

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LA LINEA DE CONDUCCION Y
RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE APLICANDO EL
SOFTWARE WATERCAD EN LA LOCALIDAD DE LAREDO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LINEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRÁULICA

AUTORES:

Bach. Alayo Ruiz, Manuel William

Bach. Espinoza Orosco, Jaime Saúl

ASESOR:

Ing. García Rivera, Juan Pablo

CIP N° 68614

TRUJILLO – PERÚ

2016

**“Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución
de Agua Potable Aplicando el Software Watercad en la Localidad de
Laredo”**

Presentada por:

Bach. ALAYO RUIZ, MANUEL WILLIAM

Bach. ESPINOZA OROSCO, JAIME SAUL

Aprobado por el jurado:

PRESIDENTE:

Ing. Sagástegui Plasencia Fidel German

SECRETARIO:

Ms. Ricardo Andres Narváez Aranda

VOCAL:

Ing. Serrano Hernández José Luis

ASESOR:

Ing. Juan Pablo García Rivera



DEDICATORIA

A Dios nuestro Señor por darme fuerza y voluntad para seguir y concluir con mi carrera profesional.

A mi madre, hermanos y familia que incondicionalmente me brindaron su confianza y me apoyaron en mi formación profesional.

A nuestros profesores que mostraron interés y dedicación, ya que sin su orientación y apoyo no hubiéramos podido culminar nuestra carrera; gracias por su paciencia y su tiempo.

A todos ellos mi profunda dedicación y que Dios los bendiga.

Bach. Manuel William, Alayo Ruiz



DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mi abuelo Jaime Espinoza Quiroz y a mi padre Jaime Salomón Espinoza Alvarado por todo su apoyo y sus consejos para ser de mí una mejor persona.

De igual manera a mi madre Meily Orosco Morales que ha sabido formarme con buenos sentimientos y valores lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. También a mis hermanos que siempre me motivaron para cumplir todas mis metas.

A mi esposa Lourdes Domínguez Balarezo por siempre estar a mi lado ayudando en todo momento y a mi mayor motivación, mi hijo Jaime Thiago Espinoza Domínguez que es todo para mí.

A mis compañeros y amigos que estuvieron durante los cinco años de estudios apoyándonos, compartiendo tristezas y alegrías. Supimos salir adelante y cumplir nuestro objetivo.

A todos mis seres queridos que pusieron su granito de arena: Mi tías Joyce, Yndhira y Kela Espinoza, mis tíos Benjamín y Pepe Espinoza, y a mi abuela Isabel Alvarado, abuela Marisol Morales, que de alguna forma u otra me apoyaron incondicionalmente.

Bach. Jaime Saúl Espinoza Orosco



AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente nos gustaría agradecer a ti Dios por bendecirnos para llegar hasta donde hemos llegado, porque hiciste realidad nuestro sueño. A la UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO por darnos la oportunidad de estudiar y ser profesionales.

A nuestro asesor de tesis, Ing. Juan Pablo García Rivera, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación nos apoyó para poder terminar nuestra tesis con éxito.

También nos gustaría agradecer a nuestros profesores durante toda nuestra carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a nuestra formación, por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

A nuestros familiares que siempre estuvieron apoyándonos en todo momento, siempre estaremos muy agradecidos.

A todos nuestros compañeros y amigos que formaron parte durante los años de estudios, siempre apoyándonos para llegar a cumplir nuestras metas.



PRESENTACION

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada “Antenor Orrego” y el Reglamento Interno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, ponemos a vuestra disposición el presente trabajo de Suficiencia Profesional titulada: **“Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de Agua Potable Aplicando el Software Watercad en la Localidad de Laredo”**

Con el propósito de obtener el título profesional de Ingeniero Civil, así como algunas experiencias para el desarrollo de la Ingeniería. Consideramos Señores miembros del jurado que con vuestras sugerencias y recomendaciones este trabajo pueda mejorarse y contribuir a la difusión de la investigación en nuestra Universidad.

El contenido de la presente tesis ha sido desarrollado aplicando los conocimientos adquiridos durante la formación profesional en la Universidad, consulta de fuentes bibliográficas especializadas y con la experiencia del Asesor.



RESUMEN

El presente trabajo de tesis titulado:

“Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de Agua Potable Aplicando el Software Watercad en la Localidad de Laredo”

Tiene como finalidad brindarnos información acerca del comportamiento de la red de distribución y línea de conducción de agua potable en la localidad de Laredo. Para este proyecto se hicieron simulaciones en el programa Watercad, ya que este programa es uno de los más usados en el mercado dándonos unos resultados muy confiables.

Estas simulaciones se realizaron con una red de distribución inicial llamada Base y después de esa se simularon dos más: una en caso que ocurran incendios en diferentes puntos de la red y otra con cambio de diámetros en las tuberías.

Con los datos obtenidos se hicieron comparaciones: respecto a presiones (mca), velocidades (m/s), diámetros (pulg) ya que se realizaron tres simulaciones diferentes.

Finalmente se brindan las conclusiones de dichas simulaciones, llegando así al mejor diseño.



ABSTRACT

This thesis entitled:

"Hydraulic Simulation of Flow Line and Distribution Network Water Applying the Software WaterCAD in the community of Laredo"

It aims to give us information about the behavior of the distribution network and pipeline of drinking water in the town of Laredo. For this project the WaterCAD program simulations were made, since this program is one of the most used in the market giving us a very reliable results.

These simulations were performed with initial distribution network called Base and after that were simulated two more: one in case fires occurring at different points in the network and one with changing pipe diameters.

With data comparisons were made: regarding pressures (MCA), speed (m / s), diameters (in) as three different simulations were performed.

Finally the results of these simulations are provided, reaching the best design.



Índice

Capítulo I	1
Introducción	1
1.1 Generalidades:	1
1.2 Antecedentes:	2
1.2.1 Diseño de un Sistema de Agua Potable para la Comunidad nativa de Tsoroja, analizando la Incidencia de costos siendo una comunidad de Difícil acceso.	3
1.2.2 "Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Agua Potable"	4
1.3 Formulación del Problema:	6
1.4 Hipótesis	6
1.5 Objetivos del proyecto:	6
1.5.1 Objetivo General	6
1.5.2 Objetivos Específicos	6
1.6 Características del Área de estudio	6
1.6.1 Ubicación Geográfica:	6
1.6.2 Superficie Territorial:	7
1.6.3 Vías de Comunicación:	8
1.6.4 Urbanismo:	8
1.6.5 Topografía:	9
1.6.6 Altitud:	9
1.6.7 Clima:	9
1.6.8 Geología:	10
1.6.9 Geomorfología:	11
1.6.10 Regionalización sismo tectónica	12
1.6.11 Suelos	12
Capítulo II	13
Marco Teórico	13
2.1 Sistema de abastecimiento de agua potable	13



2.1.1	Definición:	13
2.1.2	Componentes de un sistema de abastecimiento de agua:	13
2.1.2.1	Fuente:	13
2.1.2.2	Obras de Captación:	15
2.1.2.3	Planta de Tratamiento:.....	15
2.1.2.4	Línea de Conducción:.....	15
2.1.2.5	Tanque de Almacenamiento:.....	15
2.1.2.6	Red de Distribución:	16
2.1.2.7	Tipos de sistemas de abastecimiento de agua potable:	17
2.1.3	Criterios básicos para el diseño del sistema:	18
2.1.3.1	Consumo de Agua:.....	18
2.1.3.2	Tipos de Consumo:	18
2.1.3.3	Elementos Básicos	19
2.1.4	Periodo de Diseño:	20
2.1.5	Población de Diseño:	21
2.1.5.1	Población Futura.....	21
2.1.6	Dotación:	22
2.1.7	Variación de Consumo:	23
2.1.7.1	Variaciones Diarias.	24
2.1.7.2	Variaciones Horarias.....	24
2.1.8	Caudales de Diseño:	24
2.1.8.1	Consumo Medio Diario (Q_m)	24
2.1.8.2	Consumo Maximo Diario (Q_{md})	25
2.1.8.3	Consumo Máximo Horario (Q_{mh}).....	25
2.1.9	Capacidad de Almacenamiento:	25
2.1.10	Diseño de la línea de Conducción:	26
2.1.10.1	Consideraciones de Diseño:.....	26
2.1.10.2	Cámara Rompe Presión:	26
2.1.10.3	Válvula de Purga:	27
2.1.11	Calculo Hidráulico:	27
2.1.11.1	Perdida de Carga:.....	27
2.1.11.2	Longitud de Tubería:.....	28
2.1.11.3	Gradiente Hidráulico:.....	28
2.1.12	Topografía:	29
2.1.12.1	Definición:.....	29
2.1.13	Herramientas de diseño:	30



Capítulo III.....	33
Resultados.....	33
3.1 Diseño del sistema de abastecimiento.....	33
3.1.1 Calculo de la población de diseño y dotación de agua:	33
3.1.2 Procedimiento del cálculo:.....	33
3.1.2.1 Calculo de la Población actual	33
3.1.2.2 Calculo de la Población Futura	34
3.1.2.3 Calculo Consumo Medio Diario (Q_m).....	35
3.1.2.4 Consumo Máximo Diario (Q_{md}).....	35
3.1.2.5 Consumo Máximo Horario (Q_{mh}).....	35
3.1.3 Aspectos a considerar en el uso de Watercad para la creación de modelos de sistemas de abastecimiento.....	36
3.1.4 Capacidad para la elaboración de modelos hidráulicos.....	36
3.1.5 Simulación hidráulica de la línea de conducción y red de distribución.....	37
3.1.6 Calculo de caudales de salida en la red de distribución.....	38
Capítulo IV.....	42
Resultados.....	42
4.1 Modelación y Simulación de la Red de Abastecimiento.....	42
4.1.1 Modelamiento del escenario Base	42
4.1.2 Modelamiento del escenario Base + Incendio en los nudos J9 y J96.....	50
4.1.3 Modelamiento del escenario Incendio en los nudos J9 y J96 + cambio de diámetro.	54
4.2 Comparación de los tres escenarios.....	57
CAPITULO V	66
Conclusiones y Recomendaciones	66
5.1 Conclusiones.....	66
5.2 Recomendaciones:.....	67
CAPITULO VI	68
Referencias Bibliográficas.....	68
ANEXOS VIII.....	69
Planos VII	72



Índice de Imágenes

FIGURA 1-1: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL DISTRITO DE LAREDO	7
FIGURA1-2: DETALLE DE LA LOCALIDAD DE LAREDO	7
FIGURA2-1: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	17
FIGURA3-1: DETALLE LOTIZACION	38
FIGURA4-1: SIMULACIÓN DEL ESCENARIO BASE	42
FIGURA4-1: SIMULACIÓN DEL ESCENARIO BASE + INCENDIO	50
FIGURA 8-1: PUNTO PG-L1	69
FIGURA 8-2: PUNTO PG-L2	69
FIGURA 8-3: PUNTO PG-L3	70
FIGURA 8-4: PUNTO PG-L4	71



Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de agua Potable aplicando el Software Watercad en la localidad de Laredo.



Índice de Cuadros

CUADRO 2-1.- DOTACIÓN DE CONSUMO-----	23
CUADRO 2-2 CLASES DE TUBERÍAS DE PVC Y MÁXIMA PRESIÓN DE TRABAJO. -----	26
CUADRO 2-3.- Ø PARA VÁLVULAS DE PURGA-----	27
CUADRO 2-4 COEFICIENTE DE FRICCIÓN “C” EN FORMULA H & W-----	28
CUADRO 3-1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA-----	34
CUADRO 3-2 DEMANDA EN LOS NUDOS-----	38
CUADRO 4 - 1 RESUMEN DE LOS NUDOS-----	43
CUADRO 4 - 2 RESUMEN DE LAS TUBERÍAS -----	46
CUADRO 4 – 3 RESUMEN DE LOS NUDOS-----	51
CUADRO 4 - 4 RESUMEN DE PRESIONES EN LOS NUDOS-----	54
CUADRO 4 – 5 COMPARACIONES DE LAS PRESIONES -----	57
CUADRO 4 – 6 DE DIÁMETROS Y VELOCIDADES-----	61



Capítulo I

Introducción

1.1 Generalidades:

La disponibilidad de los recursos hídricos para los diferentes usos, no solo depende de los volúmenes de agua superficial y subterránea, sino también de la calidad de estos recursos. La provisión de sistemas confiables de abastecimiento de agua potable es actualmente un objetivo para todos los países del mundo como parte de muchos programas internacionales. El desarrollo de las ciudades y el incremento de la población hacen que existan muchas necesidades, y ante la insatisfacción de las mismas, se genera gran malestar en la población. Entre estas necesidades se halla el desabastecimiento de agua potable, que es causante de enfermedades gastrointestinales, que son ocasionadas por agentes patógenos, el cual ha sido un problema en el Distrito de Laredo, y todo ello con lleva al retraso socioeconómico. Con este proyecto se pretende dar una alternativa para garantizar el servicio continuo de agua potable y en condiciones aptas, la preservación de la salud pública y protección del medio ambiente. Además, la importancia que tiene el monitoreo de las aguas para los estudios relacionados con la cantidad, calidad y conservación de estos recursos. En general toda localidad que crece y se desarrolla, de igual manera crecen sus necesidades socio económicos y los servicios básicos de saneamiento, es decir las necesidades que en el inicio de la población eran secundarias cuando estas alcanzan su desarrollo se convierten en primarias e indispensables y algunas son inherentes a las personas convirtiéndose de esta manera en derechos tales como: Educación, salud, vivienda etc.

Una de esas necesidades es básica para el distrito de Laredo, es contar con los servicios de Agua Potable, tomando en cuenta que al satisfacer dichas necesidades, contribuirá a mejorar notablemente la calidad de vida de la población. Actualmente en el mundo la innovación de nuevos sistemas para abastecer de los diversos



servicios de agua potable, constituyen una infraestructura de desarrollo social.

1.2 Antecedentes:

Una de las necesidades básicas del ser humano es el consumo de agua potable. La existencia de este vital líquido permite que den grandes asentamientos cerca de los lugares donde se le facilite la obtención de tal recurso. Para la obtención de este recurso el ser humano construye obras para abastecerse y suplir sus necesidades, hoy en día el sistema que se utiliza para abastecer de agua son las redes de distribución por tuberías las cuales transportan el líquido desde una fuente o almacenamiento hasta el lugar donde se utiliza tal recurso. Es de resaltar que este tipo de sistema requiere cierto mantenimiento a lo largo de su vida útil, mínimo en la mayoría de las ocasiones.

Laredo es un distrito de la provincia de Trujillo y departamento de la Libertad. Fue creado mediante Ley N° 13792 de fecha 28 de diciembre de 1961.

La gestión del servicio de agua potable y saneamiento está a cargo directo de la Municipalidad Distrital de Laredo y sus funciones están distribuidas en las diversas unidades.

Actualmente tienen el servicio de agua potable y saneamiento, que data de hace 30 años, con funcionamiento en forma deficiente. El servicio de agua está constituido por un sistema de pozos profundos y líneas de impulsión que bombean directo a la red y/o reservorios elevados, sin ningún tipo de tratamiento, por lo que tienen un suministro de agua de tan solo 5 horas/día en promedio.

Actualmente la Municipalidad Distrital de Laredo, en el marco del Proyecto Piloto para Pequeñas Localidades – PPPL, promovido por el Programa de Agua y Saneamiento, está implementando un nuevo modelo de gestión para lo cual cuenta con un Plan de Desarrollo de los Servicios de Agua y Saneamiento, que contempla el planeamiento físico y de gestión en un horizonte de 10 años.



1.2.1 Diseño de un Sistema de Agua Potable para la Comunidad nativa de Tsoroja, analizando la Incidencia de costos siendo una comunidad de Difícil acceso.

Autores: Jorge Luis Meza De la Cruz

País: Perú

Año: 2010

RESUMEN

El presente trabajo de tesis consiste en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad para la Comunidad Nativa de Tsoroja, perteneciente al distrito de Río Tambo, Provincia de Satipo, Departamento de Junín. Localidad que no cuenta con acceso terrestre ni fluvial. Lo que implica un incremento en los costos de transporte al lugar de la obra, de materiales de construcción y personal, por el alquiler de helicópteros como medio de transporte aéreo. Hecho que hace necesario el análisis de alternativas de solución contemplando la minimización de costos, considerando el factor transporte como crítico dentro del presupuesto. En primera instancia se diseñó el sistema de abastecimiento de agua potable, considerando toda estructura de concreto armado, al que se denominó, Sistema Convencional. Se observó que era posible optimizar el uso de materiales de construcción utilizando estructuras de materiales alternativos, por lo que se elaboró un nuevo diseño del sistema de abastecimiento al que se denominó, Sistema Optimizado.

