UNIVERSIDAD PERUVANA LOS ANDES  
INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN EL CENTRO POBLADO DE CHAQUICOCHA - 2017

PROYECTO: PLAN DE DISTRIBUCIÓN METRO TRADICIONAL  
AUTOR: FLAVIO XAVIER VÁSQUEZ MENDOZA  
FECHA: ENERO 2020

LOCALIDAD: CHAQUICOCHA

ESCALA: 1:2000

AP-01  
01 de 02

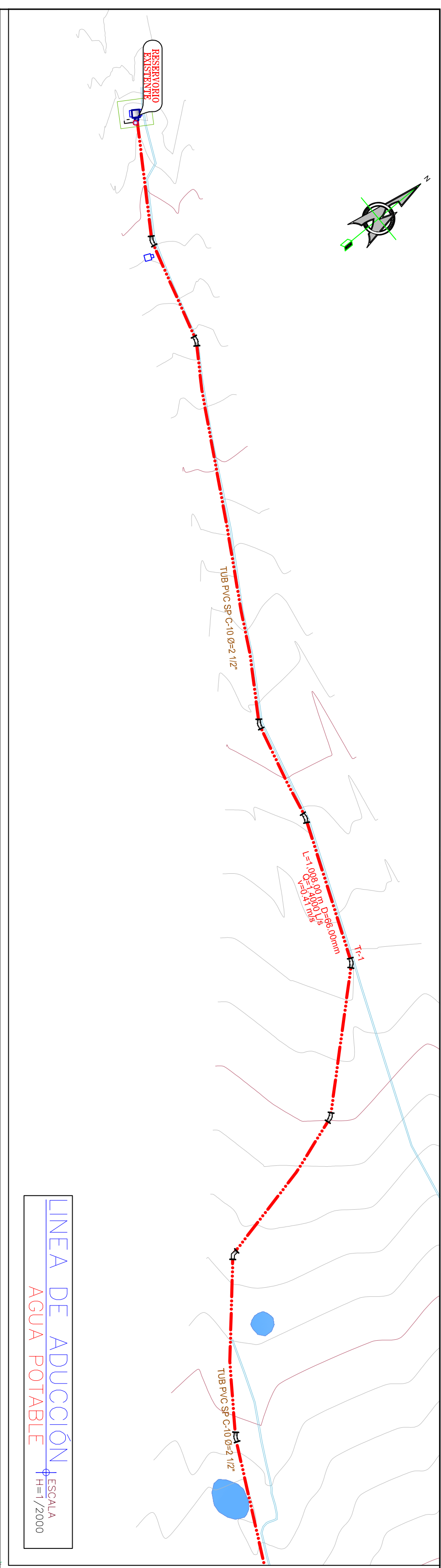
AGUA POTABLE

INDICABA



**PLANOS DE CALCULO HIDRAULICO METODO  
TRADICIONAL**





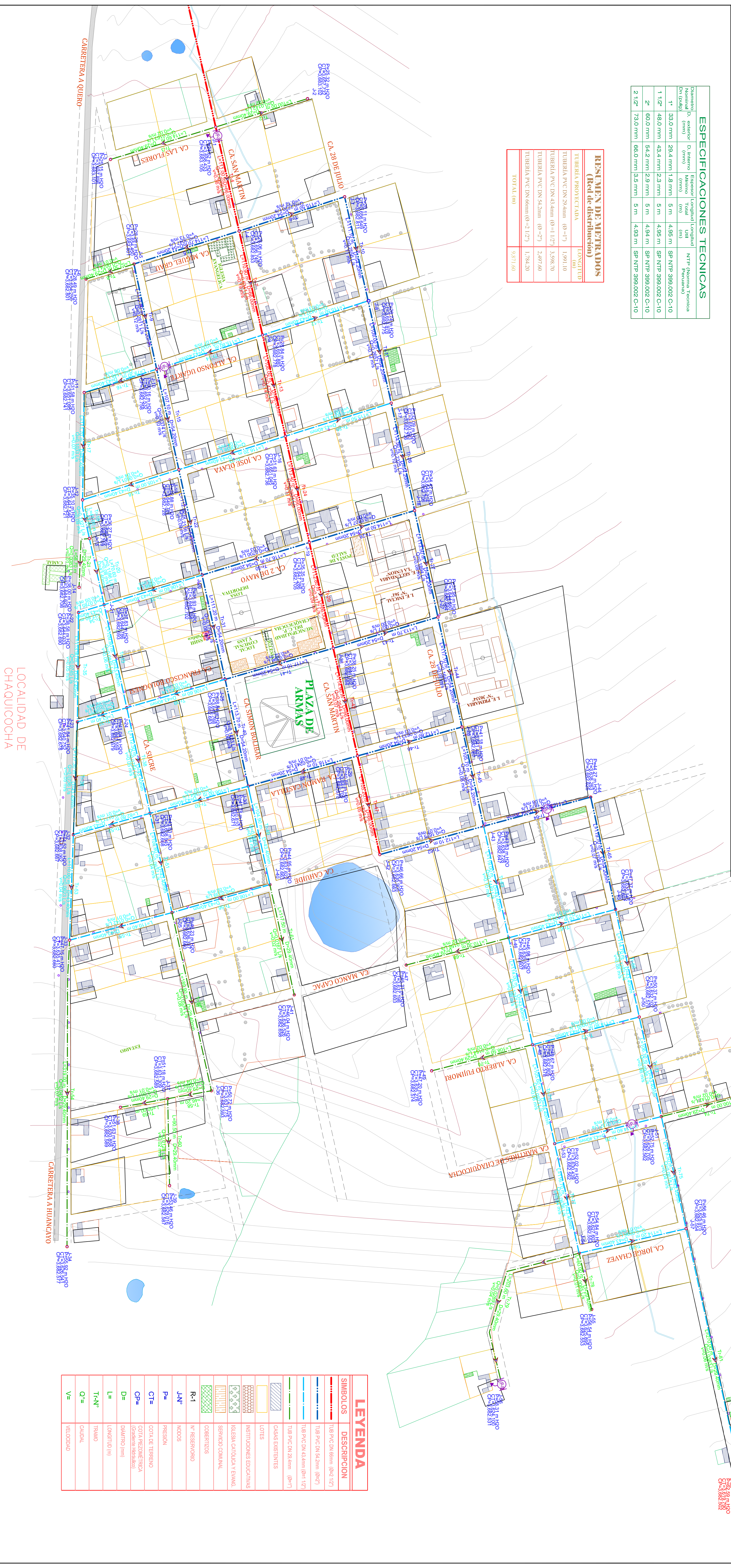
LINEA DE ADUCCION AGUA POTABLE ESCALA H=1/2000

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Material	Costo Unitario (S/)	Costo Total (S/)
1"	33.0	NTP 389.002-C-10	4.95	164.25
1 1/2"	48.0	NTP 389.002-C-10	4.95	237.60
2"	60.0	NTP 389.002-C-10	4.94	296.40
2 1/2"	73.0	NTP 389.002-C-10	4.93	360.09
<b>TOTAL (m)</b>				<b>958.34</b>

**RESUMEN DE METRADOS (Red de distribución)**

TUBERIA PROYECTADA	LONGITUD (m)
TUBERIA PVC DN 204mm (Ø=1")	1,991.10
TUBERIA PVC DN 434mm (Ø=1 1/2")	3,598.70
