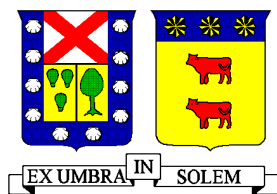


UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAISO - CHILE



USO Y APLICACIÓN DE SOFTWARE PARA MEJORAR LA EFICIENCIA
EN EL DISEÑO DE PROYECTOS DE REDES DE AGUA POTABLE DOMICILIARIA.

NICOLAS ANTONIO CARRASCO ARAVENA

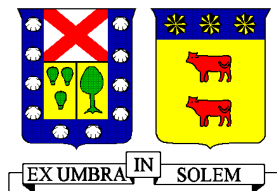
Memoria para optar al Título de
CONSTRUCTOR CIVIL

Profesor Guía

DANIEL RADRIGAN VALENCIA

Septiembre de 2019

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAISO – CHILE



USO Y APLICACIÓN DE SOFTWARE PARA MEJORAR LA EFICIENCIA
EN EL DISEÑO DE PROYECTOS DE REDES DE AGUA POTABLE DOMICILIARIA.

Memoria de titulación presentado por
NICOLAS ANTONIO CARRASCO ARAVENA

Como requisito parcial para optar al título de
CONSTRUCTOR CIVIL

Profesor Guía

DANIEL RADRIGAN VALENCIA

Septiembre de 2019

*Con amor para mi familia y mi hijo;
motores de mi inspiración...*

RESUMEN

En la siguiente investigación, se describe el estudio a las pruebas realizadas para analizar la eficiencia de un programa computacional (Software), cuyo nombre es Plumber, en su tercera versión, en contraste con los métodos empleados tradicionalmente por los proyectistas sanitarios, esto con el objetivo de mejorar el proceso de diseño de una red de agua potable domiciliaria.

Por otra parte, los objetivos son variados, sin embargo, se basan principalmente en la inserción de nuevas tecnologías y procedimientos dedicados al diseño. Junto con esto, para demostrar los resultados que se esperan, se realizarán comparaciones entre los métodos clásicos de análisis, diseño y los procedimientos que se proponen en la presente memoria de título.

Los objetivos específicos que se intentan obtener son tanto, cualitativos como cuantitativos, en los cuales el lector apreciará los resultados que se obtengan del estudio del tema a desarrollar.

Respecto a las conclusiones a obtener, se pretende que tengan directa concordancia con las pruebas realizadas; respondiendo correctamente a las expectativas anheladas de un profesional comprometido con la investigación en el área de la construcción.

Como método de trabajo, se opta por realizar un parangón entre las formas de abordar un proyecto sanitario; realizando el mismo diseño en igualdad de condiciones. Lo anterior, con el propósito de que las pruebas sean equitativas en cuanto a la forma de resolver el problema y que las diferencias producidas sean producto de la investigación propiamente tal.

Finalmente, esta memoria espera ser un real aporte al estudio general de proyectos de agua potable, entregando herramientas prácticas y aplicables a las visiones modernas y actualizadas al momento de enfrentar problemáticas de diversos niveles de dificultad en el rubro de la construcción.

ABSTRACT

In the following investigation, the study is described to the tests carried out to analyze the efficiency of a computer program (Software), whose name is Plumber, in its third version, in contrast to the methods traditionally used by the sanitary designers, this with the purpose of improving the design process of a home plumbing system.

On the other hand, the objectives are varied, however, they are mainly based on the insertion of new technologies and new procedures dedicated to design. Along with this, to demonstrate the expected results, comparisons will be made between the classical methods of analysis and design and the procedures proposed in this title.

The specific objectives that are intended to be obtained are both qualitative and quantitative, in which the reader will appreciate the results obtained from the study of the topic to be developed.

Regarding the conclusions to be obtained, they are intended to have direct agreement with the tests performed; responding correctly to the desired expectations of a professional committed to research in the area of construction.

As a working method, we choose to make a parallel between the ways of approaching a plumbing project; performing the same design on equal terms. The foregoing, with the purpose that the evidence be equitable as to how to solve the problem and that the differences produced are the product of the investigation itself.

Finally, this report expects to be a real contribution to the general study of drinking water projects, delivering practical and applicable tools to modern and updated visions when facing problems of various levels of difficulty in the construction sector.

GLOSARIO

Tramo: Corresponde a un segmento de la instalación, el cual tiene características tales como fittings, accesorios, artefactos, un diámetro definido de conducto y un largo propiamente tal.

Caudal: Cantidad de fluido por unidad de tiempo que transita por un tramo.

Longitud real: Largo de la sección en estudio, medido por las cotas señaladas en los planos.

Longitud equivalente: Longitud estimada de la tubería que representa, para los efectos del cálculo, las pérdidas de carga singulares, es decir, aquellas ocasionadas por piezas y accesorios de unión.

Caudal máximo instalado (Q_i): Suma de los caudales asignados a los artefactos sanitarios que se incluyen en el proyecto de instalación de agua potable de un inmueble.

Caudal máximo probable (QMP): Concepto probabilístico mediante el cual se cuantifica el máximo caudal con el que se deben diseñar las instalaciones de agua potable de inmuebles que tienen una determinada característica de consumo.

Pérdida de carga: Disminución de la energía que lleva un fluido producto del roce con las paredes de la tubería o por los accesorios dispuestos en dos tramos.

Diferencia de cota: Diferencia de nivel entre las diferentes secciones del tramo.

INDICE

Tabla de contenido

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN	11
1.1 Objetivo general	12
1.2 Objetivos específicos	12
1.3 Antecedentes que motivaron el estudio.....	13
1.4 Enfoque empleado.....	14
1.5 Herramientas utilizadas	14
1.6 Alcances y proyecciones	15
Capítulo 2: MARCO TEÓRICO	16
2.1 Introducción al marco teórico	17
2.2 Conceptos y definiciones	17
2.3 Métodos de cálculo	19
2.3.1 Método de Hunter o de Caudal máximo probable	19
2.4 Pérdidas de carga.....	22
2.4.1 Pérdidas de carga en tuberías	23
2.4.2 Pérdida de carga por accesorios y piezas especiales	27
Capítulo 3: ESTADO DEL ARTE	31
3.1 Normativa vigente.....	32
3.2 Formas actuales de cálculo.....	33
3.3 Algoritmo de cálculo tradicional.....	35
3.4 Programas computacionales utilizados actualmente	38
3.4.1 Microsoft Excel.....	38
3.4.2 AutoCAD	39
Capítulo 4: SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA PRESENTADA.....	40
4.1 Presentación de la solución	41
4.2 Características del software.....	42
4.3 ¿Cómo diseñar una instalación de agua potable con Plumber?.....	45
Capítulo 5: ENSAYOS Y PRUEBAS.....	57
5.1 Caso 1: Vivienda unifamiliar	58
5.1.1 Diseño de red de agua potable utilizando Plumber.	58
5.1.2 Diseño de red de agua potable utilizando Excel/AutoCAD.	68
5.1.3 Análisis de la información.....	74

5.2	Oficinas de industria	74
5.2.1	Tiempo de diseño usando Plumber	74
5.2.2	Diseño utilizando Excel/AutoCAD	101
Capítulo 6: CONCLUSIONES		116

Img. 1:	Modelo de propulsor cavitando en un túnel de agua	19
Img. 2:	Portada de "Methods of Estimating Loads in Plumbing Systems"	20
Img. 3:	Nomograma de Hazen-Williams	26
Img. 4:	Tabla de cálculo.....	33
Img. 5:	Tabla de cálculo de red de agua potable fría	38
Img. 6:	Plano de agua potable dibujado en AutoCAD	39
Img. 7:	Logo corporativo HidraSoftware	41
Img. 8:	Logotipo PLUMBER 3.0.....	41
Img. 9:	Cálculo de nodos y tuberías	42
Img. 10:	Ambiente de trabajo.....	43
Img. 11:	Lista de materiales y cantidades	44
Img. 12:	Ejemplo de vista isométrica.....	44
Img. 13:	Esquema en planta de instalación	45
Img. 14:	Administrador de piezas sanitarias	47
Img. 15:	Administrador de diámetros de tuberías	48
Img. 16:	Comando de creación de nueva instalación.....	48
Img. 17:	Cuadro "Nueva instalación"	49
Img. 18:	Cuadro "Datos en nodo"	49
Img. 19:	Cuadro "Datos en nodo"	50
Img. 20:	Tabla de Nodos	50
Img. 21:	Comando "Nueva tubería"	51
Img. 22:	Cálculo de la Instalación.....	52
Img. 23:	Tabla de Tuberías	53
Img. 24:	Tabla de Nodos.....	54
Img. 25:	Tabla "Cálculo de diámetros en tuberías".....	55
Img. 26:	Tabla:"Cálculo de Longitudes equivalentes en tramos de tuberías"	55
Img. 27:	Tabla: "Lista de materiales"	56
Img. 28:	Planta de arquitectura	59
Img. 29:	Diseño de instalación agua potable fría	60
Img. 30:	Diseño de instalación de agua potable caliente	61
Img. 31:	Vista en isométrico de instalación de agua potable fría.....	62
Img. 32:	Vista en isométrico de instalación de agua potable caliente.....	63
Img. 33:	Presiones y pérdidas red de agua potable fría.....	64
Img. 34:	Gasto probable, diámetro nominal y velocidad red AP fría.....	64
Img. 35:	Lista de materiales red de agua potable fría	65
Img. 36:	Presión de salida del agua fría	65
Img. 37:	Presiones y pérdidas red de agua potable caliente	66
Img. 38:	Gasto probable, diámetro nominal y velocidad red AP caliente.....	66
Img. 39:	Lista de materiales red de agua potable caliente.....	67
Img. 40:	Presión de salida del agua caliente	67
Img. 41:	Planta de instalación de agua potable fría utilizando AutoCAD	69
Img. 42:	Visto en isométrico de instalación de agua potable usando AutoCAD	70
Img. 43:	Planta de agua potable caliente usando AutoCAD	71