El diseño del sistema convencional comprende: una cámara de captación de agua, de un manantial elegido por tener un caudal constante y suficiente para abastecer la demanda de la población de Tsoroja (incluso en épocas de estiaje). La conducción de agua se definió a través de una red de tuberías, para el almacenamiento un reservorio de concreto armado, y para la distribución una red de tuberías formando mallas; de modo tal, que el sistema pueda abastecer de agua potable a todas las viviendas contabilizadas. Así mismo para cada vivienda se consideró una pileta de mampostería.



A diferencia del sistema convencional, en el que todas las estructuras son de concreto armado, en el sistema optimizado se contempló la cámara de captación completamente de mampostería y para el reservorio un tanque industrial de polietileno.

Adicionalmente para la disposición de excretas y buscando la menor incidencia en el ambiente se consideró para cada vivienda una letrina de hoyo seco.

Finalmente para obtener conclusiones acerca de la factibilidad técnico-económica de sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano en el ámbito rural de la selva del Perú, se elaboró un presupuesto por sistema; comprobándose que la mayor incidencia en costos se produce por el transporte aéreo de los materiales a la zona de la obra.

1.2.2 "Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Agua Potable"

Autor: Comisión Nacional del Agua.

País: México

Año: 2007

RESUMEN

La experiencia muestra que la calidad del agua potable dentro de una red de distribución cambia en su transcurso desde las fuentes de abastecimiento hasta llegar a los usuarios. El desinfectante (cloro) decae una vez introducido en las fuentes, y existe el peligro que ciertas partes de la red queden desprotegidas, con el correspondiente riesgo para la salud de la población. Los organismos operadores de agua potable en México determinan la dosis del desinfectante en las fuentes, y en las eventuales estaciones de reinyección, de manera empírica (por medio de prueba y error), es decir, aplicando cierta dosis y revisando la concentración en diferentes puntos de la red. Dadas las dimensiones de las redes de agua potable en ciudades, es imposible muestrear la concentración en cada punto de la red.



Debido a esto, la concentración del desinfectante puede estar en los límites aceptables en todos los puntos donde muestrea el organismo operador, pero pueden quedar muchos otros puntos de la red donde la concentración sea insuficiente. Cabe señalar, que no siempre la concentración más baja se presenta en las partes más alejadas de las fuentes. El decaimiento del desinfectante es proporcional al tiempo que el agua permanece en la red antes de ser consumida. Con esto, el desinfectante puede decaer más rápidamente en cualquier parte de la red con escasa recirculación del agua (velocidad baja del flujo), o en los tanques de almacenamiento.

El problema de mantener y controlar el desinfectante se complica aún más cuando la red es abastecida por varias fuentes a la vez. Finalmente, el flujo en las redes de agua potable es no permanente durante todo el día, debido a la variación horaria de la demanda, y esto genera también una constante variación temporal de la concentración en cada punto de la red. Por todo lo anterior, para un organismo de agua potable en México sería de gran utilidad conocer la concentración en cada punto de la red y en cada hora del día, con el objetivo de cumplir con el desinfectante requerido por las normas correspondientes de agua para consumo humano.

Por lo anterior, herramientas como lo son modelos matemáticos de la calidad del agua en las redes de distribución que, implementados en computadoras, hacen posible predecir la concentración del cloro (u otro parámetro físico-químico del agua) en diferentes escenarios de operación en todos los puntos de la red y para cualquier instante del día, esto ayudaría notablemente para obtener un conocimiento sobre la desinfección con cloro desde las fuentes de abastecimiento a las tomas domiciliarias de los usuarios. Un modelo de este tipo se compone de un sub modelo hidráulico que predice la circulación del flujo en las tuberías, y un sub modelo de la transformación físico-química que sufre el desinfectante en la red y en los tanques.



1.3 Formulación del Problema:

¿Cuáles son los criterios para realizar una Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de Agua Potable aplicando el software Watercad en la localidad de Laredo?

1.4 Hipótesis

Con los criterios técnicos determinados mediante la simulación hidráulica se mejorara el diseño y el diámetro de tubería de la línea de Conducción y de la Red de agua potable optimizado para diferentes escenarios en el Distrito Laredo.

1.5 Objetivos del proyecto:

1.5.1 Objetivo General

Realizar la Simulación Hidráulica de la línea de Conducción y red de Distribución de Agua Potable Aplicando el Software Watercad en la Localidad de Laredo para su consolidación urbanística.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Realizar la simulación hidráulica de la línea de Conducción.
- Realizar la simulación hidráulica red de agua potable.
- Generar escenarios de la simulación hidráulica de la línea de Conducción y red de distribución.
- Realizar estudios básicos de topografía.
- Determinar el mejor diseño para la línea de conducción y red de distribución.

1.6 Características del Área de estudio

1.6.1 Ubicación Geográfica:

Distrito de Laredo se ubica al norte de la Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad, en el valle de Santa Catalina márgenes derecha e izquierda del río Moche (ver mapa de ubicación); a 9 Km, del centro urbano de la ciudad de Trujillo. Se sitúa a una altitud media

de 89 m.s.n.m. Sus coordenadas geográficas son: 08° 05'15" de latitud sur y 78° 57' 30" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich.

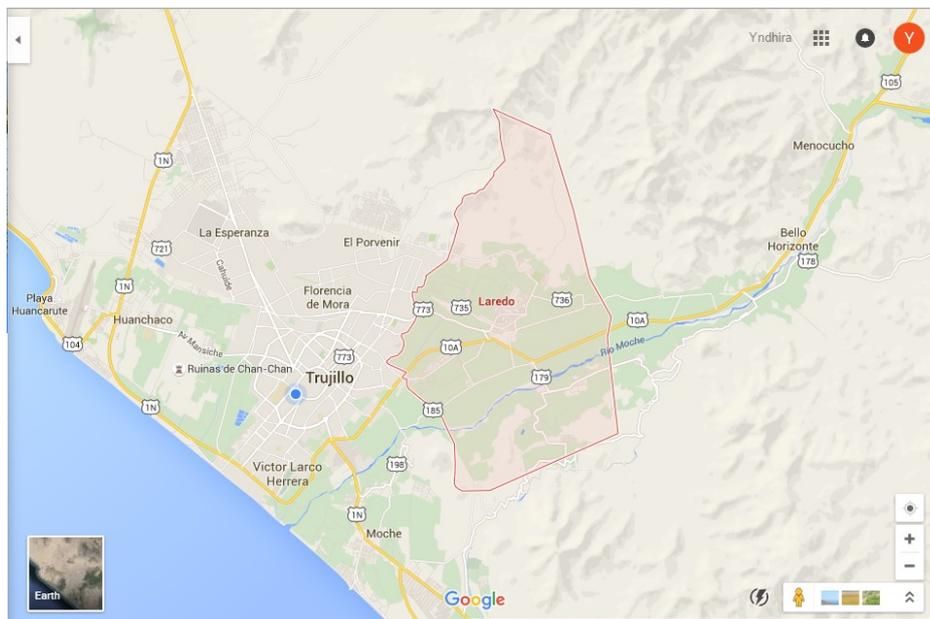


Figura 1-1: Ubicación Geográfica del Distrito de Laredo.

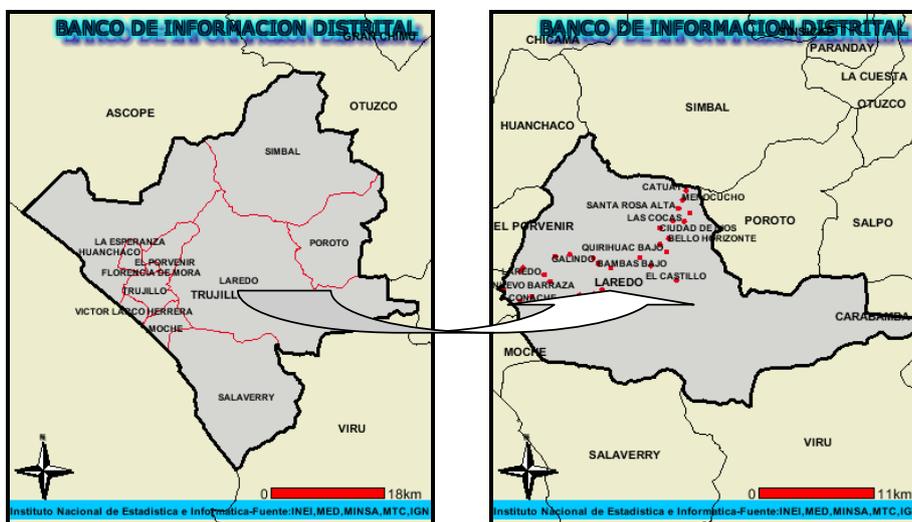


Figura1-2: Detalle de la localidad de Laredo

1.6.2 Superficie Territorial:

La extensión territorial es de 35,440Km². El espacio territorial urbano comprende el 70% de la jurisdicción distrital. Limita por el Norte: con los distritos el Porvenir y Huanchaco; por el Este, con los distritos de



Simbal y Poroto; por el Sur, con los distritos de Salaverry y Virú y por el Oeste, con los distrito de Trujillo y Moche.

1.6.3 Vías de Comunicación:

La principal ruta de acceso es la carretera de penetración a la Sierra (prolongación de la Av. Pumacahua – Porvenir), a partir de la cual tiene rutas de acceso directo a cada uno de los centros poblados del distrito; además tiene vías de entradas secundarias como la carretera Industrial. El tipo de Transporte que utiliza son las camionetas rurales (tipo combi) y taxis.

El recorrido, desde el centro de Trujillo, dura aproximadamente 10 minutos.

En la localidad, se recibe la señal de diversos canales de Televisión y Radios tanto de Trujillo como de Lima. Asimismo, en el ámbito urbano de Laredo circulan con regularidad diarios locales y capitalinos (Laredo Urbano).

También cuenta con servicio domiciliario de telefonía y comunitario en algunos centros poblados.

1.6.4 Urbanismo:

La zona urbana del distrito de Laredo vive en la ciudad capital y se estima que representa aproximadamente el 70% de la población total, tiene 14 sectores urbanos y las zonas peri urbanas, localizadas alrededor de la ciudad, que crecen en forma desordenada y constante. La ciudad recibe un fuerte flujo de inmigrantes especialmente de la sierra, gente que pasa a vivir en la costa en búsqueda de trabajo y mejores condiciones de vida. Este crecimiento desordenado y relativamente brusco, se ve reflejado en sectores como C.P. La Merced, Virgen de la Puerta, Santa María y en la parte rural; Conache, Cerro Blanco, Chacarilla Barraza, Pampa de San Juan (Conache).

La población rural representa el 30% de la población total, tiene 41 localidades y/o centros poblados.



1.6.5 Topografía:

El distrito de Laredo se ubica sobre una superficie agrícola, presenta muchos accidentes geográficos como ríos, cerros, quebradas y arenales. Sin embargo, la población está ubicada en una zona relativamente plana; el distrito de Laredo tiene una topografía plana con ligera pendiente hacia el nor-oeste. La ciudad se ubica en la margen derecha del río Moche.

En la margen izquierda tenemos la Quebrada de Santo Domingo De León; en la margen derecha tenemos la Quebrada San Idelfonso De León, Etc.

El río moche atraviesa el distrito de Laredo de Este a Oeste. Es la Principal fuente hidrológica y da origen a un sistema de canalización, constituido por las acequias la Mochica, Wichanza, el Moro, Quirihuac, Menocucho, entre otros. Estos a su vez originan una gran filtración que enriquece la napa freática, favoreciendo la presencia de manantiales, sangría y pozos artesianos.

Los cerros del distrito de Laredo son prolongaciones de estribaciones de la cordillera occidental. Entre los principales tenemos: Cerro San Idelfonso, León, Menocucho, Jesús María, De la Mina, La Merced, Oreja, etc.

El Proyecto de Irrigación Chavimochic pasa por el valle Santa Catalina dejando filtraciones y lagunas de agua propicia para los criaderos de zancudos anofeles que transmiten malaria.

1.6.6 Altitud:

Se localiza entre las coordenadas $8^{\circ}05'30''$ de latitud Sur y $78^{\circ}57'41''$ de longitud Oeste, con una altitud de 92msnm, en la abertura del Valle Moche.

1.6.7 Clima:

Según el sistema de clasificación THRON WHITE, a Laredo le corresponde el clima árido de tipo desértico, semi cálido, con lluvias deficientes. La temperatura varía de acuerdo con las estaciones, pero



su temperatura media anual es de 20°C; en invierno 11°C – verano 30°C, la humedad relativa se mantiene entre 70 y 90%, registrándose en la temporada de invierno neblinas por la mañana. Los vientos predominantes tiene la dirección sur – oeste.

Su velocidad máxima es 42km/h aprox. La nubosidad es parcial, es decir el cielo no está siempre totalmente cubierto por nubes.

1.6.8 Geología:

En la zona estudiada, cuenca del rio Moche, se ha identificado la ocurrencia de unidades litológicas sedimentarias, ígneas y metamórficas, cuyas edades oscilan entre el Triásico superior-Jurásico y el Cuaternario Reciente. Las rocas más antiguas se encuentran formando un afloramiento de pequeña extensión ubicado en el extremo occidental de la cuenca, constituyendo las puntas de Guañape, Ramada y Chao. Los depósitos más recientes acusan una mayor propagación en el sector de la faja costanera. Las rocas ígneas, tanto intrusivas como extrusivas, presentan afloramiento de diversa magnitud y se hallan distribuidos en forma dispersa por toda la cuenca.

La secuencia estratigráfica de la región ha sido establecida por la similitud litología y posición estratigráfica equivalente de las rocas que la constituyen con las de otras regiones del país.

Las rocas más antiguas están representadas por una secuencia volcánico-sedimentaria correspondiente al Grupo Zapa del Triásico Superior-Jurásico, el que se halla constituyendo un pequeño afloramiento ubicado al Suroeste de Puerto Chicama. Siguiendo con la sucesión cronológica, se encuentran los estratos de la formación Chicama del Jurásico superior, que aflora principalmente en el sector medio de la cuenca, como resultado de una transgresión marina que abarcó gran parte de la zona estudiada.

Luego, durante el Cretáceo Inferior, ocurrió una sedimentación de ambiente litoral o deltaico, testificada por la formación Chimú. A continuación, sobrevino una transgresión marina, dando como



resultado los depósitos de la formación Santa y de los niveles inferiores de la formación Carhuaz. Los niveles superiores de esta última pertenecen a un ambiente de sedimentación playero y/o deltaico. Posteriormente, se depositaron los sedimentos arenáceos de la formación Farrat.

Estas formaciones tienen amplia propagación en la cuenca, principalmente en sus partes media y alta y han sido agrupadas por su similitud litológica, dentro del Grupo Goyllarisquizga, correspondiente al Cretáceo Inferior.

A continuación se depositaron los sedimentos de las formaciones Inca, Chúlec y Pariatambo, correspondientes al Cretáceo Medio, considerándolas como una sola entidad por la interrelación de las formaciones por cambio lateral de facies; afloran principalmente en el sector Nororiental de la cuenca. Discordantemente, se observa sobre las formaciones mesozoicas una secuencia elástica correspondiente a la formación Huaylas de Cretáceo superior-Terciario inferior, cuyo afloramiento principal se halla aproximadamente en la parte Suroriental de la cuenca.

1.6.9 Geomorfología:

El área se ubica en la región de la costa, correspondiendo su morfología a una terraza marítima, de relieve plano a ligeramente inclinado, cuyo paisaje fisiográfico se tipifica como áreas de valle, con alguna presencia de colina bajas.

Topográficamente, la formación presenta dos áreas bien definidas: una, conformada por llanuras y colinas de relieve ondulado, que constituye el valle agrícola y las pampas eriazas, y la otra, fuertemente accidentada, que corresponde a las primeras estribaciones de la Cordillera y de las elevaciones aisladas ubicadas dentro del área de llanuras y colinas. Dentro de este último sector, se aprecian algunas áreas pequeñas de terrazas aluviales y laderas de montañas con poca gradiente, diseminadas a lo largo del cauce del río y/o de las quebradas afluentes.