TUBERIA PVC DN 542mm (Ø=2")	2,497.60
TUBERIA PVC DN 660mm (Ø=2 1/2")	1,784.20
<b>TOTAL (m)</b>	<b>9,871.60</b>



LOCALIDAD DE CHAQUICOCHA

CÁLCULO HIDRÁULICO ESCALA H=1/2000 DE LA RDAP

**LEYENDA**

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN
[Red dashed line]	TUB PVC DN 660mm (Ø=2 1/2")
[Red solid line]	TUB PVC DN 542mm (Ø=2")
[Blue solid line]	TUB PVC DN 434mm (Ø=1 1/2")
[Green solid line]	TUB PVC DN 204mm (Ø=1")
[Yellow hatched]	CASAS EXISTENTES
[White hatched]	LOTES
[Green hatched]	INSTITUCIONES EDUCATIVAS
[Blue hatched]	IGLESIA CATOLICA Y EWANG.
[Red hatched]	SERVICIO COMunal
[Green hatched]	COBERTIZOS
[Blue hatched]	IV RESERVOIRO
[Red hatched]	JAN' NODOS
[Blue hatched]	PRENSION
[Green hatched]	CT= COTA DE TERRENO
[Blue hatched]	OP= COTA REDONDEADA (Cálculo hidráulico)
[Red hatched]	D= DIAMETRO (mm)
[Blue hatched]	L= LONGITUD (m)
[Green hatched]	T=AN' FRAMO
[Red hatched]	C=CA' CALVAL
[Blue hatched]	V=VELOCIDAD