Img. 44: Vista en isométrico de instalación de agua potable caliente usando AutoCAD	72
Img. 45: Cálculos red de agua potable fría.....	73
Img. 46: Cálculos red de agua potable caliente.....	73
Img. 47: Oficinas Andinexia - Planta alta	75
Img. 48: Oficinas Andinexia - Planta baja	76
Img. 49: Instalación de agua potable fría (Plumber) - planta alta oficinas Andinexia	77
Img. 50: Instalación de agua potable fría (Plumber) – planta alta oficinas Andinexia	78
Img. 51: Instalación de agua potable fría (Plumber) – planta alta oficinas Andinexia	79
Img. 52: Instalación agua potable fría (Plumber) – planta alta oficinas Andinexia	80
Img. 53: Instalación agua potable fría (Plumber) – planta baja oficinas Andinexia	80
Img. 54: Vista en isométrico (Plumber) - red de agua potable fría – planta alta oficinas Andinexia	81
Img. 55: Vista en isométrico(Plumber) – red de agua potable fría – planta alta oficinas Andinexia	82
Img. 56: Vista en isométrico (Plumber) - red de agua potable fría – planta alta oficinas Andinexia	83
Img. 57: Vista en isométrico (Plumber) - red de agua potable fría - planta baja oficinas Andinexia	84
Img. 58: Presiones de salida de artefactos planta alta oficinas Andinexia	85
Img. 59: Diámetros, caudales y presiones en nodos - agua potable fría planta alta oficinas Andinexia	86
Img. 60: Caudales, diámetros y velocidades - red de agua potable fría planta alta oficinas Andinexia	87
Img. 61: Diámetros y longitudes equivalentes - red de agua potable fría planta alta oficinas Andinexia	88
Img. 62: Cantidades de materiales - red de agua potable fría planta alta oficinas Andinexia.....	89
Img. 63: Presiones de salida de artefactos - red de agua potable fría planta baja oficinas Andinexia	89
Img. 64: Diámetros, caudales y presiones en nodo - red de agua potable fría planta baja oficinas Andinexia	90
Img. 65: Caudales y velocidades - red de agua potable fría planta baja oficinas Andinexia	90
Img. 66: Diámetros y longitudes equivalentes - red de agua potable fría planta baja oficinas Andinexia	90
Img. 67: Cantidades de materiales - red de agua potable fría planta baja oficinas Andinexia.....	91
Img. 68: Red de agua potable caliente - planta baja oficinas Andinexia.....	91
Img. 69: Red de agua potable caliente - planta alta oficinas Andinexia	92
Img. 70: Red de agua potable caliente - planta alta oficinas Andinexia	93
Img. 71: Vista en isométrico - red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia.....	94
Img. 72: Vista en isométrico - red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia.....	95
Img. 73: Vista en isométrico - red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia.....	96
Img. 74: Presiones de salida en los artefactos - red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia	96
Img. 75: Diámetros, caudales, pérdidas y presiones - red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia.....	97
Img. 76: Caudales y velocidades - red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia	97
Img. 77: Longitudes equivalentes - red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia....	97
Img. 78: Cantidades de materiales - red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia...	98
Img. 79: Presiones en los artefactos - red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia..	98
Img. 80: Diámetros, caudales, pérdidas y presiones - red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia.....	99
Img. 81: Caudales, diámetros y velocidades - red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia	99
Img. 82: Longitudes equivalentes - red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia.....	99
Img. 83: Cantidades de materiales - red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia..	100
Img. 84: Vista en planta (AutoCAD) - red de agua potable fría planta alta oficinas Andinexia.....	101

Img. 85: Vista en planta (AutoCAD) - red de agua potable fría planta alta Oficinas Andinexia....	102
Img. 86: Vista en planta (AutoCAD) - Red de agua potable fría planta alta oficinas Andinexia ...	103
Img. 87: Vista en isométrico (AutoCAD) - Red de agua potable fría planta alta oficinas Andinexia	104
Img. 88: Vista en isométrico - Red de agua potable fría planta alta oficinas Andinexia	105
Img. 89: Vista en isométrico (AutoCAD) - Red de agua potable fría planta alta oficinas Andinexia	106
Img. 90: Vista en planta (AutoCAD) - red de agua potable fría planta baja oficinas Andinexia....	107
Img. 91: Tabla de cálculo (Excel) - Red de agua potable fría oficinas Andinexia.....	109
Img. 92: Tabla de cálculo (Excel) - Red de agua potable fría oficinas Andinexia.....	110
Img. 93: Vista en planta (AutoCAD) - Red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia	111
Img. 94: Vista en isométrico (AutoCAD) - Red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia	111
Img. 95: Vista en planta (AutoCAD) - Red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia	112
Img. 96: Vista en planta (AutoCAD) - Red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia	112
Img. 97: Vista en isométrico (AutoCAD) - Red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia	113
Img. 98: Vista en isométrico (AutoCAD) - Red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia	113
Img. 99: Tabla de cálculos (Excel) - Red de agua potable caliente oficinas Andinexia	114

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo, se da a conocer el tema a estudiar, así como también, se presenta la situación actual, se exponen antecedentes generales relevantes, como los objetivos, herramientas utilizadas, enfoque, entre otros aspectos de importancia.

1.1 Objetivo general

El objetivo general del presente trabajo de título consiste en mejorar el proceso de diseño de una red de agua potable domiciliaria, con el propósito de realizar el trabajo de manera más eficiente, facilitando de esta manera el quehacer del profesional proyectista.

Para ello, se propone como herramienta de mejora la implementación del programa *Plumber*, el cual conforme a información de la compañía proveedora Hidrasoftware, disminuye considerablemente el tiempo empleado en diseñar una red, facilitando un conjunto de tareas específicas. A partir de esto, se realiza una comparación entre lo comúnmente realizado por proyectistas, que consiste en dibujar en AutoCAD, calcular con Excel y la propuesta de Hidrasoftware para determinar tanto de forma cuantitativa como cualitativa las diferencias existentes. Para ello, se realizará el análisis de los aspectos más determinantes que caracterizan cada procedimiento y se compararán con la finalidad de obtener resultados concretos que exhiban las diferencias entre cada uno y permitan de esta manera al lector tener una referencia respecto a que herramienta es más conveniente utilizar al momento de proyectar una instalación de agua potable.

1.2 Objetivos específicos

- **Disminución de tiempo de trabajo:** Conceptualmente, eficiencia se entiende como realizar óptimamente una labor, pero en un tiempo menor, por lo que, en ese sentido, se desprende que este trabajo apunta a obtener valores de cálculo similares, pero empleando menos recursos, principalmente tiempo.
- **Establecer diferencias:** Se pretende establecer diferencias de tipo cualitativas y cuantitativas entre las metodologías de trabajo mencionadas anteriormente, con el propósito de mostrar con información concisa que camino es mejor al momento de abordar un proyecto
- **Existencia de herramientas:** Demostrar que existen formas más eficientes para diseñar una red de agua potable, en contraste con lo realizado comúnmente por los proyectistas.
- **Verificación de resultados:** Corroborar de manera certera, mediante la comparación de resultados, la eficiencia de la propuesta que hace *Plumber*.
- **Analizar aplicabilidad:** Uno de los factores más relevantes a estudiar es comprobar la aplicación del software a proyectos habitacionales, ya que, si no es factible proyectar una red de agua potable, menos se podría proponer como herramienta de mejora al proceso de diseño.
- **Conocimiento general:** Se pretende dar a conocer una herramienta que no ha sido masificada en Chile, a través del presente proyecto de título

1.3 Antecedentes que motivaron el estudio

Los factores que instaron a evaluar nuevas formas de diseño de proyectos de agua potable son varios y todos con incidencia en la problemática a solucionar. Por este motivo, a continuación, se explican cada uno de ellos.