1.6.10 Regionalización sismo tectónica

De acuerdo al mapa elaborado por el Instituto Geofísico del Perú de regionalización sismo tectónica, donde se presenta la máxima actividad sísmica posibles según la escala de Mercalli modificada, la zona de estudio se ubica en la categoría de “zonas activas durante el presente siglo, con sismos con profundidades mayores a 20 kilómetros” en el rango de intensidad (máximas posibles según la escala modificada de Mercalli) igual o mayor a IX grados. Actualmente la zona ha manifestado una mínima actividad sísmica.

1.6.11 Suelos

Edafológicamente, los suelos correspondientes al valle agrícola de Costa son de origen aluvial, de buenas características estructurales y buen grado de fertilidad natural, mientras que en las áreas de terraza aledañas al río y en las quebradas, los suelos son generalmente de origen aluvio-coluvial o coluviales, con texturas que varían de arcillo-arenosa a gravosa y/o pedregosa en algunos sectores, siendo su grado de fertilidad natural medio.

Los suelos del área evaluada corresponden a una llanura aluvial con un relieve topográfico plano o casi a nivel, son suelos fuertemente alcalinos de textura gruesa, superficial o moderadamente profundos y que presenta una sección de control moderadamente gruesa sobre gruesa. Sus requerimientos hídricos son medios a elevados y no presenta problemas de drenaje ni de salinidad. La productividad es media. Uso actual: caña de azúcar, maíz, otros.



Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Sistema de abastecimiento de agua potable

2.1.1 Definición:

Un sistema de abastecimiento de agua potable es un conjunto de infraestructura, equipos y servicios destinados al suministro de agua para el consumo humano; (Doméstico, servicios públicos, industria y otros). El agua suministrada debe ser en cantidades suficientes y de la mejor calidad; desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico. Es decir apta para el consumo humano.

2.1.2 Componentes de un sistema de abastecimiento de agua:

El abastecimiento de agua potable para las colectividades humanas, ha sido siempre una prioridad para la subsistencia del hombre. Un sistema de abastecimiento de agua potable se crea o se amplía para llevar el vital líquido, desde la fuente de suministro hasta los consumidores para uso doméstico, industrial, comercial, entre otros. En general un sistema de abastecimiento de agua está compuesto por:

2.1.2.1 Fuente:

Constituye la parte más importante del sistema. Debe ser básicamente permanente y suficiente, pudiendo ser **subterránea** o **superficial**. Lo adecuado del abastecimiento implica que la fuente sea lo suficientemente grande para satisfacer la demanda total de agua.

El agua que abastecerá un sistema de agua potable deberán satisfacer las siguientes condiciones:

Caudal Aprovechable:

Es el volumen de agua que puede ser captada de uno o varios cuerpos de agua para el abastecimiento de una población. En la obtención de este caudal es necesario determinar los siguientes factores:



El caudal aprovechable debe ser igual o mayor a la demanda máxima diaria de agua al final de periodo del proyecto.

El caudal disponible de la fuente deberá comprobarse con un “Estudio Base” fundamentado en balances hidrológicos, investigaciones hidrogeológicas y/o coeficientes hidráulicos y acuíferos.

Calidad del Agua:

Toda agua destinada para el consumo humano, debe estar exenta de:

- Bacterias coliformes totales, termotolerantes, Escherichia coli y Virus.
- Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos;
- Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y
- Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

Las pruebas analíticas deben realizarse en laboratorios que tengan como responsables de los análisis a profesionales colegiados habilitados de ciencias e ingeniería, además deben contar con métodos, procedimientos y técnicas debidamente confiables y basados en métodos normalizados para el análisis de agua para consumo humano de reconocimiento internacional, en donde aseguren que los límites de detección del método para cada parámetro a analizar estén por debajo de los límites máximos permisibles señalados en el presente Reglamento.

Las indicaciones señaladas en el párrafo anterior son aplicables para el caso de los parámetros orgánicos y radioactivos que tengan que ser determinados en laboratorios del exterior.

- **Agua subterránea:** Es todo aquella que proviene de grietas del sub-suelo, que puede aflorar a la superficie o artificialmente a través de una bomba.



- **Agua superficial:** En esta área incluye arroyos, ríos, lagos y los manantiales que no estén confinados.

2.1.2.2 Obras de Captación:

Es el conjunto de estructuras que permiten extraer el agua de la fuente en condiciones satisfactorias de flujo y con un control adecuado. Será dependiente del tipo de fuente y de las condiciones y topografía del terreno.

2.1.2.3 Planta de Tratamiento:

Es el conjunto de diversas estructuras, en la cual el agua es tratada, eliminando las bacterias patógenas, sabores y olores desagradables, partículas así como color y dureza; y hacerla apta para su consumo.

2.1.2.4 Línea de Conducción:

Es el conjunto de tuberías que conducen el agua desde la obra de captación hasta el sitio de potabilización o hasta el estanque de almacenamiento. Para lograr una eficiencia del sistema debe satisfacer condiciones de servicio para el día de máximo consumo. La conducción puede hacerse a gravedad, a presión o mixta (gravedad y bombeo), representadas en el terreno mediante canales abiertos o conductos a presión, dependiendo de la topografía del terreno.

2.1.2.5 Tanque de Almacenamiento:

Es el elemento intermedio entre la fuente y la red de distribución. Las dos funciones principales de estos depósitos de agua son igualar el suministro y la demanda en periodos de consumo variable y suministrar el agua durante fallas del equipo o por demandas por incendio. Las principales categorías de tanques de almacenamiento se dividen en superficiales, columnas reguladoras y elevados.

- **Tanques superficiales:**

Son depósitos que se construyen a nivel del suelo o balanceando cortes y rellenos. Sus paredes pueden construirse con mampostería de piedra o con concreto reforzado con su interior revestido con material impermeabilizante.



- **Columnas reguladoras:**

Son empleados en donde la construcción de los tanques superficiales no proporciona suficiente presión hidráulica. Las columnas reguladoras consisten un tanque cilíndrico cuyo volumen de almacenamiento incluye una porción superior, que es el volumen útil que se encuentra arriba de la tubería de alimentación a la red y un volumen inferior de soporte siendo el que proporcionará la carga requerida.

- **Tanques Elevados:**

Los tanques elevados se emplean cuando no es posible construir un tanque superficial ya que la elevación natural no es la adecuada. El tanque elevado se refiere a la estructura integral que consiste en el tanque, la torre y la tubería elevadora.

2.1.2.6 Red de Distribución:

Consiste en llevar el agua a los diferentes Sectores de la comunidad, para lo cual se requiere de un sistema de conductos a presión que tengan la capacidad necesaria para suministrar cantidades suficientes y dentro de ciertas normas estipuladas para cada zona en particular.

Existen otros tipos de estructuras de carácter complementario, que también forman parte del sistema de abastecimiento de agua como por ejemplo: desarenadores, chimeneas de equilibrio, válvulas de suspensión de golpe de ariete, etc.

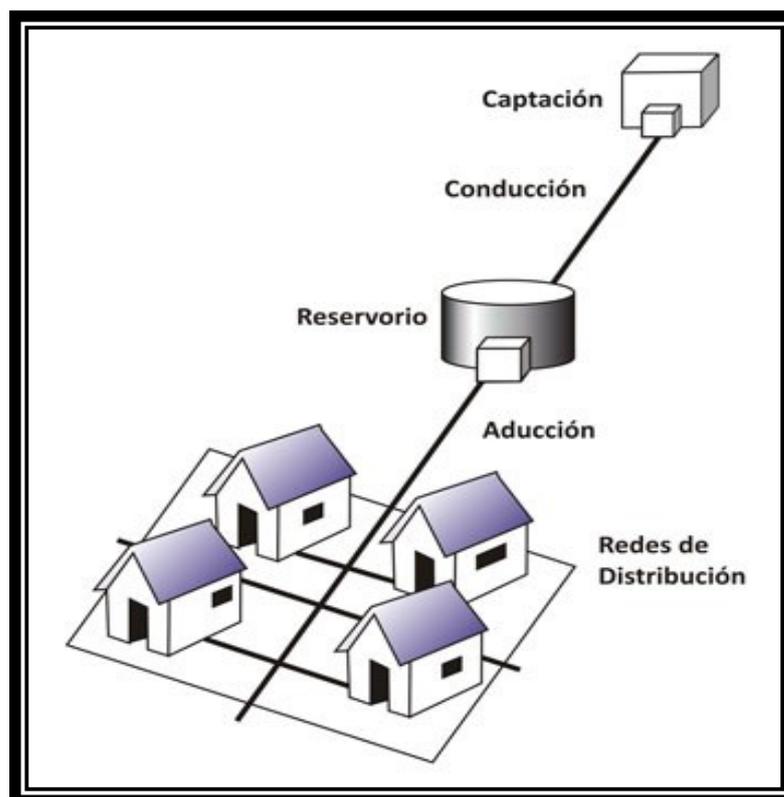


Figura2-1: Sistema de Abastecimiento

- **Presiones en la red**

El Reglamento Nacional de Edificaciones dice: “Las presiones máximas y mínimas en la red de distribución serán de 50 y 15 metros de columna de agua, respectivamente”, en ciudades pequeñas pueden tomarse una presión mínima de 10m.

2.1.2.7 Tipos de sistemas de abastecimiento de agua potable:

Los elementos descritos en las secciones anteriores pueden ser conjugados de diferentes formas, atendiendo a las características propias de la fuente a explotar y de las necesidades de la localidad a la que se abastecerá. Por lo tanto, existen tres tipos sistemas que se describen a continuación:

- **SISTEMA RAMIFICADO:**

En el tipo ramificado de red de distribución, la estructura del sistema es similar a un árbol. La Línea de alimentación o troncal es la principal fuente de suministro de agua, y de ésta se derivan todas las ramas.



- **SISTEMA MALLA:**

El rasgo distintivo del sistema en malla, es que todas las tuberías están interconectadas y no hay terminales.

- **SISTEMA COMBINADO:**

De acuerdo con las características de la zona, son ampliaciones a la red de distribución en malla con ramas abiertas dando como resultando un sistema combinado.

2.1.3 Criterios básicos para el diseño del sistema:

Un sistema de abastecimiento posee una serie de estructuras con características diferentes que tendrán criterios distintos según la función que cumplan. Por tanto, para su diseño es preciso conocer el comportamiento de los materiales bajo el punto de vista de su resistencia física a los esfuerzos y los daños a que estarán expuestos, así como desde el punto de vista funcional su aprovechamiento y eficiencia, para ajustarlos a criterios económicos.

2.1.3.1 Consumo de Agua:

El conocimiento cabal de esta información es de gran importancia en el diseño para el logro de estructuras funcionales, dentro de lapsos económicamente aconsejables. Mediante investigaciones realizadas, se ha llegado a aproximaciones que hacen cada vez más precisas las estimaciones sobre consumos de agua. Estas cifras nos conducen a la determinación de un gasto o consumo medio, lo cual ha de constituir la base de todo diseño, requiriéndose por tanto, un conocimiento cabal de estas estimaciones. Cuando se dispone de planos urbanísticos que presentan áreas zonificadas de acuerdo al uso, es fácil obtener y predecir los consumos con bastante aproximación.

2.1.3.2 Tipos de Consumo:

Una comunidad o zona a desarrollar está constituida por Sectores residenciales, comerciales, industriales y recreacionales, cuya composición porcentual es variable para cada caso. Esto nos permite



fijar el tipo de consumo de agua predominante y orientar en tal sentido las estimaciones; así se tiene:

- **Consumo Doméstico:** Constituido por el consumo familiar de agua de bebida, lavado de ropa, baño y aseo personal, cocina limpieza, riego de jardín, lavado de carro y adecuado funcionamiento de las instalaciones sanitarias. Resulta generalmente el consumo predominante en el diseño en urbanismos.
- **Comercial o Industrial:** Puede ser un gasto significativo en caso donde las áreas a desarrollar tenga una vinculación industrial o comercial. En tal caso, las cifras de consumo deben basarse en el tipo de industria y comercio, más que en estimaciones referidas a áreas o consumos per cápita. Para comercio e industria en situación norma, esto puede ser incluido y estimado dentro de los consumos per cápita adoptados, y diseñar en base a esos parámetros.
- **Consumo Público:** Está constituido por el agua destinada a riego de zonas verdes, parques y jardines públicos, así como a la limpieza de calles.
- **Consumo por Pérdida en la Red:** Es motivado por juntas en mal estado, válvulas y conexiones defectuosas y puede llegar a representar de un 10% a un 15% del consumo total.
- **Consumo por Incendio:** En términos generales, puede decirse que un sistema de abastecimiento de agua representa el más valioso medio para combatir incendios, y que en el diseño de algunos de sus componentes ese factor debe ser considerado de acuerdo a la importancia relativa en el conjunto y de lo que esto puede significar para el conglomerado que sirve.

2.1.3.3 Elementos Básicos

- Plano topográfico de la zona que va a ser abastecida.
- Datos referentes a aspectos físicos de la región (recursos hídricos, hidrogeología, clima, vegetación, infraestructura existente, etc.).
- Demografía local y regional.
- Localización de datos de la infraestructura existente como lo son: sistemas de agua, alcantarillado sanitario y pluvial.



- Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de las fuentes de abastecimiento de la región.
- Evaluación de los consumos de agua.

2.1.4 Periodo de Diseño:

El periodo de diseño de un proyecto de esta naturaleza, es el lapso del tiempo por el cual se estima que las obras por construir funcionen eficientemente, siendo el tiempo mínimo de este periodo de 20 años. Pero existen diferentes factores que pueden influir en aumentar o disminuir el periodo de diseño como los que se muestran a continuación.

- **Factores económicos:**

La magnitud de cualquier proyecto está dada por el factor económico, siendo necesario escoger un periodo de diseño promedio a prever una segunda etapa del proyecto cuando las condiciones reales así lo exijan y dentro de un tiempo determinado. Es así que este periodo de diseño no puede ser de tiempo corto, sino a largo plazo, para facilitar así el aporte necesario de los futuros beneficiarios del proyecto, quienes suelen ser de pocos recursos económicos.

- **Factores de crecimiento poblacional:**

Al calcular la magnitud de un proyecto, se estudia la cantidad de personas que va a beneficiar o a servir en el límite de tiempo de vida, esto quiere decir que se calcula para el último año proyectado y la mayor cantidad de pobladores para ese año.

- **Factor material y técnico:**

Las consideraciones de este factor para el periodo de diseño implican la vida probable que pueden tener las estructuras, equipo y componentes a usarse en la ejecución del proyecto o sistema a realizarse. Además de todos estos factores, en áreas de Centros poblados menores, como en este caso, el periodo u horizonte de



diseño está definido por el tiempo en que se alcanzará su ocupación plena, de acuerdo a una lotización establecida, y a las condiciones de uso.

2.1.5 Población de Diseño:

Una vez determinado el periodo de diseño para el presente proyecto, podemos determinar el número de habitantes (Población futura), que se beneficiarán con este proyecto. La tasa de crecimiento poblacional es de 1.3 % y se ha considerado una densidad poblacional de 5 hab./vivienda. Las fuentes de información que se consideran para establecer la población actual y su densidad son:

- Censos.
- Encuestas sanitarias.
- Registros escolares.

2.1.5.1 Población Futura

La población futura se constituye como la población beneficiada que se considerara en el diseño, esta se determina en base a la población inicial y un crecimiento poblacional para un periodo considerado, por lo tanto se utilizan diferentes métodos que son recomendados por El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Para la proyección de la población futura. Entre estos métodos están:

- Método Aritmético.
- Método Geométrico.

El método a utilizar es determinado de acuerdo a las características sociales, económicas y principalmente en base a la cantidad de población inicial. Cuando los proyectos son de urbanizaciones la población futura se calcula en base al número de viviendas y el número de habitantes por unidad habitacional.

- **Método Aritmético:** Consiste en considerar que el crecimiento de una población es constante, es decir asimilable a una línea recta, es decir que responde a la ecuación.



$$Pf = Pa * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^t$$

En donde:

Pf = Población Futura.

Pa = Población Actual.

t = Periodo de diseño.

r = Tasa de incremento poblacional.

- **Método Geométrico:** Este método supone que el aumento de la población se produce en forma análoga al aumento de una cantidad colocada al interés compuesto, el gráfico producido está representado por una curva semilogarítmica.

$$Pf = Pa * (1 + r)^{t-1}$$

En donde:

Pf = Población Futura.

Pa = Población Actual.

t = Periodo de diseño.

r = Tasa de incremento poblacional.