**UNIVERSIDAD PERUVANA LOS ANDES**

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA EN EL CENTRO POBLADO DE CHAQUICOCHA - 2017

PROFESOR: FLAVIO XAVIER VASQUEZ MENDOZA

ALUMNO: AP-02

FECHA: ENERO 2020

PROVINCIA: CONCEPCION

DISTRITO: SAN JOSE DE QUERO

LOCALIDAD: CHAQUICOCHA

FECHA: ENERO 2020

ESCALA: 1:2000



**PLANOS DE REDES DE AGUA POTABLE METODO CON  
ALGORITMOS GENETICOS.**

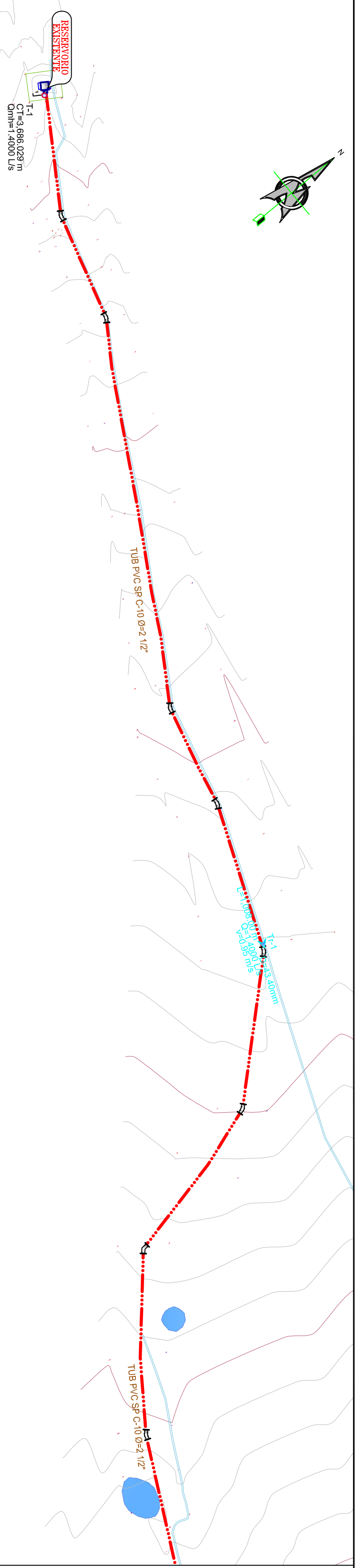
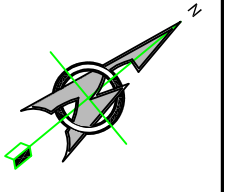