- **Falta de herramientas computacionales:** Un factor fundamental en el diseño de instalaciones, ya sea de cualquier tipo o especialidad, es la posibilidad de acceder a programas computacionales que optimicen el tiempo, organizando la información, disminuyendo la cantidad de cálculos repetitivos e iterativos. Por tal motivo, dado que actualmente existen pocas opciones de trabajar con programas para proyectos de agua potable, apenas existe una opción conocida en el mercado, esta debe ser estudiada y evaluada con la finalidad de saber si favorece o no el trabajo del proyectista.
- **Ahorro de horas de trabajo:** Es sabido, que un proyectista sanitario debe pasar una gran cantidad de horas frente a un computador, haciendo todos los preparativos para preparar un proyecto de agua potable y/o alcantarillado. Este tiempo, eleva los costos de horas de trabajo e impide poder realizar otras actividades iguales o más productivas, en vez de estar dibujando y calculando la instalación.
- **Vanguardia tecnológica:** Con el paso del tiempo, avanza la tecnología y por lo mismo, surgen nuevas formas de hacer las cosas, de manera más productiva y eficiente. Es deber de un profesional mantenerse con los conocimientos actualizados respecto a los métodos para abordar una problemática determinada, ya que constantemente las formas de enfrentar los procedimientos de cálculos quedan obsoletos o bien son cambiados.
- **Motivación económica:** Dado que el objetivo de una empresa y un profesional es principalmente percibir una remuneración económica a través de un proyecto realizado, se considera como una motivación importante el aumentar las ganancias por el trabajo a través del uso de nuevas tecnologías que aporten en todo sentido a las ganancias que se obtengan por el desarrollo del diseño de una red de agua potable.
- **Gestión de Información:** Cabe destacar que la gran cantidad de archivos, planos, tablas, cálculos entre otros, producen que el diseño de un proyecto sea un proceso tedioso, largo y complejo. Por esto, para un profesional resulta atractiva la posibilidad de tener una herramienta que permita un correcto y fluido manejo de toda la información para agilizar el trabajo.

1.4 Enfoque empleado

Para este trabajo, el enfoque que se emplea es cuantitativo, en el cual se miden a ciencia cierta factores y características de los elementos en cuestión. Sin embargo, también se deben destacar parámetros que no son medibles en su totalidad y que destacan la cualidad de cada procedimiento. Por lo tanto, si bien es cierto, se exponen datos concretos acerca del estudio realizado, también se hará mención a la experiencia en ambos casos, con la finalidad de entregar un testimonio fehaciente respecto a lo mencionado anteriormente.

Para explicar la hipótesis, se hará uso de mediciones que se obtengan a partir del propio uso del software, los cuales serán expuestos al detalle para demostrar con datos concretos los objetivos de este trabajo. Junto con esto, se recopilará información respecto a los factores que tienen más incidencia y que surgen comúnmente cuando un proyectista diseña y calcula una instalación de agua potable.

En el mismo sentido, cabe destacar que este es un proceso rígido, ya que al tener base de cálculos y utilizar elementos matemáticos y estadísticos, permite al profesional percatarse de las diferencias inmediatamente una vez que se ha realizado el mismo trabajo pero con diferentes herramientas de trabajo. Pero, por otra parte, es necesario mencionar que depende de la elección de cada proyectista el uso una u otra forma de desarrollar el diseño de un proyecto.

Por lo tanto, esta memoria de título presenta datos exactos que diferencian cada procedimiento y también, en cierta medida, presenta una mirada levemente cualitativa respecto al tema investigado.

Se considera necesario hacer mención a dos factores referentes al enfoque utilizado para el desarrollo de este trabajo, los cuales se explican a continuación:

- **Exactitud de la información:** Cabe destacar que los datos con los cuales se comprobará la hipótesis son totalmente cuantificables, por lo tanto, no cabe duda de que el resultado una vez que es corroborado, es confiable y por lo mismo permite al profesional tomar una elección certera conforme al diseño que necesita realizar.
- **Riqueza interpretativa:** Puesto que no existen datos matemáticos que demuestren la veracidad de la hipótesis, la interpretación de los resultados sólo se puede obtener a partir de la opinión de cada proyectista, sin embargo, es posible demostrar a partir de datos concretos el objetivo del presente trabajo quedando a criterio de cada profesional la decisión de emplear o no la herramienta computacional propuesta.

1.5 Herramientas utilizadas

Para el desarrollo de esta memoria, se considera necesario mencionar el uso de programas computacionales especializados, los cuales contribuyen de manera diferente al desarrollo de cada proyecto sanitario. A continuación, se mencionan los programas más utilizados para diseñar y proyectar una instalación, así como también, se menciona la herramienta que se propone utilizar como innovación tecnológica.

- **Microsoft Excel:** Esta herramienta permite calcular automáticamente datos, tablas, editar texto entre otros, facilitando enormemente el proceso de cálculo de cualquier conjunto de información. Para ello, el programa utiliza valores numéricos y alfanuméricos para procesar los valores ingresados, entregando resultados exactos conforme a lo solicitado por cada usuario. Sin embargo, dentro de sus limitaciones, se puede mencionar que tiene un gran número de comandos, los cuales constantemente se pueden alterar, entregando cómputos ilógicos si es que no se ingresa correctamente la instrucción correcta.
- **AutoCAD:** Este programa, facilita considerablemente el dibujo de cualquier elemento, dado que asiste automáticamente el trabajo, siendo una de las plataformas más utilizadas actualmente por los profesionales de ingeniería, ya que su nivel de exactitud es altísimo. Por otra parte, automatiza en cierta parte el proceso de modelamiento por lo que ahorra considerablemente tiempo y esfuerzo dedicado a la proyección de cualquier elemento a un soporte físico como el papel.
- **Plumber 3.0:** Cabe destacar que para objetos de esta memoria, esta herramienta toma principal importancia, ya que pretende reemplazar los procesos hechos por los dos programas mencionados anteriormente. Plumber, se presenta de manera amigable al usuario, con comandos sencillos y una interfaz gráfica cómoda que permiten trabajar con rapidez y eficiencia logrando resultados en poco tiempo. Junto con esto, entrega una base de datos del análisis de una red proyectada, para saber si la instalación se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la autoridad competente.

1.6 Alcances y proyecciones

Los alcances de este trabajo se limitan principalmente a un área de estudio, la cual tiene mucha incidencia para un Constructor Civil o un Ingeniero Civil. Estas áreas son dos: la primera es la referente a las **Instalaciones Sanitarias**, mientras que la segunda área es la referente al área de **Propuestas y Licitaciones**. Estos dos tópicos, se ven fuertemente influenciados por el desarrollo de este tema, dado que presenta una forma innovadora de optimizar el proceso productivo y ahorrar una gran cantidad de horas de trabajo. En cuanto al primer tópico, se puede decir que marca un precedente en esta materia, ya que presenta una solución acorde a lo requerido por los proyectistas actuales. Mientras que respecto al segundo tema, colabora considerablemente, ya que al igual que otras plataformas computacionales, evita contabilizar manualmente los componentes de cada elemento, disminuyendo el porcentaje de error en el proceso, las horas de trabajo del profesional y mejorando el servicio entregado.

En cuanto a las proyecciones de este trabajo, se propone extender el uso de plataformas computacionales para estudiar no solo proyectos de agua potable, sino que también de alcantarillado, drenajes entre otros. Pero, por otra parte, también se propone no solamente limitarse al estudio hidráulico, ya que también otras áreas de trabajo y estudio también pueden ser mejoradas y optimizadas para sacar más provecho al tiempo de desempeño de labores. Tal es el ejemplo que da el software Revit, el cual permite al igual que Plumber diseñar y ubicar entre otras funcionalidades, mejorando considerablemente la calidad en lo que a diseño, construcción y mantención de un proyecto determinado respecta.

Capítulo 2:

MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se presentan las herramientas matemáticas, formas de cálculo y procedimientos necesarios que se utilizan en la actualidad para calcular redes de agua potable en edificaciones, junto con la normativa correspondiente que rige el estudio de cada caso propiamente tal.

2.1 Introducción al marco teórico

En el presente informe, esta sección corresponde a todos los conceptos y definiciones involucrados el cálculo de todos los parámetros y factores influyentes en el estudio de una determinada red. A continuación, se presentan los conceptos generales, particulares y se definen desde su raíz con la finalidad de entender el comportamiento de un flujo de agua al interior de una tubería. La metodología de exposición es a partir de la definición de conceptos los cuales tienen directa relación con el contenido a estudiar.

2.2 Conceptos y definiciones

- **Presión:** Conforme a lo que dice el libro “Curso de Hidráulica” de Francisco Javier Domínguez, define este concepto de la siguiente forma: “Si dentro de un fluido concebimos una superficie plana de dimensiones pequeñísimas, ésta cortara las líneas de acción de un inmenso número de fuerzas moleculares: atracciones mutuas de los puntos materiales situados a ambos lados del elemento plano, a distancias imperceptibles. Como este elemento es de pequeñas dimensiones, podemos despreciar las variaciones de las condiciones físicas en su extensión. Por lo tanto, la resultante de las acciones moleculares que obran a través de él, es proporcional a su superficie y tiene una dirección y un sentido determinado. Se llama **presión** a la razón entre la resultante de las acciones moleculares que se ejercitan a través del elemento plano y el área de él, Domínguez (1945)

Este concepto es fundamental para entender el comportamiento de cualquier fluido al interior de una instalación de agua potable, por lo que recurrentemente se debe priorizar la base de cálculo en función de tener valores que acrediten el óptimo funcionamiento de cada artefacto. Se considera necesario establecer la unidad de medida para las presiones obtenidas en cada caso, a continuación, se define la unidad de medida más frecuentemente utilizada, que es el “Metro de columna de agua” o m.c.a.