2.1.6 Dotación:

La dotación representa la cantidad de agua necesaria para el desarrollo de las actividades de un núcleo urbano, y está dada en litros por habitantes por día (l/h/d); incluyendo en ella los consumos correspondientes al doméstico, comercial, industrial y otros usos. El consumo de agua de una población es variable, porque se ve afectado de diversos factores que deben ser analizados y los cuales tenemos:

- Los factores económicos sociales, los cuales influyen directamente sobre el consumo de agua, es decir que la población consume más agua al mejorar su nivel de vida.
- Los factores climatológicos, mencionándose que en épocas de temperaturas altas la población consume más agua que en épocas de temperaturas bajas.



- El tamaño de la localidad, determinándose que el consumo de agua per cápita aumenta con el tamaño de la comunidad.
- Las medidas de control y medidas de agua, comprobándose que en viviendas que poseen medidor de agua el consumo es menor que las que no poseen medidor.

La dotación se ha determinado de acuerdo al consumo por persona/día de acuerdo a la siguiente información.

Cuadro 2-1.- Dotación de consumo

Descripción	Consumo
Bebida	05
Preparación de Alimentos	15
Lavado de utensilios	10
Lavado de manos y cara	10
Baños (ducha)	40
Lavado de ropa	45
Limpieza de recipientes sanitarios	35
Perdidas eventuales, otros	20
Total	180 Lt/hab/Día

Fuente: municipalidad de Laredo

Este valor de 180 lt/hab/día concuerda con la norma S-100 del Reglamento, y estamos dentro del requerimiento de factibilidad que considera 180 lt/hab/día.

2.1.7 Variación de Consumo:

En general, la finalidad de un sistema de abastecimiento de agua es la de suministrar agua a una comunidad en forma continua y con presión suficiente a fin de satisfacer razones sanitarias, sociales, económicas y de confort, propiciando así su desarrollo. Para lograr tales objetivos, es necesario de que cada una de las partes que constituyen el sistema esté satisfactoriamente diseñada y funcionalmente adaptada al conjunto. Esto implica el conocimiento



cabal del funcionamiento del sistema de acuerdo a las variaciones en los consumos del agua que ocurran para diferentes momentos durante el periodo de diseño. Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias.

2.1.7.1 Variaciones Diarias.

Estas variaciones son analizadas diariamente, las cuales son ocasionadas por los cambios climatológicos, concurrencias a centros de trabajo, costumbres, etc. Lo principal es determinar el porcentaje máximo que alcanza la variación diaria en el día de máxima demanda, en relación con el consumo anual medio diario, y para establecer este porcentaje es necesario determinar el COEFICIENTE DE MAXIMA VARIACION DIARIA, representado por **k1** y cuyo valor recomendado por el RNE es de:

K1 = 1.30 (coeficiente máxima anual de demanda diaria)

2.1.7.2 Variaciones Horarias.

Durante un día cualquiera, los consumos de agua de una comunidad presentan variaciones hora a hora dependiendo de los hábitos y actividades domésticas de la población. Estas variaciones dan origen al COEFICIENTE DE MAXIMA DEMANDA HORARIA, representada por **k2**, que es que corresponde a la hora de mayor demanda y que el RNE recomienda valores que se encuentran comprendidos entre 1.80 y 2.50. Para el desarrollo del presente proyecto tomaremos el valor:

K2 = 2.00 (coeficiente máximo anual de la demanda horaria).

2.1.8 Caudales de Diseño:

2.1.8.1 Consumo Medio Diario (Q_m)

Es el promedio de los gastos diarios durante un año de registros expresados en lt/seg.

Representado por la siguiente expresión:

$$Q_m = \frac{\text{Poblacion(hab)} * \text{Dotacion(Lt/hab/dia)}}{24(\text{horas}) * 3600(\text{seg})}$$



2.1.8.2 Consumo Maximo Diario (Q_{md})

Para determinar el valor de K_1 , el R.N.E. recomienda tomar un valor entre el siguiente rango: $1.2 < K_1 < 1.5$.

$$Q_{md} = Q_m * K_1$$

2.1.8.3 Consumo Máximo Horario (Q_{mh})

Es el gasto máximo de agua que se genera en una hora registrado el día de máximo gasto mediante observaciones medidas durante un año.

Representado por la siguiente expresión:

$$Q_{mh} = Q_m * K_2$$

2.1.9 Capacidad de Almacenamiento:

De conformidad con la norma de diseño S-030 del R.N.E., se ha considerado las necesidades de almacenamiento con la finalidad de regular las variaciones de consumo, así como generar las presiones adecuadas de servicio en la red de distribución.

El volumen o capacidad de regulación se determinará con la finalidad de:

- Compensar las variaciones del consumo que se producen durante el día.
- Proporcionar las presiones de servicio necesarias para un buen funcionamiento en el sistema de distribución.
- Mantener almacenada cierta cantidad de agua para atender situaciones de emergencia como son los incendios e interrupciones por daños de tuberías de conducción o en las instalaciones de captación.

Volumen se calcula por la siguiente expresión:



$$Vol = 0.25 * Qm * \frac{86400}{1000}$$

2.1.10 Diseño de la línea de Conducción:

2.1.10.1 Consideraciones de Diseño:

- Se procura que la longitud de la línea de conducción sea la mínima posible.
- El terreno por donde atraviesa la línea de conducción debe ofrecerlas garantías en cuanto a su estabilidad.
- No se tomarán en cuenta las perdidas locales si se está en presencia de una tubería larga. Se considera tubería larga a aquella en la que $L/D > 200$.

Tubería de plásticos PVC:

Son fabricadas de Poli Cloruro Vinilo no plastificado. Se fabrican desde 1/2" hasta 8" y pueden soportar presiones de 75, 105 y 150 psi.

Cuadro 2-2 Clases de tuberías de PVC y máxima presión de trabajo.

Clase	Presión Max. De Prueba (m)	Presión Max. De Trabajo (m)
5	50	35
7.5	75	50
10	105	70
15	150	100

Fuente: Manual Técnico de tuberías de PVC (EUROTUBO)

2.1.10.2 Cámara Rompe Presión:

Cuando existe mucho desnivel entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción, pueden generarse presiones superiores a la máxima que puede soportar una tubería. En esta situación, es necesarios la construcción de cámara rompe – presión que permitan disipar la energía y reducir la presión relativa a cero (presión atmosférica), con la finalidad de evitar daños en la tubería. Estas estructuras permiten utilizar tuberías de menor clase, reduciendo considerablemente los costos en las obras de abastecimiento de agua potable. Los sedimentos acumulados en los



puntos bajos de la línea de conducción topográfica accidentada, provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías.

2.1.10.3 Válvula de Purga:

Los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la línea de conducción topográfica accidentada, provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías. La limpieza consiste en una derivación de la turba, provista de llave de paso. El Reglamento de Edificaciones se recomienda que el diámetro de la válvula de purga sea menor que el diámetro de la tubería.

➤ Diámetro recomendable en Válvulas de Purga

Cuadro 2-3.- Ø para válvulas de purga

Ø De Tubería	Ø Válvula de Purga
Ø < 4"	Ø tubería
4" < Ø < 16"	4"
Ø > 16"	Ø tubería / 4

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

2.1.11 Calculo Hidráulico:

Se tendrán en cuenta las pérdidas por fricción, y si la tubería es larga no se tendrá en cuenta las perdidas locales.

El R. E. Establece que el cálculo de las perdidas por fricción "hf" para líneas de conducción será con la ecuación Hazen Williams:

2.1.11.1 Perdida de Carga:

La pérdida de carga es el gasto de energía necesario para vencer las resistencias que se oponen al movimiento del fluido de un punto a otro en una sección de la tubería. Las pérdidas de carga pueden ser lineales o de fricción singulares o locales. Las primeras, son ocasionadas por la fuerza de rozamiento en la superficie de contacto



entre el fluido y la tubería; y las segundas son producidas por las deformaciones de flujo, cambio en sus movimientos y velocidades (estrechamientos o ensanchamientos bruscos de la sección, torneado de las válvulas, grifos, compuertas, codos, etc.). Cuando las pérdidas locales son más del 10% de las pérdidas de fricción, la tubería se denomina corta y el cálculo se realiza considerando la influencia de estas pérdidas locales.

2.1.11.2 Longitud de Tubería:

Viene hacer el recorrido de las tuberías desde la captación hasta el reservorio, para el diseño se considera la longitud horizontal (en planta), y para verificar las pérdidas locales se utiliza la longitud real, por donde va a pasar la tubería. Considerando la captación Km 0+00.

2.1.11.3 Gradiente Hidráulico:

La línea de gradiente hidráulica (L.G.H) indica la presión del agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de operación. Cuando se traza la línea de gradiente hidráulica para un caudal que descarga libremente en la atmósfera (como dentro de un tanque), puede resultar que la presión residual en el punto de descarga se vuelva positiva o negativa; positiva, indica que hay un exceso de energía gravitacional; quiere decir, que hay energía suficiente para mover el flujo, cuando es negativa indica que no hay suficiente energía gravitacional para mover la cantidad deseada de agua; motivo suficiente para que la cantidad de agua no fluya.

Cuadro 2-4 COEFICIENTE DE FRICCIÓN “C” EN FORMULA H & W

Tipo de Tubería	C
Fierro Fundido	100
Concreto	110
Acero	120
Policloruro de vinilo	140
Asbesto cemento, Pvc	150
Politileno	140

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones



2.1.12 Topografía:

2.1.12.1 Definición:

Se conoce con el nombre de topografía a la disciplina o técnica que se encarga de describir de manera detallada la superficie de un determinado **terreno**. Esta rama, según se cuenta, hace foco en el estudio de todos los principios y procesos que brindan la posibilidad de trasladar a un gráfico las particularidades de la superficie, ya sean naturales o artificiales.

Los topógrafos utilizan para su tarea sistemas bidimensionales sobre los ejes **X** e **Y**, mientras que la altura constituye la tercera dimensión. La elevación del terreno, de todas maneras, se ve reflejada en los mapas topográficos por medio de líneas que se unen con un plano de referencia, conocidas con el nombre de curvas de nivel.

Dichos mapas se caracterizan, por tanto, no sólo porque representan lo que es el relieve de la superficie determinada a una escala definida claramente, sino también por el hecho de que tienen la ventaja de representar una zona muy amplia de un territorio como puede ser una provincia o incluso una región.

• METOLOGIA DE TRABAJO

Previamente al posicionamiento de los receptores GPS, se realizó una planificación en gabinete, donde mediante los almanaques (posible posición de los satélites en el horizonte), se pudo determinar la hora más óptima para la recepción con el equipo GPS.

Luego la metodología empleada en campo fue la de posicionamiento simultáneo con 02 receptores GPS de doble frecuencia, de 40 canales marca TOPCON HIPER LITE + en el método estático, modo diferencial con post-proceso.

• CALCULOS DE GABINETE

La información GPS recepcionada en campo fue procesada en gabinete, para lo cual se utilizó el software Topcon Tools para procesamiento y ajuste, obteniendo las coordenadas geodésicas para luego transformar a las coordenadas UTM en el Sistema WGS84. Para determinar la altura geoidal



se calcularon las Ondulaciones Geoidales con el modelo geoidal EGM96 del NIMA (National imagery and mapping agency).

2.1.13 Herramientas de diseño:

Para la Simulación Hidráulica de la línea de Conducción y Red de distribución de agua potable en el distrito de Laredo se utilizara un software de análisis hidráulico que se definirá a continuación.

El programa utilizado tiene como nombre WATERCAD versión 8.1, es un programa orientado al análisis del comportamiento hidráulico, que se realiza mediante simulación de los sistemas hidráulicos y calidad del agua en redes de conducción o distribución a presión en periodos extendidos. En general, una red consta de tuberías, nudos (conexiones entre tuberías), bombas, válvulas, reservorios y tanques de almacenamiento o depósitos de líquidos. Este programa determina el caudal que circula por cada una de las tuberías, la velocidad de flujo, la pérdida de carga, la gradiente hidráulica, la presión en cada uno de los nudos, el nivel de agua en cada tanque a través de la red durante un determinado periodo de simulación analizando en diferentes intervalos de tiempo.

De hecho puede utilizarse en múltiples aplicaciones para el análisis de sistemas hidráulicos tales como, diseño de programas de muestreo, calibración de modelos hidráulicos, además puede servir de ayuda para la evaluación de diversas estrategias para alternativas de gestión de los sistemas de distribución todas encaminadas a la mejora de la calidad del agua dentro del sistema, esto incluye la utilización de alternativas de las fuentes de suministro en sistemas que disponen de múltiples fuentes de abastecimiento, variación de los esquemas de bombeo, llenado y vaciado de los tanques de almacenamiento.

Respecto a su manejo, puede emplearse bajo el sistema operativo Windows (sin importar la versión), ofreciendo una interface práctica y sencilla para la edición de los datos de entrada de la red, para el cálculo hidráulico, las simulaciones de la calidad del agua, y para poder visualizar los resultados obtenidos en una amplia variedad de



formatos. Para la realización de un modelo hidráulico correcto, es necesario disponer de datos precisos y completos que incluyan las siguientes características:

El límite en el tamaño de la red depende de la versión y licencia adquirida. Se debe especificar las dimensiones del área de tal forma que las coordenadas de todos los puntos del esquema puedan mostrarse debidamente en la pantalla.

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de las pérdidas por fricción están en función del caudal de paso por la tubería y son representadas mediante las expresiones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, ó Chezy-Manning, debido a que cada fórmula contempla la rugosidad de las tuberías de forma diferente.

Incluye pérdidas menores en elementos tales como codos, acoplamiento, etc.

Modela bombas funcionando tanto a velocidad de giro constante como de giro variable. Calcula la energía consumida y el coste de bombeo de las estaciones.

Modela diferentes tipos de válvulas, incluyendo válvulas de regulación, válvulas de retención, válvulas de aislamiento, válvulas reductoras de presión, válvulas de control de caudal, etc.

Permite el almacenamiento de agua en estanques que presenten cualquier geometría (por ejemplo que la sección del tanque sea variable con la altura del mismo).

Considera la posibilidad de establecer diferentes categorías de consumo en los nudos, cada una de ellas con su propia curva de modulación.

Modela consumos dependientes de la presión que salen al exterior del sistema a través de emisores (rociadores, aspersores).

Puede determinar el funcionamiento del sistema simplemente con el nivel de agua en el estanque y controles de tiempo o utilizar un complicado sistema de regulación temporal.

Especifica un informe de estado el cual es emitido tras finalizar una simulación.



Según la opción deseada por el usuario se puede obtener un informe sencillo ó un informe completo, que es básicamente igual que el sencillo, pero con la diferencia que en este se agregan los errores.



Capítulo III

Resultados

3.1 Diseño del sistema de abastecimiento

3.1.1 Calculo de la población de diseño y dotación de agua:

DATOS

CASERIO:	Laredo
DISTRITO:	Laredo
PROVINCIA:	Laredo
DEPARTAMENTO:	La Libertad

Demanda de agua potable

Numero de lotes	1560
Numero de hab/lote	5.0
Población actual:	7,800 Hab.
Tasa de crecimiento:	1.3 %
Tiempo en años	20
Formula de crecimiento:	Aritmético
Población de diseño(Pd)	10,099 Hab.
Consumo de agua potable(D)	180 L/hab/Dia
Consumo medio diario	21.04 L/seg
Consumo máximo diario	27.35 L/seg
Consumo máximo horario	42.08 L/seg
Volumen del reservorio	455.00 m ³

3.1.2 Procedimiento del cálculo:

3.1.2.1 Calculo de la Población actual

Número total de Lotes: **1560**

Número total de Personas/lotos: **5hab/lotos**

$$Pa = \# \text{ total de Lotes} * \# \text{ total de hab/LOTES}$$

$$Pa = 1560 \text{ LOTES} * 5 \text{ hab/LOTES}$$

$$Pa = 7800 \text{ hab.}$$



3.1.2.2 Cálculo de la Población Futura

Datos:

Población Actual: 7800 Hab.

Tasa de Crecimiento: 1.3 %

Periodo de Diseño: 20 años

Reemplazando en:

$$Pf = Pa * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^t$$

En donde:

Pf = Población Futura.

Pa = Población Actual.

t = Periodo de diseño.

r = Tasa de crecimiento

Población futura para el final del periodo de diseño. De la ecuación anterior.