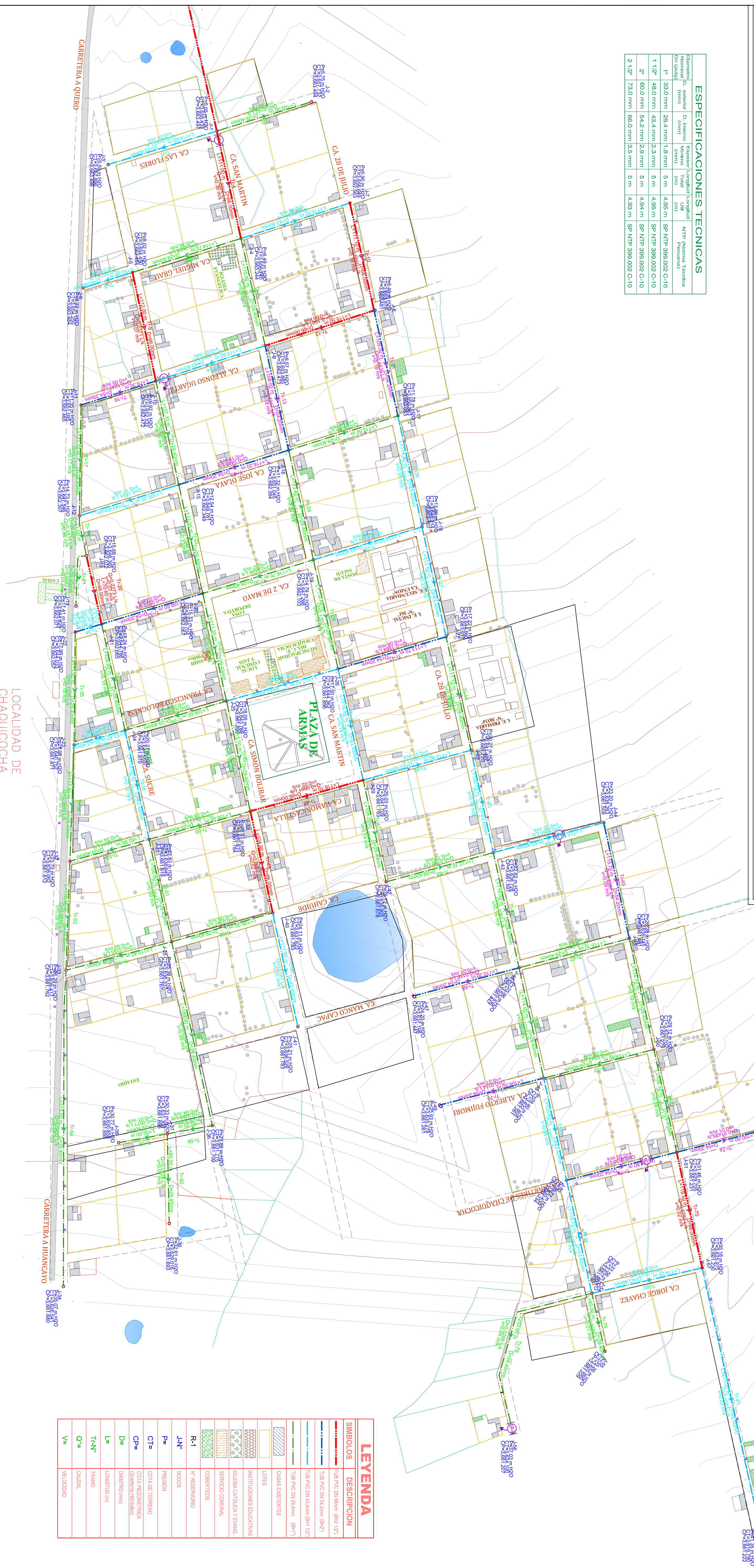
**PLANOS DE CALCULO HIDRAULICO METODO DE  
ALGORITMO GENETICO**





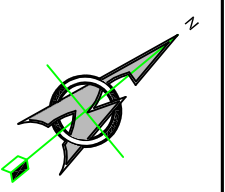
LINEA DE ADUCCION AGUA POTABLE ESCALA H=1/2000

ESPECIFICACIONES TECNICAS					
Diámetro D. exterior (mm)	D. interno (mm)	Espesor (mm)	Longitud (m)	NTP (Norma Técnica)	
1"	33.0 mm	2.4 mm	1.8 mm	5 m	SP NTP 399.002 C-10
1 1/2"	48.0 mm	4.4 mm	2.3 mm	5 m	SP NTP 399.002 C-10
2"	60.0 mm	5.4 mm	2.9 mm	5 m	SP NTP 399.002 C-10
2 1/2"	73.0 mm	6.0 mm	3.5 mm	5 m	SP NTP 399.002 C-10



LOCALIDAD DE CHAQUICOCHA

CÁLCULO HIDRÁULICO ESCALA H=1/2000 DE LA RDAP



LEYENDA	
SIMBOLOS	DESCRIPCION
	TUB PVC DN 63mm (Ø=2 1/2")
	TUB PVC DN 84.2mm (Ø=2 7/8")
	TUB PVC DN 114.3mm (Ø=4 1/2")
	TUB PVC DN 146mm (Ø=5 3/4")
	TUB PVC DN 193mm (Ø=7 3/4")
	LOTES
	CASAS EXISTENTES
	INSTITUCIONES EDUCATIVAS
	IGLESIA CATOLICA Y EWANG.
	SERVICIO COMunal
	COBERTIZOS
	IV RESERVOIRO
	JAN
	JAN
	PRENSION
	CT
	OP
	D=
	L=
	THAN
	Q=
	CAJUAL
	V=

TESIS: INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DIMENSIONAMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA EN EL CENTRO POBLADO DE CHAQUICOCHA - 2017	LAYUNA: <b>AP-02</b> 02 de 02
INSTITUCION: UNIVERSIDAD PERUVANA LOS ANDES	SISTEMA: Agua Potable
CONSULTOR: FLAVIO XAVIER VASQUEZ MENDOZA	FECHA: ENERO 2020
PROYECTO: CALCULO HIDRÁULICO METODO ALGORITMO GENETICO POBLADO DE CHAQUICOCHA - 2017	DISEÑO: FVM
LOCALIDAD: CHAQUICOCHA	ESCALA: Indica