- **Metro de Columna de agua [mca]:** Esta unidad se usa tradicionalmente, ya que permite mostrar de manera más gráfica y con un enfoque técnico, las diferencias de presiones ejercidas a distintas cotas. Streeter define de la manera siguiente el concepto. “Cuando la presión se expresa por la altura de una columna de líquido, se requiere a la fuerza por unidad de área en la base de una columna de líquido y de la altura dadas” (Streeter, 1970). Del mismo modo señala que la variación de presión con la altura en un líquido viene dada por la ecuación:

$$p = \gamma h$$

En que:

p = Presión en [mca]

γ = Peso específico del fluido

h = Altura de una columna fluida de peso

Junto con la definición anterior, surgen nuevos términos y conceptos los cuales se considera fundamentales definir, para entender la base de cálculo de cualquier instalación, entre ellos se puede mencionar el caudal, el gasto o caudal instalado (Q_i),

- **Caudal:** Es fundamental, saber acerca de este concepto, ya que es uno de los mejores cuantificadores acerca del comportamiento de un fluido. Domínguez (1945) afirma: “Es el volumen líquido que pasa por una sección en la unidad de tiempo. Definiéndolo en forma analítica para abarcar corrientes impermanentes, diremos que es la razón entre el volumen elemental que pasa y el tiempo elemental que demora en escurrir”. (p.38), por lo tanto, a partir de este concepto, propone la siguiente definición.:

$$Q = \frac{dV}{dt}$$

Donde:

Q = Caudal de un fluido.

dV = Diferencial de volumen

dt = Diferencial de tiempo

Es necesario definir, para los objetivos de esta investigación, el concepto de **caudal o gasto instalado**, ya que en el uso del Software y el cálculo en general, es uno de los parámetros principales para el diseño de una instalación.

- **Gasto instalado:** Este concepto corresponde a la suma de los caudales de cada artefacto de una instalación de agua potable, para esto, se debe contabilizar cuidadosamente cada artefacto y cada tipo, asociando mediante una tabla establecida por la normativa de cada país el gasto para consumo por unidad de tiempo de cada elemento. En este caso, la norma que establece los valores de caudal instalado para cada artefacto en nuestro país es la NCh2485.Of2000, en el anexo A.

- **Caudal máximo probable:** Según el RIDAA, corresponde a “Concepto probabilístico mediante el cual se cuantifica el máximo caudal con el que deben diseñarse las instalaciones de agua potable de inmuebles que tienen una determinada característica de consumo”. Este término fue establecido por el Dr. Roy B. Hunter, en su publicación “Methods of estimating load in plumbing systems”, en el año 1924, en Estados Unidos. La expresión para el cálculo es la siguiente:

$$QMP = 1.7391Q_i^{0.6891}$$

Donde:

QMP = Caudal máximo probable, en [lts/min]

Q_i = Caudal instalado, en [lts/min]

- **Cavitación:** Conforme a lo expresado por Martín (2011), se define este fenómeno de la siguiente manera: “(...) formación de cavidades en el líquido en movimiento llenas de vapor. Se produce cuando la presión en algún lugar del fluido se hace menor que la presión de vapor saturante del líquido, es decir la presión que corresponde a la ebullición del líquido a una temperatura dada”.

Img. 1: Modelo de propulsor cavitando en un túnel de agua



Fuente: Armada de Estados Unidos

- **Pérdida de Carga:** Este fenómeno es determinante en cuanto al diseño de instalaciones de agua potable respecta, ya que su cuantificación puede indicar si un proyecto es viable o no. Streeter (1970), lo define como “las disminuciones de la cota de la línea de alturas totales”. (p.140)

2.3 Métodos de cálculo

A continuación, se explica el fundamento y la base de los cálculos actualmente utilizados para estudiar una red de agua potable, así como también se estudian los métodos utilizados por el programa Plumber. Se considera importante este análisis, ya que muestra claramente el origen de los procedimientos que son empleados por los proyectistas sanitarios.

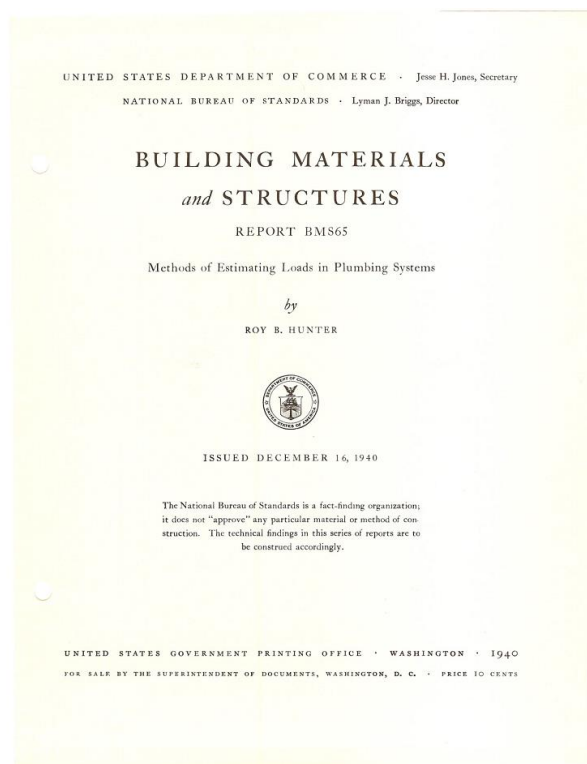
2.3.1 Método de Hunter o de Caudal máximo probable

2.3.1.1 Breve reseña del método de Hunter

En instalaciones sanitarias, el procedimiento utilizado es de tipo probabilístico conocido como método de Hunter, en honor al doctor Roy Hunter, quien en el año 1924, desarrollo e introdujo su método, llamado "Methods of estimating load in plumbing systems", el cual, fue publicado en el año 1940 por la Oficina nacional de normas del Departamento de Comercio de los Estados Unidos. Esta publicación es la primera aplicación de teorías probabilísticas, con el objetivo de determinar los caudales probables en instalaciones sanitarias e hidráulicas. A pesar de que, a la fecha, los artefactos sanitarios y las griferías han

cambiado considerablemente con el propósito de disminuir considerablemente el consumo de agua, el método empleado y propuesto por el Dr. Hunter es preciso, válido y se encuentra totalmente vigente, siendo aceptado por la mayoría de los profesionales de Estados Unidos y Latinoamérica.

Img. 2: Portada de "Methods of Estimating Loads in Plumbing Systems"



Fuente: National Bureau of Standards, United States Department of Commerce

2.3.1.2 Explicación método de Hunter

En primera instancia, para dimensionar una tubería se debe tener en consideración que no todos los artefactos instalados funcionan al mismo tiempo, por tal motivo es necesario distinguir varios tipos de caudal.

El método tiene como intención evaluar el caudal máximo probable y se funda en la idea de que únicamente solo unos pocos aparatos de la totalidad de ellos, operarán simultáneamente en un instante determinado. El efecto que produce cada artefacto que constituye una red de elementos de características similares, se encuentra en función de los siguientes parámetros conforme a los establecido por Castro, Garzón y Ortiz (2006) en su publicación: “Aplicación de los métodos para el cálculo de caudales máximos probables instantáneos, en edificaciones de diferente tipo.”:

- Caudal del aparato, o sea la rata de flujo que deja pasar el servicio (q)
- Frecuencia de uso: tiempo entre usos sucesivos (T)
- Duración de uso: tiempo que el agua fluye para atender la demanda del aparato (t)

Este método puede ser aplicado a instalaciones con muchos artefactos, ya que el caudal de diseño toma tal valor, que tiene cierta probabilidad de no ser superado.

Conforme a lo establecido por Hunter (1940), se tiene en funcionamiento satisfactorio cuando las tuberías están proporcionadas para suministrar la carga de demanda para el número m del total de n aparatos del edificio, de tal forma que no más de m serán encontrados en uso simultáneo por más del 1% del tiempo.

Por lo tanto, si se tiene una red de n aparatos, una cantidad m de ellos que esté funcionando al mismo tiempo por más del 1% del tiempo, se puede expresar de la forma:

$$P_0 + P_1 + P_2 + \dots + P_{m-1} + P_m = 0.99$$

Donde P es la probabilidad de no encontrar ningún artefacto en uso. A partir de la definición anterior, los términos faltantes de la serie son:

$$P = \sum_{r=m}^n \binom{n}{r} (1-p)^{n-r}, \quad p^r \leq 0.01$$

Expresión que corresponde a la obtenida a partir de las tablas de distribución binomial de probabilidades, con la salvedad que el término $(1-p)$ sustituye al término q de las tablas.

Por otra parte, el caudal de diseño se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q_{\text{diseño}} = m \times q = 1.7391 Q_i^{0.6891}$$

Donde q corresponde al caudal medio con que opera uno de los aparatos supuestos.