Año	Población
1	7,901
2	8,004
3	8,108
4	8,214
5	8,320
6	8,429
7	8,538
8	8,649
9	8,762
10	8,875
11	8,991
12	9,108
13	9,226
14	9,346
15	9,468
16	9,591
17	9,715
18	9,842
19	9,970
20	10,099

Cuadro 3-1 Proyección de la población futura



$$Pf = 7800 * \left(1 + \frac{1.3}{100}\right)^{20}$$

$$Pf = 10\ 099\ Hab.$$

3.1.2.3 Cálculo Consumo Medio Diario (Q_m)

El consumo medio diario de una población se calcula mediante la expresión siguiente, de la fórmula del (RNE).

$$Q_m = \frac{Poblacion(hab) * Dotacion(Lt/hab/dia)}{24(horas) * 3600(seg)}$$

$$Q_m = \frac{10\ 099(hab) * 180(Lt/hab/dia)}{24(horas) * 3600(seg)}$$

$$Q_m = 21.04\ L/seg.$$

3.1.2.4 Consumo Máximo Diario (Q_{md})

El consumo máximo diario se obtiene multiplicando el caudal medio diario por un factor de aumento especificado en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

$$Q_{md} = Q_m * K1$$

$$K1 = 1.3$$

$$Q_{md} = 21.04 * 1.3$$

$$Q_{md} = 27.35\ L/seg$$

3.1.2.5 Consumo Máximo Horario (Q_{mh})

Factor Máximo Horario (RNE): 1.8 – 2.5; se usará **2.0** por las mismas condiciones expuestas en la determinación del caudal máximo diario utilizaremos el límite medio es decir un factor máximo horario igual a 2.0.

$$Q_{mh} = Q_m * K2$$

$$K2 = 2.00$$

$$Q_{mh} = 21.04 * 2.00$$

$$Q_{mh} = 42.08\ L/seg$$



3.1.3 Aspectos a considerar en el uso de Watercad para la creación de modelos de sistemas de abastecimiento.

En esta sección se da una explicación breve del software utilizado para la modelación y diseño del Sistema de Abastecimiento.

WaterCAD V8i es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos extensos del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro por gravedad y a presión.

Una red suele estar constituida por:

- Embalses (fuentes de abastecimiento como manantiales o pozos)
- Tuberías, nudos (uniones de tuberías)
- Bombas (Para sistemas que no funcionan por gravedad)
- Válvulas
- Depósitos de almacenamiento (Tanques)

Con WaterCAD V8i se puede realizar un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo de un periodo de simulación; además de simular el tiempo de permanencia del agua en la red y su procedencia desde las diversas fuentes de suministro.

WaterCAD V8i trabaja bajo ambiente Windows, lo cual facilita su uso en el modelado de la red, la edición de datos de entrada a la red, la realización de simulaciones hidráulicas y de la calidad del agua, y en la visualización de resultados en una amplia variedad de formatos. Entre éstos se incluyen mapas de la red codificados por colores y tablas numéricas.

3.1.4 Capacidad para la elaboración de modelos hidráulicos.

Dos de los requisitos esenciales para poder construir con garantías un modelo de la calidad del agua son la potencia de cálculo y la precisión del modelo hidráulico utilizado. WaterCAD V8i contiene un



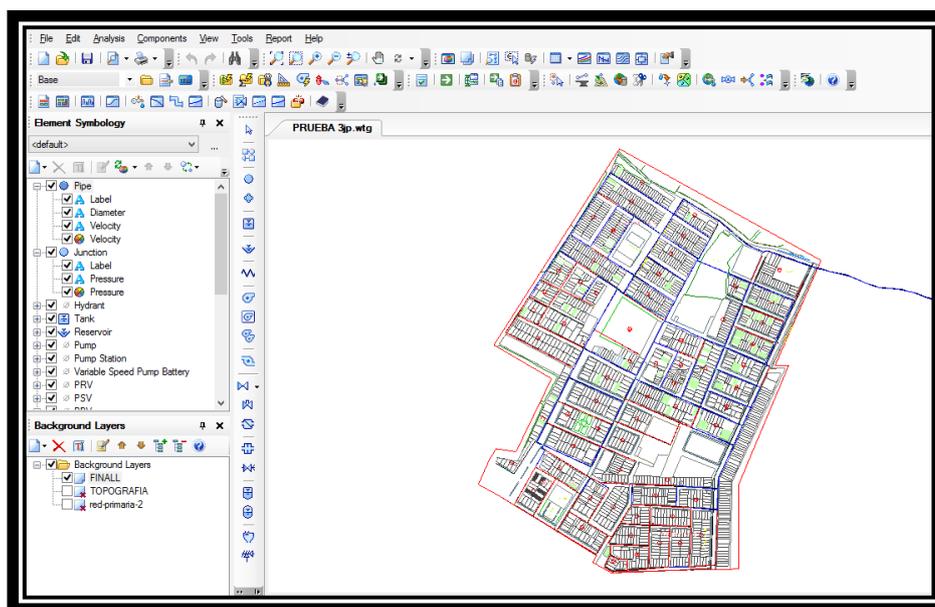
simulador hidráulico muy avanzado que ofrece las siguientes prestaciones:

- No existe límite en cuanto al tamaño de la red que puede procesarse.
- Las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen Williams, de Darcy Weisbach o de Chezy-Manning.
- Contempla pérdidas menores en codos, accesorios, etc.
- Admite bombas de velocidad fija o variable.
- Determina el consumo energético y sus costes.
- Permite considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención, y reguladoras de presión o caudal.
- Admite depósitos de geometría variable (es decir, cuyo diámetro varíe con el nivel).
- Permite considerar diferentes tipos de demanda en los nudos, cada uno con su propia curva de modulación en el tiempo.
- Permite modelar tomas de agua cuyo caudal dependa de la presión (ej. rociadores).
- Admite leyes de control simples, basadas en el valor del nivel en los depósitos o en la hora prefijada por un temporizador, y leyes de control más complejas basadas en reglas lógicas.

3.1.5 Simulación hidráulica de la línea de conducción y red de distribución.

Luego de recuperar la planimetría, se inicia con ubicar cada uno de los componentes de la red de distribución y el trazado de las tuberías, para ello hacer uso de los Prototipos (reservoir, Pressure Pipe y Pressure Junction).

Figura3-1: Detalle lotización



Fuente: WaterCAD V8i

3.1.6 Cálculo de caudales de salida en la red de distribución.

Caudal de Diseño	42.08	LI/seg.	1560	viviendas
42.08/ 1560				
Caudal unitario	0.02697	LI/seg.	Por vivienda	

Cuadro 3-2 demanda en los nudos

NUDO/ PUNTO	COTA O NIVEL PIEZOMETRICO	Nº DE VIVIENDAS DE INFLUENCIA	CAUDAL DOMICILIARIO
R-1	249.11	0	0.0000
TANQUE	166.45	0	0.0000
J-1	124.24	28	0.7553
J-2	122.92	27	0.7283
J-3	122.7	0	0.0000
J-4	121.55	23	0.6204
J-5	119.94	21	0.5665
J-6	118.65	16	0.4316
J-7	117.15	12	0.3237
J-8	116.26	14	0.3776
J-9	115.31	0	0.0000
J-10	125.83	1	0.0270
J-11	124.03	15	0.4046



Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de agua Potable aplicando el Software Watercad en la localidad de Laredo.

J-12	122.77	17	0.4586
J-13	121.51	17	0.4586
J-14	120.13	15	0.4046
J-15	120.24	0	0.0000
J-16	119	17	0.4586
J-17	117.85	20	0.5395
J-18	116.43	16	0.4316
J-19	115.22	15	0.4046
J-20	113.06	27	0.7283
J-21	112.26	28	0.7553
J-22	109.58	20	0.5395
J-23	109.02	15	0.4046
J-24	111	27	0.7283
J-25	111.9	27	0.7283
J-26	111.58	0	0.0000
J-27	112.94	27	0.7283
J-28	125	16	0.4316
J-29	123.69	18	0.4855
J-30	123.63	0	0.0000
J-31	122.27	18	0.4855
J-32	120.9	20	0.5395
J-33	119.94	16	0.4316
J-34	118.19	9	0.2428
J-35	116.44	24	0.6474
J-36	116.29	0	0.0000
J-37	115	27	0.7283
J-38	115	0	0.0000
J-39	113.93	26	0.7013
J-40	113.7	0	0.0000
J-41	112.38	16	0.4316
J-42	111.16	14	0.3776
J-43	111.38	17	0.4586
J-44	111.21	0	0.0000
J-45	110.03	19	0.5125
J-46	107.96	0	0.0000
J-47	107.53	13	0.3507
J-48	109.69	0	0.0000
J-49	119.79	0	0.0000
J-50	118.85	24	0.6474
J-51	116.6	23	0.6204
J-52	118.46	11	0.2967
J-53	116.48	23	0.6204
J-54	125.04	44	1.1869
J-55	123.86	20	0.5395



Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de agua Potable aplicando el Software Watercad en la localidad de Laredo.

J-56	122.38	16	0.4316
J-57	121.09	21	0.5665
J-58	120.02	11	0.2967
J-59	120.04	0	0.0000
J-60	117.55	0	0.0000
J-61	116.27	31	0.8362
J-62	115.3	29	0.7823
J-63	114.94	0	0.0000
J-64	113.68	17	0.4586
J-65	112.35	17	0.4586
J-66	111.42	0	0.0000
J-67	111.58	25	0.6744
J-68	110.62	0	0.0000
J-69	110.11	0	0.0000
J-70	109.29	17	0.4586
J-71	108.37	0	0.0000
J-72	107.31	9	0.2428
J-73	110.51	23	0.6204
J-74	108.58	19	0.5125
J-75	108.44	27	0.7283
J-76	107.34	16	0.4316
J-77	110.15	27	0.7283
J-78	109.14	0	0.0000
J-79	108.4	0	0.0000
J-80	108.15	0	0.0000
J-81	107.9	0	0.0000
J-82	107.04	0	0.0000
J-83	107.27	0	0.0000
J-84	107.7	11	0.2967
J-85	108	10	0.2697
J-86	108.61	14	0.3776
J-87	110.76	0	0.0000
J-88	110	22	0.5934
J-89	109	19	0.5125
J-90	110.55	0	0.0000
J-91	108.15	0	0.0000
J-92	112.71	11	0.2967
J-93	112.61	0	0.0000
J-94	115.35	21	0.5665
J-95	114.24	0	0.0000
J-96	115.06	10	0.2697
J-97	115.94	23	0.6204
J-98	115.98	0	0.0000
J-99	117.42	8	0.2158



J-100	116.65	23	0.6204
J-101	116.85	0	0.0000
J-102	119.54	0	0.0000
J-103	118.55	19	0.5125
J-104	117.98	0	0.0000
J-105	117.45	25	0.6744
J-106	117.67	0	0.0000
J-107	119.41	21	0.5665
J-108	119.12	26	0.7013
J-109	119.44	0	0.0000
J-110	120.44	22	0.5934
J-111	120.22	0	0.0000
J-112	120.41	30	0.8092
J-113	123.4	25	0.6744
J-114	123.32	0	0.0000
J-115	123.62	36	0.9711
J-116	124.94	30	0.8092
J-117	125.84	6	0.1618
J-118	127	0	0.0000
		1560	42.0797

Capítulo IV

Resultados

4.1 Modelación y Simulación de la Red de Abastecimiento

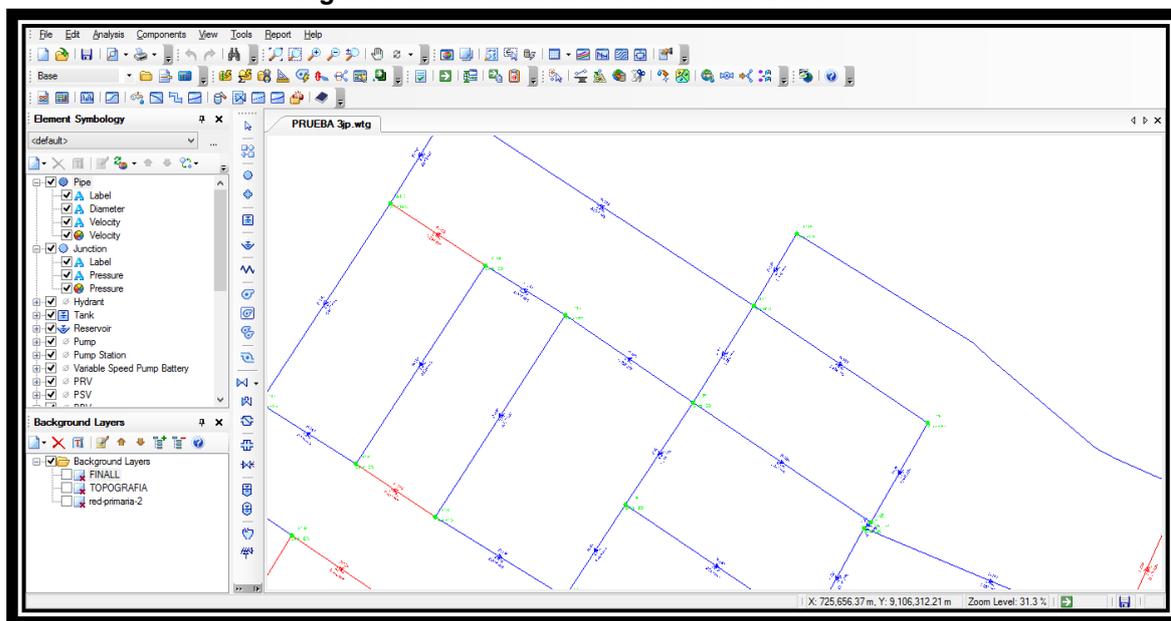
4.1.1 Modelamiento del escenario Base

Con la información disponible elaboramos el escenario base en WaterCAD V8i, las condiciones reales de la zona de estudio, nos permitieron generar un modelo muy completo en cuanto a la inclusión de elementos físicos.

Se utilizaron reservorio, tuberías, nudos, el caso de equipos electromecánicos como electrobombas no fue necesario utilizar por las ventajas de diferencias topográficas existentes en la zona.

Paso seguido modelamos la red de distribución usando elementos como nudos de demandas, de conexión y tuberías. En la figura 4.1, se muestra el modelo de la red en WaterCAD V8i.

Figura4-1: Simulación del escenario Base





Escenario base

Nuestro sistema de abastecimiento cuenta con una captación ubicada en el sector Jesús María en el distrito de Laredo, se encuentra en la zona más alejada de la red con una distancia hasta el reservorio de 13,048.00 metros.

La cota en este punto de la captación es de 249.11 msnm. Lo cual debido a esta cota no es necesario el uso de bomba y el reservorio se llenara mediante gravedad.

Finalmente la red propuesta, conduce el agua hacia todo el sector urbano, utilizando una serie de nudos tanto de conexión como de demanda y tuberías.

Cuadro 4 - 1 resumen de los nudos

Nudo	Cota (m)	Caudal de Demanda (L/s)	Gradiente Hidraulico (m)	Presión (m H2O)
J-1	124.24	0.755	142.36	18
J-2	122.92	0.728	141.81	19
J-3	122.7	0.000	141.71	19
J-4	121.55	0.620	141.2	20
J-5	119.94	0.570	140.68	21
J-6	118.65	0.430	140.11	21
J-7	117.15	0.320	139.83	23
J-8	116.26	0.380	139.75	23
J-9	115.31	0.000	139.72	24
J-10	125.83	0.123	142.09	16
J-11	124.03	0.400	142.1	18
J-12	122.77	0.460	141.68	19
J-13	121.51	0.460	141.36	20
J-14	120.13	0.400	140.15	20
J-15	120.24	0.000	139.73	19
J-16	119	0.460	139.67	21
J-17	117.85	0.540	139.5	22
J-18	116.43	0.430	139.24	23
J-19	115.22	0.400	138.72	23
J-20	113.06	0.730	137.39	24
J-21	112.26	0.760	137.24	25
J-22	109.58	0.540	137.1	27
J-23	109.02	0.400	137.05	28
J-24	111	0.730	136.82	26
J-25	111.9	0.730	136.89	25



Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de agua Potable aplicando el Software Watercad en la localidad de Laredo.