Hunter en su estudio, planteó la manera de aplicar el método a redes con artefactos de diferente tipo, para lo cual, asignó una ponderación o influencia del artefacto respecto al resto de los mismos. De este modo, el número que identifica un artefacto se obtiene a partir del cociente entre el número de fluxómetros el número de aparatos de otro tipo, multiplicado por las unidades asignadas al fluxómetro, es decir:

$$\text{Unidades para un aparato} = \frac{\text{Nº de fluxómetros}}{\text{Nº de aparatos de otro tipo}} \times \text{Unidades asignadas al fluxómetro}$$

Este fundamento teórico, permite obtener el caudal con el cual operan los artefactos sanitarios, de acuerdo con el Anexo A, de la NCh2485, son los siguientes para agua fría y para agua caliente.

Tabla 1: Caudal mínimo instalado en artefactos sanitarios

Tipo de artefacto	Gasto [L/min]	
	Agua fría	Agua caliente
Inodoro corriente	10	
Inodoro con válvula automática	Especif. del fabric.	
Baño lluvia	10	10
Tina	15	15
Lavatorio	8	8
Bidé	6	6
Urinario corriente	6	
Urinario con válvula automática	Especif. del fabric.	
Lavaplatos	12	12
Lavadero	15	15
Lavacopas	12	12
Bebedero	5	
Salivera dentista	5	
Llave de riego, 13 [mm]	20	
Llave de riego, 19 [mm]	50	
Urinario con cañería perforada, por metro	10	
Ducha con cañería perforada, por metro	40	
Máquina de lavar vajillas	15	15
Máquina de lavar ropa	15	15

Fuente: Anexos, NCh2485

Una vez que se ha obtenido el caudal máximo probable, es necesario definir la base de cálculo de las pérdidas producto de los fittings, artefactos, diferencias de cota, entre otros.

2.4 Pérdidas de carga

Saber el origen de este fenómeno es fundamental para entender el comportamiento del agua en una instalación domiciliaria. Domínguez (1945), explica el fenómeno de la forma siguiente.

En la naturaleza, los líquidos son viscosos, es decir, en sus movimientos generan resistencias, componentes tangenciales de las presiones, que tratan de retardar los deslizamientos, llamadas por analogía frotamientos, además de estas fuerzas que absorben energía de la corriente, sucede que frecuentemente por efecto de la forma de canalización se producen choques de las masas líquidas más veloces con otras menos veloces. Estos choques generan remolinos que absorben en cortos trechos partes a veces considerables de la energía que posee la corriente. En realidad, todas estas absorciones de la energía que de la corriente son transformaciones de la energía hidráulica en calor, que no aparecen de manera muy sensible. (...) A esta transformación de energía se le llama en Hidráulica, *pérdida de carga*

o *pérdida de Bernoulli*, denominación que corresponde al hecho de que la energía hidráulica transformada en otra no vuelve nuevamente a convertirse en suma de Bernoulli y, por lo tanto, se ha perdido para la corriente. (p.77)

Existen varios modelos que permiten cuantificar el fenómeno conforme al contexto dado, a continuación, se exponen los métodos que son aceptados por la normativa nacional.

2.4.1 Pérdidas de carga en tuberías

Existen dos métodos propuestos por la norma NCh2485 para calcular las pérdidas de carga en tubería los cuales intentan describir de la mejor manera el fenómeno. A continuación, se explica su fundamento teórico.

2.4.1.1 Fórmula de Fair-Wipple-Hsiao

Este procedimiento, establece fórmulas para calcular tanto en agua fría como en agua caliente, para ello, utiliza un método empírico en que obtiene las pérdidas unitarias y la velocidad para diferentes diámetros de cañerías. Los datos obtenidos son los siguientes:

Tabla 2: Tabla de perdidas unitarias y velocidad

Q(lt/seg)	Q(m³/seg)	0.017	1/2	0.022	3/4	0.029	1	0.037	1 1/4	0.047	1 1/2	0.057	2
		v	J	v	J	v	J	v	J	v	J	v	J
0.10	0.0001	0.441	0.022	0.263	0.006	0.151	0.002	0.093	0.001	0.058	0.000	0.039	0.000
0.20	0.0002	0.881	0.074	0.526	0.022	0.303	0.006	0.186	0.002	0.115	0.001	0.078	0.000
0.30	0.0003	1.322	0.151	0.789	0.044	0.454	0.012	0.279	0.004	0.173	0.001	0.118	0.000
0.40	0.0004	1.762	0.251	1.052	0.074	0.606	0.020	0.372	0.006	0.231	0.002	0.157	0.001
0.50	0.0005	2.203	0.371	1.315	0.109	0.757	0.029	0.465	0.009	0.288	0.003	0.196	0.001
0.60	0.0006			1.578	0.150	0.908	0.040	0.558	0.013	0.346	0.004	0.235	0.002
0.70	0.0007			1.841	0.196	1.060	0.053	0.651	0.017	0.403	0.005	0.274	0.002
0.80	0.0008			2.105	0.248	1.211	0.067	0.744	0.021	0.461	0.007	0.314	0.003
0.90	0.0009			2.368	0.305	1.363	0.082	0.837	0.026	0.519	0.008	0.353	0.003
1.00	0.0010					1.514	0.099	0.930	0.031	0.576	0.010	0.392	0.004
1.10	0.0011					1.665	0.116	1.023	0.037	0.634	0.012	0.431	0.005
1.20	0.0012					1.817	0.136	1.116	0.043	0.692	0.014	0.470	0.005
1.30	0.0013					1.968	0.156	1.209	0.049	0.749	0.016	0.509	0.006
1.40	0.0014					2.120	0.178	1.302	0.056	0.807	0.018	0.549	0.007
1.50	0.0015					2.271	0.200	1.395	0.063	0.865	0.020	0.588	0.008
1.60	0.0016					2.422	0.224	1.488	0.071	0.922	0.023	0.627	0.009
1.70	0.0017							1.581	0.078	0.980	0.025	0.666	0.010
1.80	0.0018							1.674	0.087	1.037	0.028	0.705	0.011
1.90	0.0019							1.767	0.095	1.095	0.031	0.745	0.012
2.00	0.0020							1.860	0.104	1.153	0.033	0.784	0.013
2.10	0.0021							1.953	0.114	1.210	0.036	0.823	0.015
2.20	0.0022							2.046	0.123	1.268	0.040	0.862	0.016
2.30	0.0023							2.139	0.133	1.326	0.043	0.901	0.017
2.40	0.0024							2.232	0.143	1.383	0.046	0.941	0.018
2.50	0.0025							2.325	0.154	1.441	0.049	0.980	0.020
2.60	0.0026							2.418	0.165	1.499	0.053	1.019	0.021
2.70	0.0027									1.556	0.057	1.058	0.023
2.80	0.0028									1.614	0.060	1.097	0.024
2.90	0.0029									1.672	0.064	1.136	0.026
3.00	0.0030									1.729	0.068	1.176	0.027
3.10	0.0031									1.787	0.072	1.215	0.029
3.20	0.0032									1.844	0.076	1.254	0.030
3.30	0.0033									1.902	0.080	1.293	0.032
3.40	0.0034									1.960	0.085	1.332	0.034
3.50	0.0035									2.017	0.089	1.372	0.036
3.60	0.0036									2.075	0.094	1.411	0.037
3.70	0.0037									2.133	0.098	1.450	0.039
3.80	0.0038									2.190	0.103	1.489	0.041
3.90	0.0039									2.248	0.108	1.528	0.043
4.00	0.0040									2.306	0.113	1.568	0.045
4.10	0.0041									2.363	0.118	1.607	0.047
4.20	0.0042									2.421	0.123	1.646	0.049
4.30	0.0043									2.478	0.128	1.685	0.051
4.40	0.0044											1.724	0.053
4.50	0.0045											1.763	0.055
4.60	0.0046											1.803	0.057
4.70	0.0047											1.842	0.060
4.80	0.0048											1.881	0.062
4.90	0.0049											1.920	0.064
5.00	0.0050											1.959	0.067
5.10	0.0051											1.999	0.069
5.20	0.0052											2.038	0.071
5.30	0.0053											2.077	0.074
5.40	0.0054											2.116	0.076
5.50	0.0055											2.155	0.079
5.60	0.0056											2.195	0.081
5.70	0.0057											2.234	0.084
5.80	0.0058											2.273	0.086
5.90	0.0059											2.312	0.089
6.00	0.0060											2.351	0.092
6.10	0.0061											2.391	0.094
6.20	0.0062											2.430	0.097
6.30	0.0063											2.469	0.100
6.40	0.0064											2.508	0.102

Fuente: El consumo de agua potable en los hoteles y su incidencia en el grado de satisfacción de este servicio por parte de los habitantes de la ciudad de baños de Agua Santa. Tatiana Medina Aguilar (2013)

A partir de la tabla anterior, se obtienen las siguientes expresiones aplicables a tuberías de diámetros menores a 100 [mm].