J-26	111.58	0.000	136.9	25
J-27	112.94	0.730	137.1	24
J-28	125	0.430	147.51	22
J-29	123.69	0.490	145.9	22
J-30	123.63	0.000	145.74	22
J-31	122.27	0.490	145.28	23
J-32	120.9	0.540	144.63	24
J-33	119.94	0.430	144.44	24
J-34	118.19	0.240	141.77	24
J-35	116.44	0.650	140.99	25
J-36	116.29	0.000	140.77	24
J-37	115	0.730	140.04	25
J-38	115	0.000	140.04	25
J-39	113.93	0.700	139.35	25
J-40	113.7	0.000	139.23	25
J-41	112.38	0.430	138.26	26
J-42	111.16	0.380	137.88	27
J-43	111.38	0.460	137.46	26
J-44	111.21	0.000	137.18	26
J-45	110.03	0.510	136.8	27
J-46	107.96	0.000	136.72	29
J-47	107.53	0.350	136.68	29
J-48	109.69	0.000	136.74	27
J-49	119.79	0.000	140.78	21
J-50	118.85	0.650	140.77	22
J-51	116.6	0.620	140.25	24
J-52	118.46	0.300	140.88	22
J-53	116.48	0.620	140.55	24
J-54	125.04	1.190	148.31	23
J-55	123.86	0.540	147.58	24
J-56	122.38	0.430	146.26	24
J-57	121.09	0.570	145.34	24
J-58	120.02	0.300	144.58	25
J-59	120.04	0.000	144.39	24
J-60	117.55	0.000	143.56	26
J-61	116.27	0.840	143.2	27
J-62	115.3	0.780	143.04	28
J-63	114.94	0.000	141.34	26
J-64	113.68	0.460	139.3	26
J-65	112.35	0.460	138.26	26
J-66	111.42	0.000	137.65	26
J-67	111.58	0.670	136.96	25
J-68	110.62	0.000	136.93	26
J-69	110.11	0.000	136.92	27



J-70	109.29	0.460	136.74	27
J-71	108.37	0.095	136.65	28
J-72	107.31	0.240	136.64	29
J-73	110.51	0.620	136.78	26
J-74	108.58	0.510	136.63	28
J-75	108.44	0.730	136.6	28
J-76	107.34	0.430	136.59	29
J-77	110.15	0.730	136.72	27
J-78	109.14	0.000	136.67	27
J-79	108.4	0.000	136.61	28
J-80	108.15	0.000	136.61	28
J-81	107.9	0.000	136.61	29
J-82	107.04	0.000	136.61	30
J-83	107.27	0.000	136.61	29
J-84	107.7	0.300	136.61	29
J-85	108	0.270	136.63	29
J-86	108.61	0.380	136.75	28
J-87	110.76	0.000	136.73	26
J-88	110	0.590	136.67	27
J-89	109	0.510	136.62	28
J-90	110.55	0.000	136.75	26
J-91	108.15	0.000	136.61	28
J-92	112.71	0.300	138.21	25
J-93	112.61	0.000	138.24	26
J-94	115.35	0.570	139.72	24
J-95	114.24	0.000	139.62	25
J-96	115.06	0.270	143.11	28
J-97	115.94	0.620	143.18	27
J-98	115.98	0.000	143.18	27
J-99	117.42	0.220	143.52	26
J-100	116.65	0.620	143.24	27
J-101	116.85	0.000	143.26	26
J-102	119.54	0.000	142.16	23
J-103	118.55	0.510	143.38	25
J-104	117.98	0.000	143.43	25
J-105	117.45	0.670	143.39	26
J-106	117.67	0.000	143.43	26
J-107	119.41	0.570	143.66	24
J-108	119.12	0.700	143.63	24
J-109	119.44	0.000	143.97	24
J-110	120.44	0.590	145.61	25
J-111	120.22	0.000	145.61	25
J-112	120.41	0.810	145.05	25
J-113	123.4	0.670	146.63	23



J-114	123.32	0.000	146.69	23
J-115	123.62	0.970	146.8	23
J-116	124.94	0.810	147.54	23
J-117	125.84	0.160	142.35	16
J-118	127	0.000	149.31	22

Según los resultados en la tabla 4.1, estamos frente a un caso típico presiones normales y superiores entre 10 m.c.a y 30 m.c.a, estas presiones podemos considerarlas como aceptables para el abastecimiento poblacional, las cuales cumplen con El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

Cuadro 4 - 2 resumen de las tuberías

Tubería	Longitud (m)	Ø (in)	caudal(L/s)	Velocidad (m/s)	perdidas de gradiente (m/m)	perdida por fricción (m)	perdida de presión (m H2O)
P-1	13,048	8	40.974	1.263	0.006	82.21	82
P-2	2,635	8	42.282	1.304	0.007	17.59	17.6
P-3	43	4	9.809	1.21	0.013	0.56	0.6
P-4	9	4	9.081	1.12	0.011	0.1	0.1
P-5	45	4	9.05	1.116	0.011	0.51	0.5
P-6	47	4	8.96	1.105	0.011	0.52	0.5
P-7	49	4	9.217	1.137	0.012	0.57	0.6
P-8	48	4	6.236	0.769	0.006	0.27	0.3
P-9	38	4	3.675	0.453	0.002	0.08	0.1
P-10	45	4	1.906	0.235	0.001	0.03	0
P-11	46	2	-0.123	0.061	0	0.01	0
P-12	49	3	3.645	0.799	0.008	0.41	0.4
P-13	48	3	3.215	0.705	0.007	0.32	0.3
P-14	50	2	2.225	1.098	0.024	1.21	1.2
P-15	11	2	2.842	1.402	0.039	0.42	0.4
P-16	47	4	2.842	0.351	0.001	0.06	0.1
P-17	46	4	4.932	0.608	0.004	0.17	0.2
P-18	41	4	6.633	0.818	0.006	0.26	0.3
P-19	46	4	9.057	1.117	0.011	0.51	0.5
P-20	98	4	10.064	1.241	0.014	1.34	1.3
P-21	44	4	4.628	0.571	0.003	0.14	0.1
P-22	114	4	2.777	0.343	0.001	0.14	0.1
P-23	55	4	2.237	0.276	0.001	0.05	0
P-24	83	2	0.696	0.343	0.003	0.24	0.2
P-25	41	2	-0.541	0.267	0.002	0.07	0.1



Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de agua Potable aplicando el Software Watercad en la localidad de Laredo.

P-26	31	2	-0.179	0.088	0	0.01	0
P-27	45	2	-0.891	0.44	0.004	0.2	0.2
P-28	50	3	7.508	1.646	0.032	1.61	1.6
P-29	4	4	18.697	2.306	0.043	0.17	0.2
P-30	50	3	3.806	0.835	0.009	0.46	0.5
P-31	48	3	4.704	1.031	0.014	0.65	0.6
P-32	44	4	5.304	0.654	0.004	0.18	0.2
P-33	50	2	3.392	1.673	0.053	2.67	2.7
P-34	79	2	1.362	0.672	0.01	0.78	0.8
P-35	7	2	2.592	1.279	0.032	0.22	0.2
P-36	47	2	1.744	0.86	0.016	0.73	0.7
P-37	7	2	0.348	0.171	0.001	0.01	0
P-38	44	2	1.758	0.868	0.016	0.69	0.7
P-39	8	2	1.653	0.816	0.014	0.12	0.1
P-40	51	2	1.938	0.956	0.019	0.97	1
P-41	47	2	1.21	0.597	0.008	0.37	0.4
P-42	109	2	0.83	0.41	0.004	0.43	0.4
P-43	14	2	1.951	0.962	0.019	0.27	0.3
P-44	41	2	1.317	0.65	0.009	0.38	0.4
P-45	90	2	0.37	0.183	0.001	0.08	0.1
P-46	45	2	0.37	0.183	0.001	0.04	0
P-47	92	2	-0.317	0.156	0.001	0.06	0.1
P-48	45	4	1.016	0.125	0	0.01	0
P-49	88	2	1.035	0.511	0.006	0.52	0.5
P-50	87	2	0.821	0.405	0.004	0.33	0.3
P-51	49	6	30.432	1.668	0.015	0.73	0.7
P-52	53	4	13.881	1.712	0.025	1.32	1.3
P-53	48	4	12.063	1.488	0.019	0.92	0.9
P-54	45	4	11.193	1.381	0.017	0.76	0.8
P-55	16	4	9.516	1.174	0.012	0.19	0.2
P-56	97	4	7.816	0.964	0.009	0.83	0.8
P-57	45	4	7.596	0.937	0.008	0.36	0.4
P-58	46	4	4.73	0.583	0.003	0.16	0.2
P-59	21	2	4.199	2.071	0.079	1.7	1.7
P-60	55	2	2.788	1.375	0.037	2.05	2
P-61	50	2	2.043	1.008	0.021	1.04	1
P-62	47	2	1.58	0.78	0.013	0.61	0.6
P-63	85	4	4.706	0.58	0.003	0.29	0.3
P-64	93	4	3.084	0.38	0.002	0.14	0.1
P-65	66	4	1.43	0.176	0	0.02	0
P-66	23	2	0.272	0.134	0	0.01	0
P-67	109	2	-0.634	0.313	0.002	0.26	0.3
P-68	49	2	0.437	0.215	0.001	0.06	0.1
P-69	59	2	0.12	0.059	0	0.01	0



Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de agua Potable aplicando el Software Watercad en la localidad de Laredo.

P-70	46	2	0.189	0.093	0	0.01	0
P-71	21	2	1.158	0.571	0.007	0.16	0.2
P-72	84	2	0.538	0.265	0.002	0.15	0.1
P-73	51	2	0.31	0.153	0.001	0.03	0
P-74	46	2	0.144	0.071	0	0.01	0
P-75	44	2	0.282	0.139	0.001	0.02	0
P-76	58	2	0.337	0.166	0.001	0.04	0
P-77	94	2	0.286	0.141	0.001	0.05	0.1
P-78	43	2	0.985	0.486	0.005	0.23	0.2
P-79	45	2	0.453	0.224	0.001	0.06	0.1
P-80	34	2	0.515	0.254	0.002	0.06	0.1
P-81	21	2	-0.05	0.024	0	0	0
P-82	23	2	0.051	0.025	0	0	0
P-83	28	2	0.023	0.012	0	0	0
P-84	25	2	0.023	0.012	0	0	0
P-85	28	2	0.023	0.012	0	0	0
P-86	45	2	-0.249	0.123	0	0.02	0
P-87	41	2	-0.708	0.349	0.003	0.12	0.1
P-88	43	2	-1.141	0.563	0.007	0.3	0.3
P-89	41	2	0.514	0.253	0.002	0.07	0.1
P-90	45	2	0.422	0.208	0.001	0.05	0.1
P-91	47	2	-0.189	0.093	0	0.01	0
P-92	87	2	-0.053	0.026	0	0	0
P-93	37	2	0.027	0.013	0	0	0
P-94	23	2	0.027	0.013	0	0	0
P-95	78	2	-0.1	0.049	0	0.01	0
P-96	61	2	-0.062	0.03	0	0	0
P-97	42	2	-0.56	0.276	0.002	0.08	0.1
P-98	44	2	-0.507	0.25	0.002	0.07	0.1
P-99	38	2	-0.198	0.098	0	0.01	0
P-100	54	2	-0.712	0.351	0.003	0.16	0.2
P-101	54	2	-1.091	0.538	0.007	0.35	0.4
P-102	47	2	-0.3	0.148	0.001	0.03	0
P-103	32	2	-0.3	0.148	0.001	0.02	0
P-104	123	2	-0.002	0.001	0	0	0
P-105	95	2	-1.407	0.694	0.01	1	1
P-106	26	4	0.498	0.061	0	0	0
P-107	50	2	0.595	0.293	0.002	0.11	0.1
P-108	127	2	0.595	0.293	0.002	0.27	0.3
P-109	123	2	-0.285	0.141	0.001	0.07	0.1
P-110	122	2	-0.666	0.329	0.003	0.32	0.3
P-111	124	2	-1.411	0.696	0.011	1.3	1.3
P-112	96	3	-2.854	0.626	0.005	0.52	0.5
P-113	44	2	-1.464	0.722	0.011	0.5	0.5



Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de agua Potable aplicando el Software Watercad en la localidad de Laredo.

P-114	49	2	-1.049	0.518	0.006	0.3	0.3
P-115	55	2	-0.848	0.418	0.004	0.22	0.2
P-116	159	2	-0.249	0.123	0	0.07	0.1
P-117	123	2	-1.88	0.928	0.018	2.2	2.2
P-118	108	2	0.146	0.072	0	0.02	0
P-119	45	2	-0.021	0.01	0	0	0
P-120	108	2	-0.22	0.109	0	0.04	0
P-121	45	2	-0.287	0.142	0.001	0.02	0
P-122	45	2	0.453	0.224	0.001	0.06	0.1
P-123	46	2	0.54	0.266	0.002	0.08	0.1
P-124	97	3	-2.241	0.491	0.003	0.33	0.3
P-125	100	3	-2.551	0.559	0.004	0.44	0.4
P-126	42	2	-0.669	0.33	0.003	0.11	0.1
P-127	54	2	-1.79	0.883	0.016	0.89	0.9
P-128	92	2	-1.017	0.502	0.006	0.53	0.5
P-129	43	3	-1.843	0.404	0.002	0.1	0.1
P-130	36	2	-2.859	1.411	0.039	1.39	1.4
P-131	58	2	-2.859	1.411	0.039	2.28	2.3
P-132	102	3	-1.377	0.302	0.001	0.14	0.1
P-133	43	2	0.519	0.256	0.002	0.07	0.1
P-134	29	2	-0.51	0.252	0.002	0.05	0
P-135	50	2	0.323	0.16	0.001	0.03	0
P-136	46	2	-0.344	0.17	0.001	0.04	0
P-137	49	2	1.7	0.839	0.015	0.73	0.7
P-138	52	2	0.296	0.146	0.001	0.03	0
P-139	44	2	-1.193	0.589	0.008	0.34	0.3
P-140	59	2	0.833	0.411	0.004	0.23	0.2
P-141	66	2	0.789	0.389	0.004	0.24	0.2
P-142	43	2	0.786	0.388	0.004	0.15	0.2
P-143	94	2	0.53	0.261	0.002	0.16	0.2
P-144	100	2	-1.14	0.563	0.007	0.71	0.7
P-145	66	2	-0.84	0.414	0.004	0.27	0.3
P-146	41	2	0.043	0.021	0	0	0
P-147	49	2	1.456	0.719	0.011	0.55	0.6
P-148	96	2	-1.388	0.685	0.01	0.98	1
P-149	95	1	-0.03	0.06	0	0.02	0
P-150	98	4	-4.168	0.514	0.003	0.26	0.3
P-151	119	4	-14.892	1.837	0.028	3.37	3.4
P-152	42	2	-0.827	0.408	0.004	0.16	0.2
P-153	73	2	-1.17	0.577	0.007	0.54	0.5
P-154	40	2	-2.363	1.166	0.027	1.08	1.1
P-155	104	2	-1.717	0.847	0.015	1.57	1.6
P-156	49	2	-0.475	0.234	0.001	0.07	0.1
P-157	41	3	-1.888	0.414	0.003	0.1	0.1



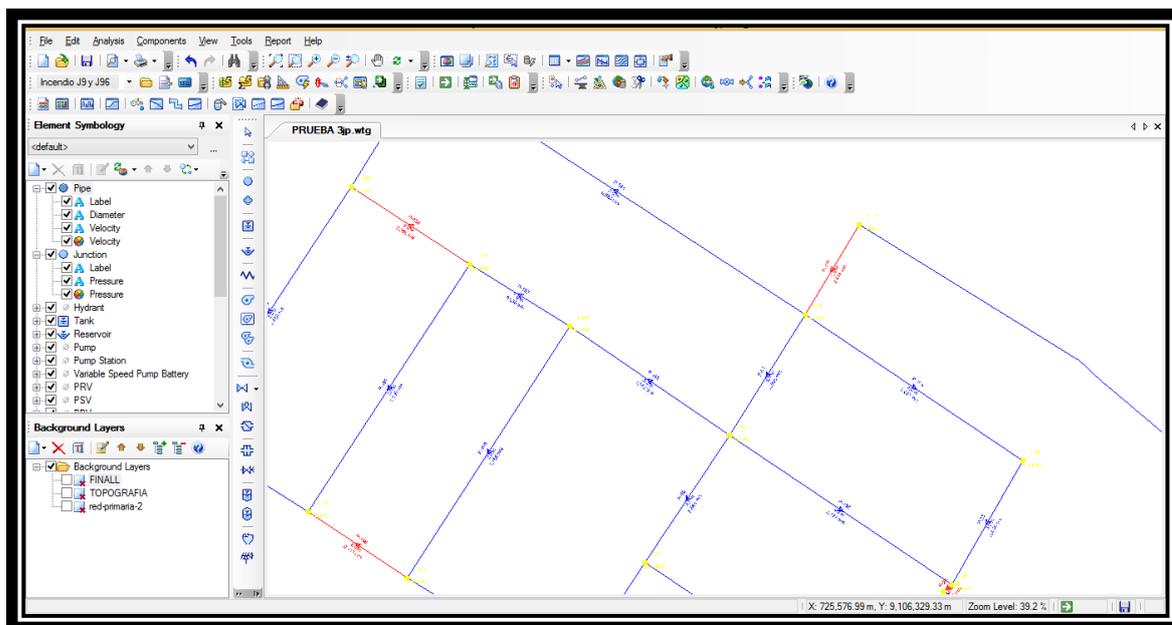
P-158	67	3	-4.331	0.95	0.012	0.78	0.8
P-159	93	4	11.68	1.441	0.018	1.68	1.7
P-160	104	2	1.473	0.727	0.011	1.19	1.2
P-161	103	2	-1.414	0.698	0.011	1.09	1.1
P-162	49	2	-1.912	0.943	0.018	0.91	0.9
P-163	157	3	-2.722	0.597	0.005	0.78	0.8
P-164	91	4	7.938	0.979	0.009	0.8	0.8
P-165	62	2	-0.16	0.079	0	0.01	0
P-166	7	2	-0.565	0.279	0.002	0.01	0
P-167	40	2	0.906	0.447	0.005	0.18	0.2
P-168	44	2	0.566	0.279	0.002	0.09	0.1
P-169	15	2	1.58	0.78	0.013	0.19	0.2
P-170	37	6	42.282	2.318	0.027	0.99	1

4.1.2 Modelamiento del escenario Base + Incendio en los nudos J9 y J96

En este escenario se dejaron las características físicas del modelo base, pero se adiciono el aumento de demanda en los nudos J9 y J96 a 10l/seg en cada uno de ellos.