Para agua fría:

$$J = 676.745x \frac{Q^{1.751}}{D^{4.753}}$$

Para agua caliente:

$$J = 545.045x \frac{Q^{1.751}}{D^{4.753}}$$

Donde:

J = pérdida de carga unitaria en tuberías [m/m]

Q = caudal máximo probable [lt/min]

D = diámetro interior real [mm]

2.4.1.2 Fórmula de Hazen-Williams

Conforme a lo que señala Mott en su texto (2006), esta fórmula es de las más populares utilizadas por los proyectistas en el diseño hidráulico. Sin embargo, se debe limitar a tuberías de diámetro mayor a 2.0 pulg y menor a 6.0 pies, así como también la velocidad del flujo no debe ser superior a 10.0 pies/seg y la temperatura debe ser de 60°F. En el sistema tradicional de Estados Unidos la fórmula es de la forma siguiente:

$$v = 1.32C_h R^{0.63} s^{0.54}$$

Donde:

v = Velocidad promedio del flujo [pies/seg]

C_h = Coeficiente de Hazen-Williams (adimensional)

R = Radio hidráulico del conducto de flujo [pies]

s = Relación h_L/L: pérdida de energía/longitud del conducto [pies/pies]

Esta expresión, conforme a lo especificado por la NCh2485 es la forma siguiente:

$$J = \frac{10.67Q^{1.85}}{D^{4.85}C^{1.85}}$$

Donde:

J = pérdida de carga unitaria en las tuberías [m/m]

Q = caudal máximo probable [m³/s]

D = diámetro interior [m]

C = coeficiente de fricción que depende del material de la tubería.

A partir del nomograma que se presenta a continuación, es posible obtener la fórmula de Hazen-Williams solo alineando cantidades conocidas a través de una recta y leyendo las incógnitas en la intersección de la misma recta con el eje vertical apropiado. Este nomograma está hecho para valores de $C_h = 100$. En caso de que se utilice un coeficiente de Hazen-Williams diferente, se deben utilizar las fórmulas siguientes para ajustar los resultados, es necesario agregar que el subíndice c se refiere al valor para el C_h dado.

$$v_c = v_{100}(C_h/100) \quad [\text{velocidad}]$$

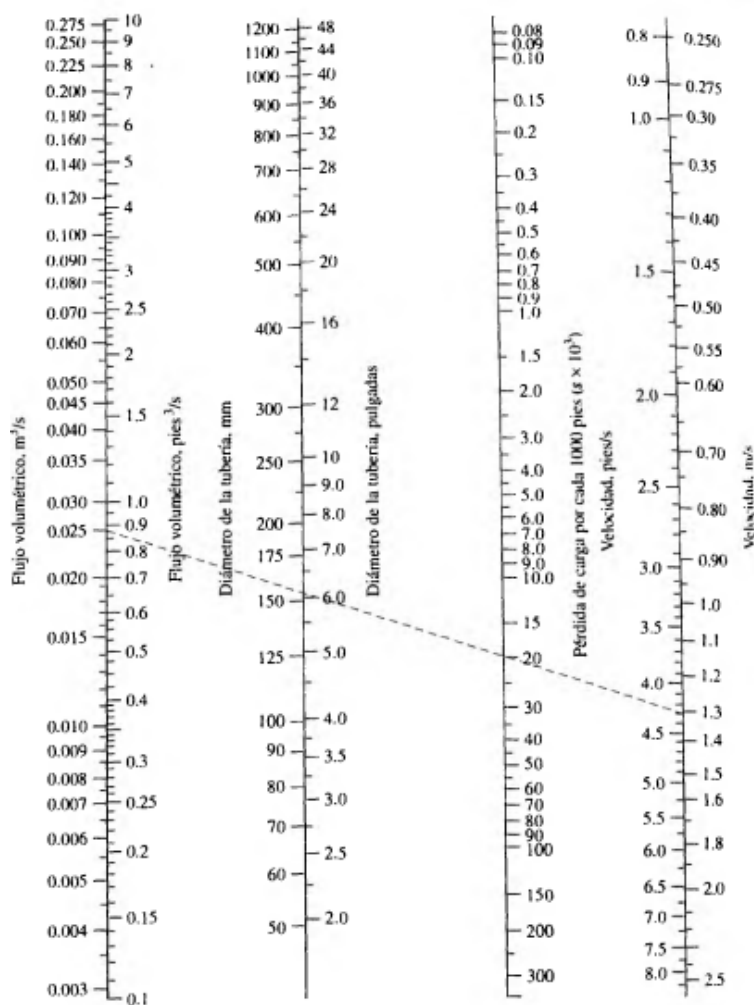
$$Q_c = Q_{100}(C_h/100) \quad [\text{flujo volumétrico}]$$

$$D_c = D_{100}(100/C_h)^{0.38} \quad [\text{diámetro de la tubería}]$$

$$s_c = s_{100}(100/C_h)^{1.85} \quad [\text{pérdida de carga/longitud}]$$

A continuación, se deja el nomograma para el coeficiente de Hazen-Williams igual a 100 como ejemplo.

Img. 3: Nomograma de Hazen-Williams



2.4.2 Pérdida de carga por accesorios y piezas especiales

El paso del agua a través de piezas especiales y fittings produce disminuciones de energía, que se traducen finalmente en una baja de la velocidad y la presión del agua. Es por esto, que existen formas de cuantificar estas pérdidas en función de la pieza y la cantidad de cada elemento existente en una red para poder determinar finalmente la presión en cada artefacto, pero por sobre todo, en el más desfavorable. A continuación, se definen los métodos utilizados por los proyectistas nacionales conforme a lo especificado en la norma NCh2485.

2.4.2.1 Método Cinético

Esta fórmula, intenta mostrar en forma cuantitativa la pérdida de energía producto de una pieza singular, para ello Mott (2006), lo define de la manera siguiente.

“Las pérdidas de energía son proporcionales a la carga de velocidad del fluido, conforme pasa por un codo, expansión o contracción de la sección de flujo, o por una válvula.

Por lo general, los valores experimentales de las pérdidas de energía se reportan en términos de un coeficiente de resistencia K como sigue”:

$$h_L = K(v^2/2g)$$

En la fórmula anterior, K corresponde a un coeficiente de resistencia adimensional el cual representa una proporción entre la caída de energía y la carga de velocidad. La magnitud de este parámetro va en función de la geometría del elemento que genera la baja y en ocasiones, de la velocidad del flujo. La norma NCh2485, señala la fórmula anterior de la manera siguiente:

$$J_s = \frac{KxV^2}{2xg}$$

Donde:

J_s = pérdida singular [mca]

V = velocidad de escurrimiento [m/s]

G = aceleración de gravedad

K = coeficiente de proporcionalidad que depende de las características específicas de cada pieza especial

$V^2/2g$ = altura de velocidad

A continuación, se entrega una tabla con parámetros K para diferentes piezas especiales.

Tabla 3: Coeficientes referenciales de pérdida de carga singular "K" a utilizar en procedimiento según método cinético

TIPO DE ACCESORIO	COEFICIENTE K
Ampliación gradual	0,30
Reducción gradual	0,15
Codo de 90°	0,90
Codo de 45°	0,40
Curva de 90°	0,40
Curva de 45°	0,20
Entrada normal en tubo	0,50
Entrada de borda	1,00
Válvula de ángulo, abierto	5,00
Válvula compuerta, abierto	0,20
Válvula tipo globo, abierto	10,00
Tee, paso directo	0,60
Tee, salida lateral	1,30
Tee, salida bilateral	1,80
Válvula de pie	1,75
Válvula de retención	2,50

Fuente: NCh2485

2.4.2.2 Método de Longitud Equivalente

Este método considera las pérdidas secundarias producidas por los accesorios como longitudes en metros de igual diámetro, la cual produciría perdidas iguales de carga que los accesorios respectivos. Los resultados se obtienen igualando la ecuación de pérdidas por fricción que se utilice, es decir: Darcy-Weisbach, Manning o Hazen-Williams con la ecuación general de pérdidas locales.

2.4.2.2.1 Longitud equivalente con la ecuación de Darcy-Weisbach

Se deben igualar las ecuaciones de Darcy-Weisbach y de pérdidas locales:

$$f \frac{Le}{D} \frac{V^2}{2g} = K \frac{V^2}{2g}$$

De la igualdad anterior, se despeja Le :

$$Le = \frac{KD}{f}$$

2.4.2.2.2 Longitud equivalente con la ecuación de Manning

En este caso, se hace la igualdad entre las ecuaciones de Manning y la ecuación de pérdidas locales.

$$\frac{10.2936n^2Le}{D^{\frac{16}{3}}}Q^2 = K\frac{V^2}{2g}$$

Si se sustituye $V = Q/A = 4Q/\pi D^2$ en el lado derecho:

$$\frac{10.2936n^2Le}{D^{\frac{16}{3}}}Q^2 = K\frac{8Q^2}{\pi^2gD^4}$$

Si se considera $g = 9.81 \text{ m/s}^2$, se obtiene:

$$Le = \frac{KD^{\frac{4}{3}}}{124.71n^2}$$

2.4.2.2.3 Longitud equivalente con la ecuación de Hazen-Williams

En esta oportunidad, se deben igualar las ecuaciones de Hazen-Williams y la ecuación de pérdidas locales:

$$\frac{10.6470Le}{C_{HW}^{1.852}D^{4.871}}Q^{1.852} = K\frac{V^2}{2g}$$

Si se reemplaza $V = Q/A = 4Q/\pi D^2$ en el lado derecho:

$$\frac{10.6470Le}{C_{HW}^{1.852}D^{4.871}}Q^{1.852} = K\frac{8Q^2}{\pi^2gD^4}$$

Ecuación que se debe resolver con métodos numéricos.

Sin embargo, la norma NCh2485 entrega información acerca de pérdidas equivalentes en tuberías, con la finalidad de simplificar el cálculo del proyectista.

Tabla 4: Longitudes equivalentes a pérdidas singulares (expresadas en mts. de tubería)

DIÁMETRO														
mm	pulg	Codo 90° radio	Codo 90° radio corto	Codo 45°	Tee paso directo	Tee salida lateral	Tee salida bilateral	Entrada normal	Entrada de borda	Válvula de compuerta abierta	Válvula tipo globo abierta	Válvula de ángulo	Válvula de retención	Válvula de pie
13	1/2	0.20	0.36	0.18	0.20	0.76	0.55	0.26	0.40	0.06	3.44	1.31	0.73	7.53
19	3/4	0.29	0.55	0.26	0.29	1.09	0.76	0.37	0.58	0.09	4.91	1.86	1.04	10.56
25	1	0.40	0.73	0.37	0.40	1.52	1.07	0.52	0.80	0.12	6.77	2.56	1.43	14.84
32	1 1/4	0.55	1.06	0.52	0.55	2.16	1.52	0.73	1.13	0.17	9.6	3.63	2.04	21.00
38	1 1/2	0.67	1.28	0.61	0.67	2.62	1.83	0.88	1.37	0.20	11.70	4.42	2.47	25.57
50	2	0.95	1.74	0.85	0.95	3.57	2.50	1.18	1.89	0.28	15.94	6.04	3.38	34.74
63	2 1/2	1.16	2.16	1.04	1.16	4.45	3.11	1.49	2.35	0.34	19.81	7.50	4.21	43.28
75	3	1.52	2.83	1.37	1.52	5.82	4.08	1.95	3.05	0.46	25.91	9.81	5.49	56.69
100	4	2.10	3.96	1.89	2.10	8.11	5.70	2.71	4.30	0.64	36.27	13.72	7.68	79.25
125	5	2.77	5.21	2.50	2.77	10.70	7.50	3.60	5.64	0.82	47.55	18.11	10.12	10.45
150	6	3.44	6.46	3.11	3.44	13.26	9.33	4.45	7.01	1.04	59.13	22.43	12.53	129.5
200	8	4.85	9.05	4.36	4.85	18.56	13.01	6.22	9.78	1.46	82.91	31.39	17.53	181.0

Fuente: NCh2485

Capítulo 3:

ESTADO DEL ARTE

En esta sección, se muestran los avances actuales y el estado presente de todos los elementos que se relacionan con el estudio en cuestión, con la finalidad de introducir al lector en un contexto en el cual pueda entender el propósito del presente trabajo de título y la forma en cómo se le intenta dar solución.

3.1 Normativa vigente

Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado (RIDAA): Este documento sienta las bases de todas las instalaciones sanitarias, teniendo como objetivo “regular los proyectos, la construcción y puesta en servicio de las instalaciones domiciliarias de agua potable y alcantarillado, estableciendo las normas técnicas para este tipo de instalaciones en todo el territorio nacional”

NCh2794. Of.2003: El objetivo y alcance de esta norma es el siguiente: “Establecer los requisitos mínimos que se deben cumplir en las instalaciones domiciliarias de agua potable, para entregar agua potable en servicio continuo y a presión adecuada en los edificios en altura; en los casos particulares de establecimientos hospitalarios e industrias; en los casos especiales en que no se tiene posibilidad de un adecuado y permanente abastecimiento directo desde la red pública; en los casos de contar con agua potable desde la red pública y fuente propia simultáneamente”

NCh2485. Of.2000: El campo de aplicación y alcance se describe a continuación: “Establecer los métodos básicos para el cálculo y diseño de las redes interiores de las instalaciones domiciliarias de agua potable en todo el territorio nacional, cuenten o no con prestador”.

NCh691. Of98: El alcance de esta norma es el siguiente: “Establecer los procedimientos generales que deben observarse para diseñar un sistema de conducción, regulación y distribución de agua potable desde la fuente hasta el comienzo de la instalación domiciliaria”.

NCh951/1 Of.2005: El alcance de esta norma, es el siguiente: “Establecer las especificaciones particulares que deben cumplir los tubos sin costura, usados en la conducción de agua potable, que se unen entre sí mediante accesorios de unión soldados o a presión”.

3.2 Formas actuales de cálculo

Las formas actuales de calcular instalaciones sanitarias se basan principalmente en las normas NCh2485 y el RIDAA, los cuales establecen todos los pasos a seguir para llegar a los resultados que se desean obtener. Para ello, se debe trabajar con la plantilla dada en la norma, la cual entrega un orden y un algoritmo de cálculo, así como también, entrega todas las disposiciones para presentar el informe. A continuación, se presenta el formato en que se calculan actualmente las presiones y velocidades.

Img. 4: Tabla de cálculo

Tramo	Longitud m		D m	Gasto máximo L/min		Velocidad m/seg	Pérdida de carga			Cota m		Presión m
	Real	Equivalente		Instalado	Probable		Unitaria (m/m)	En el tramo m	Acumulada m	Piezométrica	Terreno o artefacto	

Fuente: RIDAA

En la imagen anterior, se muestra la forma propuesta por la normativa para organizar la información, en la cual, se deben tener en cuenta todos los tramos de la instalación. Para esto, se consideran factores como la longitud de un tramo, el gasto máximo obtenido por los artefactos instalados, la velocidad del flujo en el tramo estudiado, las pérdidas de carga, producto de los fittings, artefactos, diferencias de cota y, finalmente la presión obtenida al final del tramo.

A continuación, se procede a definir cada parámetro de la tabla presentada.

- **Tramo:** Corresponde a un segmento de la instalación, el cual tiene características tales como fittings, accesorios, artefactos, un diámetro definido de conducto y un largo propiamente tal.
- **Longitud Real:** Largo de la sección en estudio, medido por las cotas señaladas en los planos.
- **Longitud Equivalente:** “Longitud estimada de la tubería que representa, para los efectos del cálculo, las pérdidas de carga singulares, es decir, aquellas ocasionadas por piezas y accesorios de unión.” (RIDAA)
- **Diámetro (D):** Corresponde al diámetro interior del conducto por el cual circula el fluido.
- **Gasto Máximo Instalado (Q_i):** “Suma de los caudales asignados a los artefactos sanitarios que se incluyen en el proyecto de instalación de agua potable de un inmueble (...).” Extracto - NCh2485 Of.2000

- **Gasto máximo probable (QMP):** “Concepto probabilístico mediante el cual se cuantifica el máximo caudal con el que se deben diseñar las instalaciones de agua potable de inmuebles que tienen una determinada característica de consumo. Esto se calcula en función de los caudales instalados de los artefactos sanitarios.” (Extracto - NCh2485 Of.2000). La función a utilizar es la siguiente:

$$QMP = 1.73391Q_i^{0.6891}$$

- **Velocidad:** Corresponde a la rapidez que toma el fluido en la tubería, esta no debe ser superior a 2.0 [m/s] para el caso de instalaciones domiciliarias.
- **Pérdida de carga:** Este concepto engloba dos factores, el primero de ellos es la pérdida de carga producto del roce del fluido con las paredes del conducto, mientras que el segundo concepto hace relación al momento en que el líquido pierde energía al producirse el paso del agua por los diferentes accesorios, los cuales al oponerse al tránsito del agua, tienen como consecuencia una reducción en la velocidad y en la presión en el tramo.

-Pérdida de carga por Accesorios: Los accesorios al oponerse al paso del fluido, tienen como consecuencia una pérdida en la velocidad y presión del flujo, por tanto una vez identificado todos los artefactos, fittings, y singularidades, se obtiene la pérdida total de carga. A continuación, se muestra la fórmula para calcular las pérdidas por accesorios, conforme a lo establecido en la NCh2485.

$$J_s = \frac{KxV^2}{2 x g}$$

Donde:

J_s = pérdida singular [m.c.a.]

V = velocidad de escurrimiento [m/s]

g = aceleración de gravedad (9.81 [m/s²])

K = coeficiente de proporcionalidad que depende de las características específicas de cada pieza especial.

$V^2/2g$ = altura de velocidad

-Pérdida por roce: El contacto entre el material de la tubería y el fluido produce una pérdida de carga. Esta pérdida se calcula en forma unitaria para el segmento. Una vez que se tiene la longitud total del tramo, se puede obtener el valor total de la pérdida de carga determinada. A continuación, se muestra y define la fórmula establecida por la NCh2485, para el cálculo de pérdida por roce.