Se procedió a efectuar la simulación con lo mencionado.

Figura4-1: Simulación del escenario base + incendio





Obteniéndose los siguientes resultados

Cuadro 4 – 3 Resúmenes de los nudos

Nudo	Cota (m)	Caudal de Demanda (L/s)	Gradiente Hidraulico (m)	Presión (m H2O)
J-1	124.24	0.755	116.81	-7
J-2	122.92	0.728	115.63	-7
J-3	122.7	0	115.41	-7
J-4	121.55	0.62	114.27	-7
J-5	119.94	0.57	113.01	-7
J-6	118.65	0.43	111.63	-7
J-7	117.15	0.32	110.83	-6
J-8	116.26	0.38	110.4	-6
J-9	115.31	10	109.84	-5
J-10	125.83	0.123	116.3	-10
J-11	124.03	0.4	116.31	-8
J-12	122.77	0.46	115.46	-7
J-13	121.51	0.46	114.76	-7
J-14	120.13	0.4	112.05	-8
J-15	120.24	0	111.09	-9
J-16	119	0.46	110.95	-8
J-17	117.85	0.54	110.6	-7
J-18	116.43	0.43	110.19	-6
J-19	115.22	0.4	109.59	-6
J-20	113.06	0.73	108.24	-5
J-21	112.26	0.76	108.1	-4
J-22	109.58	0.54	107.96	-2
J-23	109.02	0.4	107.91	-1
J-24	111	0.73	107.67	-3
J-25	111.9	0.73	107.74	-4
J-26	111.58	0	107.75	-4
J-27	112.94	0.73	107.95	-5
J-28	125	0.43	127.19	2
J-29	123.69	0.49	123.82	0
J-30	123.63	0	123.47	0
J-31	122.27	0.49	122.28	0
J-32	120.9	0.54	120.58	0
J-33	119.94	0.43	120.08	0
J-34	118.19	0.24	114.91	-3
J-35	116.44	0.65	113.09	-3



J-36	116.29	0	112.7	-4
J-37	115	0.73	111.07	-4
J-38	115	0	111.06	-4
J-39	113.93	0.7	109.97	-4
J-40	113.7	0	109.91	-4
J-41	112.38	0.43	109.05	-3
J-42	111.16	0.38	108.69	-2
J-43	111.38	0.46	108.28	-3
J-44	111.21	0	108.01	-3
J-45	110.03	0.51	107.64	-2
J-46	107.96	0	107.57	0
J-47	107.53	0.35	107.53	0
J-48	109.69	0	107.59	-2
J-49	119.79	0	113.19	-7
J-50	118.85	0.65	113.17	-6
J-51	116.6	0.62	111.87	-5
J-52	118.46	0.3	113.32	-5
J-53	116.48	0.62	112.48	-4
J-54	125.04	1.19	128.82	4
J-55	123.86	0.54	127.26	3
J-56	122.38	0.43	124.23	2
J-57	121.09	0.57	122.03	1
J-58	120.02	0.3	120.09	0
J-59	120.04	0	119.46	-1
J-60	117.55	0	116.78	-1
J-61	116.27	0.84	115.57	-1
J-62	115.3	0.78	115	0
J-63	114.94	0	112.8	-2
J-64	113.68	0.46	110.18	-3
J-65	112.35	0.46	109.06	-3
J-66	111.42	0	108.46	-3
J-67	111.58	0.67	107.81	-4
J-68	110.62	0	107.78	-3
J-69	110.11	0	107.77	-2
J-70	109.29	0.46	107.58	-2
J-71	108.37	0.095	107.5	-1
J-72	107.31	0.24	107.49	0
J-73	110.51	0.62	107.63	-3
J-74	108.58	0.51	107.48	-1
J-75	108.44	0.73	107.45	-1
J-76	107.34	0.43	107.44	0
J-77	110.15	0.73	107.58	-3
J-78	109.14	0	107.52	-2
J-79	108.4	0	107.46	-1



J-80	108.15	0	107.46	-1
J-81	107.9	0	107.46	0
J-82	107.04	0	107.46	0
J-83	107.27	0	107.46	0
J-84	107.7	0.3	107.46	0
J-85	108	0.27	107.48	-1
J-86	108.61	0.38	107.6	-1
J-87	110.76	0	107.59	-3
J-88	110	0.59	107.52	-2
J-89	109	0.51	107.47	-2
J-90	110.55	0	107.6	-3
J-91	108.15	0	107.46	-1
J-92	112.71	0.3	109	-4
J-93	112.61	0	109.03	-4
J-94	115.35	0.57	109.85	-5
J-95	114.24	0	109.88	-4
J-96	115.06	10.27	103.89	-11
J-97	115.94	0.62	113.17	-3
J-98	115.98	0	111.24	-5
J-99	117.42	0.22	116.74	-1
J-100	116.65	0.62	113.72	-3
J-101	116.85	0	113.64	-3
J-102	119.54	0	115.8	-4
J-103	118.55	0.51	115.72	-3
J-104	117.98	0	115.77	-2
J-105	117.45	0.67	115.23	-2
J-106	117.67	0	115.21	-2
J-107	119.41	0.57	116.9	-3
J-108	119.12	0.7	116.7	-2
J-109	119.44	0	117.59	-2
J-110	120.44	0.59	122.85	2
J-111	120.22	0	122.83	3
J-112	120.41	0.81	121.3	1
J-113	123.4	0.67	125.39	2
J-114	123.32	0	125.5	2
J-115	123.62	0.97	125.72	2
J-116	124.94	0.81	127.41	2
J-117	125.84	0.16	116.8	-9
J-118	127	0	130.85	4

En esta simulación podemos observar que las presiones en los nudos salieron negativas por los que no cumplen con el RNE.



4.1.3 Modelamiento del escenario Incendio en los nudos J9 y J96 + cambio de diámetro.

En este caso nuestro modelamiento se generó tomando en cuenta el escenario anterior pero aplicando un cambio de diámetro en las tuberías. Siendo el diámetro elegido 4" en toda la red de distribución.

Cuadro 4 - 4 Resúmenes de presiones en los nudos

Nudo	Cota (m)	Caudal de Demanda (L/s)	Gradiente Hidraulico (m)	Presión (m H2O)
J-1	124.24	0.755	151.59	27
J-2	122.92	0.728	151.07	28
J-3	122.7	0	150.98	28
J-4	121.55	0.62	150.54	29
J-5	119.94	0.57	150.13	30
J-6	118.65	0.43	149.83	31
J-7	117.15	0.32	149.59	32
J-8	116.26	0.38	149.43	33
J-9	115.31	10	149.05	34
J-10	125.83	0.123	151.45	26
J-11	124.03	0.4	151.45	27
J-12	122.77	0.46	150.98	28
J-13	121.51	0.46	150.54	29
J-14	120.13	0.4	150.14	30
J-15	120.24	0	150.09	30
J-16	119	0.46	149.82	31
J-17	117.85	0.54	149.58	32
J-18	116.43	0.43	149.38	33
J-19	115.22	0.4	149.06	34
J-20	113.06	0.73	148.56	35
J-21	112.26	0.76	148.5	36
J-22	109.58	0.54	148.48	39
J-23	109.02	0.4	148.48	39
J-24	111	0.73	148.48	37
J-25	111.9	0.73	148.48	37
J-26	111.58	0	148.48	37
J-27	112.94	0.73	148.49	35
J-28	125	0.43	153	28
J-29	123.69	0.49	152.38	29



Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de agua Potable aplicando el Software Watercad en la localidad de Laredo.

J-30	123.63	0	152.33	29
J-31	122.27	0.49	151.83	30
J-32	120.9	0.54	151.19	30
J-33	119.94	0.43	150.41	30
J-34	118.19	0.24	149.9	32
J-35	116.44	0.65	149.57	33
J-36	116.29	0	149.54	33
J-37	115	0.73	149.19	34
J-38	115	0	149.17	34
J-39	113.93	0.7	149.04	35
J-40	113.7	0	149.02	35
J-41	112.38	0.43	148.89	36
J-42	111.16	0.38	148.83	38
J-43	111.38	0.46	148.72	37
J-44	111.21	0	148.64	37
J-45	110.03	0.51	148.56	38
J-46	107.96	0	148.54	40
J-47	107.53	0.35	148.53	41
J-48	109.69	0	148.53	39
J-49	119.79	0	150.1	30
J-50	118.85	0.65	149.84	31
J-51	116.6	0.62	149.59	33
J-52	118.46	0.3	149.82	31
J-53	116.48	0.62	149.6	33
J-54	125.04	1.19	154.24	29
J-55	123.86	0.54	152.93	29
J-56	122.38	0.43	151.89	29
J-57	121.09	0.57	151.27	30
J-58	120.02	0.3	150.49	30
J-59	120.04	0	150.32	30
J-60	117.55	0	149.79	32
J-61	116.27	0.84	149.57	33
J-62	115.3	0.78	149.24	34
J-63	114.94	0	149.17	34
J-64	113.68	0.46	149.02	35
J-65	112.35	0.46	148.88	36
J-66	111.42	0	148.76	37
J-67	111.58	0.67	148.49	37
J-68	110.62	0	148.5	38
J-69	110.11	0	148.52	38
J-70	109.29	0.46	148.52	39
J-71	108.37	0.095	148.51	40
J-72	107.31	0.24	148.51	41
J-73	110.51	0.62	148.5	38



Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de agua Potable aplicando el Software Watercad en la localidad de Laredo.

J-74	108.58	0.51	148.49	40
J-75	108.44	0.73	148.48	40
J-76	107.34	0.43	148.49	41
J-77	110.15	0.73	148.48	38
J-78	109.14	0	148.48	39
J-79	108.4	0	148.48	40
J-80	108.15	0	148.48	40
J-81	107.9	0	148.48	40
J-82	107.04	0	148.48	41
J-83	107.27	0	148.48	41
J-84	107.7	0.3	148.48	41
J-85	108	0.27	148.48	40
J-86	108.61	0.38	148.48	40
J-87	110.76	0	148.48	38
J-88	110	0.59	148.48	38
J-89	109	0.51	148.48	39
J-90	110.55	0	148.48	38
J-91	108.15	0	148.48	40
J-92	112.71	0.3	148.89	36
J-93	112.61	0	148.89	36
J-94	115.35	0.57	149.05	34
J-95	114.24	0	149.05	35
J-96	115.06	10.27	149.17	34
J-97	115.94	0.62	149.66	34
J-98	115.98	0	149.61	34
J-99	117.42	0.22	149.79	32
J-100	116.65	0.62	149.86	33
J-101	116.85	0	149.86	33
J-102	119.54	0	150.22	31
J-103	118.55	0.51	150.15	32
J-104	117.98	0	150.15	32
J-105	117.45	0.67	150.09	33
J-106	117.67	0	150.09	32
J-107	119.41	0.57	150.25	31
J-108	119.12	0.7	150.26	31
J-109	119.44	0	150.47	31
J-110	120.44	0.59	151.45	31
J-111	120.22	0	151.45	31
J-112	120.41	0.81	151.2	31
J-113	123.4	0.67	151.86	28
J-114	123.32	0	151.84	28
J-115	123.62	0.97	151.94	28
J-116	124.94	0.81	152.36	27
J-117	125.84	0.16	151.59	26



J-118	127	0	154.74	28
-------	-----	---	--------	----

4.2 Comparación de los tres escenarios

Cuadro 4 – 5 comparaciones de las presiones

Simulación

Nudo	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
	Base	Base + Incendio	Incendio y Cambio de ϕ
	Presión (m H2O)	Presión (m H2O)	Presión (m H2O)
J-1	18	-7	27
J-2	19	-7	28
J-3	19	-7	28
J-4	20	-7	29
J-5	21	-7	30
J-6	21	-7	31
J-7	23	-6	32
J-8	23	-6	33
J-9	24	-5	34
J-10	16	-10	26
J-11	18	-8	27
J-12	19	-7	28
J-13	20	-7	29
J-14	20	-8	30
J-15	19	-9	30
J-16	21	-8	31
J-17	22	-7	32
J-18	23	-6	33
J-19	23	-6	34
J-20	24	-5	35
J-21	25	-4	36
J-22	27	-2	39
J-23	28	-1	39
J-24	26	-3	37
J-25	25	-4	37
J-26	25	-4	37
J-27	24	-5	35
J-28	22	2	28
J-29	22	0	29
J-30	22	0	29
J-31	23	0	30



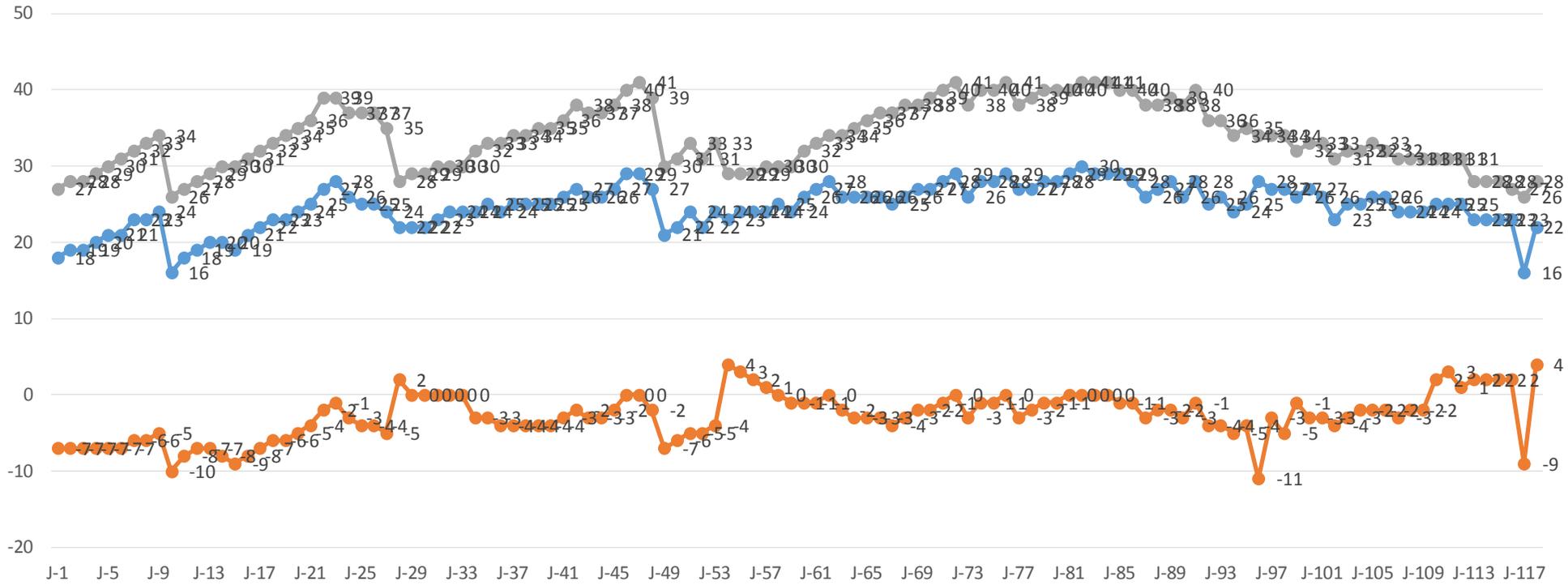
Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de agua Potable aplicando el Software Watercad en la localidad de Laredo.

J-32	24	0	30
J-33	24	0	30
J-34	24	-3	32
J-35	25	-3	33
J-36	24	-4	33
J-37	25	-4	34
J-38	25	-4	34
J-39	25	-4	35
J-40	25	-4	35
J-41	26	-3	36
J-42	27	-2	38
J-43	26	-3	37
J-44	26	-3	37
J-45	27	-2	38
J-46	29	0	40
J-47	29	0	41
J-48	27	-2	39
J-49	21	-7	30
J-50	22	-6	31
J-51	24	-5	33
J-52	22	-5	31
J-53	24	-4	33
J-54	23	4	29
J-55	24	3	29
J-56	24	2	29
J-57	24	1	30
J-58	25	0	30
J-59	24	-1	30
J-60	26	-1	32
J-61	27	-1	33
J-62	28	0	34
J-63	26	-2	34
J-64	26	-3	35
J-65	26	-3	36
J-66	26	-3	37
J-67	25	-4	37
J-68	26	-3	38
J-69	27	-2	38
J-70	27	-2	39
J-71	28	-1	40
J-72	29	0	41
J-73	26	-3	38
J-74	28	-1	40
J-75	28	-1	40



J-76	29	0	41
J-77	27	-3	38
J-78	27	-2	39
J-79	28	-1	40
J-80	28	-1	40
J-81	29	0	40
J-82	30	0	41
J-83	29	0	41
J-84	29	0	41
J-85	29	-1	40
J-86	28	-1	40
J-87	26	-3	38
J-88	27	-2	38
J-89	28	-2	39
J-90	26	-3	38
J-91	28	-1	40
J-92	25	-4	36
J-93	26	-4	36
J-94	24	-5	34
J-95	25	-4	35
J-96	28	-11	34
J-97	27	-3	34
J-98	27	-5	34
J-99	26	-1	32
J-100	27	-3	33
J-101	26	-3	33
J-102	23	-4	31
J-103	25	-3	32
J-104	25	-2	32
J-105	26	-2	33
J-106	26	-2	32
J-107	24	-3	31
J-108	24	-2	31
J-109	24	-2	31
J-110	25	2	31
J-111	25	3	31
J-112	25	1	31
J-113	23	2	28
J-114	23	2	28
J-115	23	2	28
J-116	23	2	27
J-117	16	-9	26
J-118	22	4	28

Presiones en los Nudos



LEYENDA

- Simulacion Escenario 1 Base Presión (m H₂O)
- Simulacion Escenario 2 Base + Incendio Presión (m H₂O)
- Simulacion Escenario 3 Incendio y Cambio de Ø Presión (m H₂O)



Cuadro 4 – 6 de diámetros y velocidades

Tubería	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
	Base	Base + Incendio	Incendio y Cambio de \varnothing	Base	Base + Incendio	Incendio y Cambio de \varnothing
	Diametro (pulg)	Diametro (pulg)	Diametro (pulg)	Velocidad m/seg	Velocidad m/seg	Velocidad m/seg
P-1	8	8	8	1.263	1.263	1.263
P-2	8	8	10	1.304	1.921	1.229
P-3	4	4	4	1.21	1.814	1.162
P-4	4	4	4	1.12	1.724	1.073
P-5	4	4	4	1.116	1.729	1.036
P-6	4	4	4	1.105	1.772	0.972
P-7	4	4	4	1.137	1.833	0.806
P-8	4	4	4	0.769	1.379	0.719
P-9	4	4	4	0.453	1.116	0.638
P-10	4	4	4	0.235	1.176	0.967
P-11	2	2	4	0.061	0.061	0.015
P-12	3	3	4	0.799	1.177	1.018
P-13	3	3	4	0.705	1.067	0.998
P-14	2	2	4	1.098	1.696	0.928
P-15	2	2	4	1.402	2.194	0.759
P-16	4	4	4	0.351	0.548	0.759
P-17	4	4	4	0.608	0.892	0.736
P-18	4	4	4	0.818	1.05	0.711
P-19	4	4	4	1.117	1.214	0.873
P-20	4	4	4	1.241	1.247	0.727
P-21	4	4	4	0.571	0.572	0.367
P-22	4	4	4	0.343	0.344	0.119
P-23	4	4	4	0.276	0.277	0.052
P-24	2	2	4	0.343	0.345	0.019
P-25	2	2	4	0.267	0.267	0.111
P-26	2	2	4	0.088	0.087	0.047
P-27	2	2	4	0.44	0.44	0.119
P-28	3	3	4	1.646	2.454	1.183
P-29	4	4	6	2.306	3.441	1.515
P-30	3	3	4	0.835	1.4	1.051
P-31	3	3	4	1.031	1.733	1.228
P-32	4	4	4	0.654	1.114	1.423
P-33	2	2	4	1.673	2.391	1.059



Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de agua Potable aplicando el Software Watercad en la localidad de Laredo.

P-34	2	2	4	0.672	1.065	0.659
P-35	2	2	4	1.279	1.734	0.607
P-36	2	2	4	0.86	1.329	0.905
P-37	2	2	4	0.171	0.292	0.499
P-38	2	2	4	0.868	1.106	0.541
P-39	2	2	4	0.816	0.598	0.53
P-40	2	2	4	0.956	0.895	0.495
P-41	2	2	4	0.597	0.587	0.348
P-42	2	2	4	0.41	0.4	0.301
P-43	2	2	4	0.962	0.942	0.755
P-44	2	2	4	0.65	0.64	0.434
P-45	2	2	4	0.183	0.18	0.146
P-46	2	2	4	0.183	0.18	0.146
P-47	2	2	4	0.156	0.155	0.074
P-48	4	4	4	0.125	0.191	0.788
P-49	2	2	4	0.511	0.838	0.534
P-50	2	2	4	0.405	0.666	0.507
P-51	6	6	6	1.668	2.506	2.286
P-52	4	4	4	1.712	2.683	1.5
P-53	4	4	4	1.488	2.382	1.21
P-54	4	4	4	1.381	2.296	1.402
P-55	4	4	4	1.174	2.226	1.103
P-56	4	4	4	0.964	1.814	0.75
P-57	4	4	4	0.937	1.787	0.723
P-58	4	4	4	0.583	1.176	0.871
P-59	2	2	4	2.071	2.386	0.574
P-60	2	2	4	1.375	1.573	0.533
P-61	2	2	4	1.008	1.048	0.511
P-62	2	2	4	0.78	0.769	0.511
P-63	4	4	4	0.58	0.584	0.27
P-64	4	4	4	0.38	0.384	0.061
P-65	4	4	4	0.176	0.18	0.136
P-66	2	2	4	0.134	0.148	0.266
P-67	2	2	4	0.313	0.302	0.322
P-68	2	2	4	0.215	0.209	0.225
P-69	2	2	4	0.059	0.054	0.151
P-70	2	2	4	0.093	0.094	0.013
P-71	2	2	4	0.571	0.572	0.129
P-72	2	2	4	0.265	0.266	0.053
P-73	2	2	4	0.153	0.15	0.141
P-74	2	2	4	0.071	0.074	0.081
P-75	2	2	4	0.139	0.135	0.151
P-76	2	2	4	0.166	0.162	0.177
P-77	2	2	4	0.141	0.138	0.134



Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de agua Potable aplicando el Software Watercad en la localidad de Laredo.

P-78	2	2	4	0.486	0.485	0.114
P-79	2	2	4	0.224	0.224	0.021
P-80	2	2	4	0.254	0.256	0.036
P-81	2	2	4	0.024	0.028	0.096
P-82	2	2	4	0.025	0.023	0.056
P-83	2	2	4	0.012	0.011	0.026
P-84	2	2	4	0.012	0.011	0.026
P-85	2	2	4	0.012	0.011	0.026
P-86	2	2	4	0.123	0.125	0.019
P-87	2	2	4	0.349	0.352	0.001
P-88	2	2	4	0.563	0.566	0.022
P-89	2	2	4	0.253	0.254	0.075
P-90	2	2	4	0.208	0.209	0.038
P-91	2	2	4	0.093	0.094	0.015
P-92	2	2	4	0.026	0.026	0.024
P-93	2	2	4	0.013	0.013	0.03
P-94	2	2	4	0.013	0.013	0.03
P-95	2	2	4	0.049	0.051	0.041
P-96	2	2	4	0.03	0.032	0.057
P-97	2	2	4	0.276	0.278	0.022
P-98	2	2	4	0.25	0.252	0.002
P-99	2	2	4	0.098	0.099	0.003
P-100	2	2	4	0.351	0.353	0.072
P-101	2	2	4	0.538	0.541	0.154
P-102	2	2	4	0.148	0.148	0.037
P-103	2	2	4	0.148	0.148	0.037
P-104	2	2	4	0.001	0.052	0.057
P-105	2	2	4	0.694	0.329	0.097
P-106	4	4	4	0.061	0.139	0.17
P-107	2	2	4	0.293	0.162	0.075
P-108	2	2	4	0.293	0.162	0.075
P-109	2	2	4	0.141	0.297	0.035
P-110	2	2	4	0.329	0.677	0.316
P-111	2	2	4	0.696	0.814	0.042
P-112	3	3	4	0.626	0.386	0.215
P-113	2	2	4	0.722	1.298	0.59
P-114	2	2	4	0.518	0.766	0.133
P-115	2	2	4	0.418	0.406	0.298
P-116	2	2	4	0.123	1.934	0.201
P-117	2	2	4	0.928	0.99	0.028
P-118	2	2	4	0.072	1.04	0.279
P-119	2	2	4	0.01	1.486	0.318
P-120	2	2	4	0.109	0.109	0.027
P-121	2	2	4	0.142	0.268	0.007



P-122	2	2	4	0.224	0.752	0.674
P-123	2	2	4	0.266	1.647	0.748
P-124	3	3	4	0.491	0.398	0.041
P-125	3	3	4	0.559	0.712	0.034
P-126	2	2	4	0.33	0.393	0.174
P-127	2	2	4	0.883	1.207	0.37
P-128	2	2	4	0.502	0.695	0.12
P-129	3	3	4	0.404	0.542	0.216
P-130	2	2	4	1.411	1.984	0.572
P-131	2	2	4	1.411	1.984	0.572
P-132	3	3	4	0.302	0.058	0.262
P-133	2	2	4	0.256	3.133	1.066
P-134	2	2	4	0.252	0.252	0.063
P-135	2	2	4	0.16	0.711	0.339
P-136	2	2	4	0.17	0.098	0.014
P-137	2	2	4	0.839	1.647	0.353
P-138	2	2	4	0.146	0.403	0.119
P-139	2	2	4	0.589	0.986	0.707
P-140	2	2	4	0.411	0.963	0.402
P-141	2	2	4	0.389	1.043	0.502
P-142	2	2	4	0.388	1.326	0.744
P-143	2	2	4	0.261	0.478	0.013
P-144	2	2	4	0.563	0.825	0.261
P-145	2	2	4	0.414	0.761	0.524
P-146	2	2	4	0.021	0.117	0.098
P-147	2	2	4	0.719	1.247	0.726
P-148	2	2	4	0.685	0.99	0.237
P-149	1	1	4	0.06	0.086	0.037
P-150	4	4	6	0.514	0.727	0.481
P-151	4	4	6	1.837	2.653	1.048
P-152	2	2	4	0.408	1.379	0.755
P-153	2	2	4	0.577	1.281	0.74
P-154	2	2	4	1.166	2.266	1.448
P-155	2	2	4	0.847	1.419	0.822
P-156	2	2	4	0.234	0.298	0.151
P-157	3	3	4	0.414	0.635	0.477
P-158	3	3	4	0.95	1.367	1.292
P-159	4	4	6	1.441	2.121	1.016
P-160	2	2	4	0.727	1.169	0.695
P-161	2	2	4	0.698	1.13	0.627
P-162	2	2	4	0.943	1.451	1.055
P-163	3	3	4	0.597	0.823	1.155
P-164	4	4	4	0.979	1.433	1.236
P-165	2	2	4	0.079	0.079	0.02



P-166	2	2	4	0.279	0.284	0.132
P-167	2	2	4	0.447	0.45	0.056
P-168	2	2	4	0.279	0.276	0.15
P-169	2	2	4	0.78	0.769	0.511
P-170	6	6	8	2.318	3.414	1.921



CAPITULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Con el modelamiento hidráulico se llegó a obtener en los nudos de la red, presiones que están entre 10 mca y 50 mca según lo permitido por el RNE. Lo que permite un buen funcionamiento en el diseño.
- Las velocidades obtenidas en la gran mayoría cumple con el RNE. Pero a pesar de que todas no cumplen el diseño si es adecuado para la demanda de la población.
- Se realizó la simulación de tres escenarios distintos llegando a la conclusión que para un mejor funcionamiento se tuvo que hacer cambio de diámetros en las tuberías en un 95% que ahora serán de 10", 8", 6" y la mayoría de 4".
- La topografía de la zona es generalmente llana.
- Con las simulaciones realizadas por el programa Watercad podemos decir que la red de distribución es confiable para su funcionamiento y mejora del servicio de agua potable en la localidad de Laredo.



5.2 Recomendaciones:

- Se recomienda escoger el escenario numero 3 (Incendio + Cambio de Ø) ya que este ha sido simulado para cuando ocurra un incendio en la zona sin afectar a la población en el desabastecimiento del agua.
- Se recomienda el uso del programa Watercad para diseñar redes de abastecimiento de agua potable ya que es muy confiable y seguro.
- Se recomienda siempre el uso del RNE para llegar a un diseño óptimo.
- Se recomienda en caso que las presiones no cumplan variar el diámetro de las tuberías y principalmente la línea que conecta el reservorio con la red.



CAPITULO VI

Referencias Bibliográficas

- Ing. Carlos Vidal Valenzuela, "Diseño y Modelacion de Sistemas de Distribucion de Agua con WaterCAD v8i"
- "Mejoramiento y ampliación del saneamiento básico del C.P positos del distrito de Morrope-Lambayeque" Bach. William Pastor Delgado, Bach Christian Leonardo Vigil.
- AROCHA, Simón (1978). "Abastecimiento de agua. Teoría y diseño". Primera Edición. Ediciones Vega s.r.l. Caracas, Venezuela.
- Mejoramiento de agua potable de la junta vecinal Jose de San Martin
- GONZÁLEZ, Luís. (2002) "Metodología para Diseñar y Evaluar Redes de Distribución de Agua Potable (Acueductos)". Segunda Edición. Editorial UDO. Barcelona, Venezuela.
- Expediente Técnico: Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Saneamiento en la Localidad de Laredo 2013

ANEXOS VIII

Vista panorámica Punto Geodésico PG-L1, ubicado en la rotonda donde se erige el monumento a Jesús en la plaza de armas de Laredo Trujillo.

Figura 8-1: Punto PG-L1



Fuente: Municipalidad de Laredo

Vista panorámica Punto Geodésico PG-L2, ubicado en el cruce entre las calles Santiago de Chuco y Salaverry – Laredo – Trujillo.

Figura 8-2: Punto PG-L2



Fuente: Municipalidad de Laredo



Vista panorámica Punto Geodésico PG-L3, ubicado en el lado derecho de trocha carrozable cruce vía hacia Laredo con vía hacia Galindo – Laredo – Trujillo.

Figura 8-3: Punto PG-L3



Fuente: Municipalidad de Laredo



Vista panorámica Punto Geodésico PG-L4, ubicado sobre un reservorio en el pueblo Galindo, – Laredo – Trujillo.

Figura 8-4: Punto PG-L4



Fuente: Municipalidad de Laredo



Planos VII