Para agua fría:

$$J = 676.745 \times \frac{Q^{1.751}}{D^{4.753}}$$

Para agua caliente:

$$J = 545.045 \times \frac{Q^{1.751}}{D^{4.753}}$$

Donde:

J = pérdida de carga unitaria en las tuberías [m/m]

Q = caudal máximo probable [lt/min]

D = diámetro interior real [mm]

- **Diferencia de cota:** Este parámetro, representa la diferencia de nivel entre las diferentes secciones del tramo, así como también, la diferencia de altura entre los artefactos a los cuales llega el final o una sección del tramo.

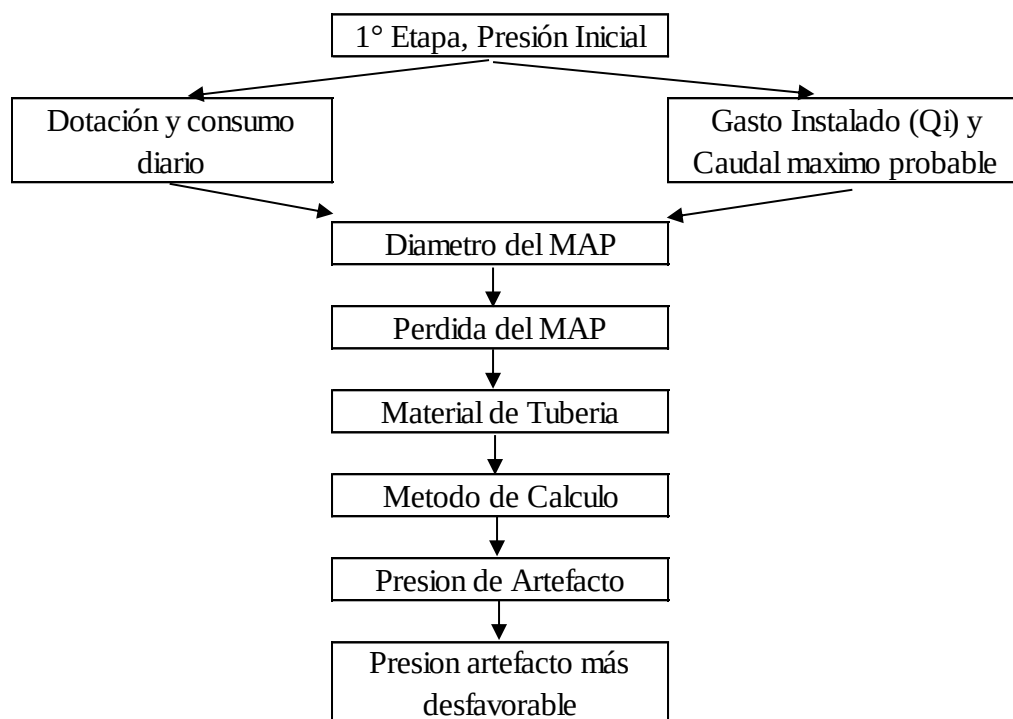
3.3 Algoritmo de cálculo tradicional

El procedimiento de cálculo, si es realizado sin ayuda de un instrumento, resulta tedioso y extenso, por lo que se recomienda siempre llevarlo a cabo utilizando algún software. A continuación, se describe el algoritmo clásico que utilizan los proyectistas, con la finalidad de que el lector entienda como se obtiene la tabla descrita en el RIDAA.

1. **Seleccionar el tramo:** En primera instancia, se debe seleccionar la sección de tubería sobre la cual se trabajará, para esto es recomendable observar puntos donde se encuentren artefactos, ya que se consideran como puntos críticos, en los cuales se debe certificar que la presión cumple con el mínimo establecido por la normativa.
2. **Calcular largo:** A partir de un esquema o bien de las mediciones en terreno, se debe determinar la longitud real del tramo, de preferencia, el valor debe expresarse en metros.
3. **Estimar un diámetro de conducto:** Para esto, se deben consultar catálogos de fabricantes, con la finalidad de tener medidas correctas de las dimensiones de las tuberías. Esto se debe realizar, en base a prueba y error, esperando a que los valores resultantes de velocidad y presión se mantengan siempre dentro de los límites establecidos por las normas vigentes.
4. **Calcular Q:** Este indicador, se obtiene a partir de la suma de todos los artefactos presentes en la instalación, los cuales se van descontando sucesivamente, a medida que se va avanzando en el análisis de la tubería.

5. **Calcular QMP:** Este valor, se obtiene en función del caudal máximo instalado para cada tramo.
6. **Calcular velocidad:** Para el tramo en estudio, se debe calcular la velocidad del fluido, la cual no debe ser superior a 2.0[m/s] para una instalación interior. Este parámetro, se encuentra en función del diámetro, así como del QMP.
7. **Calcular pérdidas de carga:** Se deben considerar pérdidas tanto por fricción, como por singularidades. En esta parte, se consideran la velocidad, el QMP y el diámetro de la tubería. En el caso de los fittings, los valores se deben cuantificar de manera manual.
8. **Calcular pérdidas por diferencia piezométrica:** Se deben observar las cotas de la instalación, ya que tienen una gran influencia en las pérdidas de carga. Es por esto que se deben tratar de evitar lo más posible las bifurcaciones y los ramales que suban y bajen, ya que pueden mermar considerablemente la energía del fluido.
9. **Sumatoria total de pérdidas:** Una vez que se tienen presentes todas las pérdidas que influyen en el cálculo, se procede a realizar la suma, para descontarlas de la presión inicial a la entrada del tramo y obtener la presión a la salida del tramo.
10. **Presión Final:** Este valor se obtiene, descontando de la presión inicial de agua entregada por la empresa la sumatoria de las pérdidas, esto es solo para un tramo.
11. **Iteración:** Este procedimiento debe repetirse para todos los tramos en estudios, desde la salida del MAP, hasta el artefacto más desfavorable.

A continuación, se presenta un esquema de elaboración propia, para esquematizar el proceso descrito anteriormente.



Como se puede observar, el procedimiento es bastante extenso y relativamente complejo, teniendo como consecuencia una alta probabilidad de error en los procedimientos, generando información incorrecta y datos que no respondan a lo que se deba obtener realmente para la instalación.

Junto con esto, resulta necesario mencionar, que cualquier modificación al proyecto original, tanto en el diámetro de los conductos la materialidad, la cantidad de artefactos, fittings o ramales, diferencia de cotas o cualquier otro factor que se cambie, influye totalmente en el resultado final por lo que resulta indispensable tener algún programa que ayude a calcular las instalaciones.

En la actualidad, si bien es cierto se cuenta con programas que colaboran con el cálculo, solo se dedican a realizar operaciones numéricas, es decir, no son transversales ni integran la especialidad en su totalidad. Por tal motivo, más que demostrar que la instalación es viable o no, no pueden realizar ninguna otra función.

Incluso en el mismo sentido, si por algún motivo se debe modificar algún valor en una hoja de cálculo, este modifica la instalación en su totalidad, si bien es cierto para el caso de una vivienda unifamiliar no considera muchas más horas de trabajo, para un edificio puede aumentar el tiempo que se emplea en proyectar la instalación, aumentando los costos y disminuyendo la eficiencia en desarrollar la tarea encomendada.

Junto con esto, calcular manualmente todos los parámetros, y posteriormente, modificarlos, incide en que se debe cambiar el diseño propuesto, por lo que incide en que se debe considerar más mano de obra, más trabajo, lo cual se opone totalmente a lo demandado

actualmente por la industria, que es rapidez en la evaluación económica y técnica de los proyectos.

3.4 Programas computacionales utilizados actualmente

En esta sección se describen los programas más utilizados por los proyectistas sanitarios, dentro de lo cual, se mencionan sus principales características en cuanto al uso y los aportes que hacen cada uno al momento de diseñar y calcular una instalación de agua potable domiciliaria.

3.4.1 Microsoft Excel

Mayoritariamente, el software más utilizado por los proyectistas sanitarios para el cómputo de la información es Microsoft Excel, ya que presenta una forma breve de cálculo en el cual se le pueden ingresar datos y funciones, así como también programar para que arroje los resultados deseados. A continuación, se presenta un ejemplo típico de una hoja de cálculo utilizado, para calcular una instalación domiciliaria.

Img. 5: Tabla de cálculo de red de agua potable fría

Calculo agua potable Fria														
Tramo	Largo	Diametro	Qi	QMP	Velocidad	Perdida de Carga				Dif Piez.	Perd. Total	P. Inicial	P. Disp.	Punto
						Tuberia		Accesorios						
						J Unit	Perd.	kt = Σki	Perd.					
		[m]	[mm]	[lts/min]	[lts/min]	[m/s]	m/m	[mca]		[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	
1	2	10,47	37,62	334	95,37	1,43	0,06	0,67	0,9	0,09	0	0,77	14	13,23
2	3	6	25,28	136	51,35	1,70	0,14	0,86	1,3	0,19	0	1,06	13,23	12,18
3	4	2,91	25,28	136	51,35	1,70	0,14	0,42	0,9	0,13	2,91	3,46	12,18	8,71
4	5	0,46	25,28	136	51,35	1,70	0,14	0,07	0,9	0,13	0	0,20	8,71	8,51
5	6	6,86	25,28	84	36,84	1,22	0,08	0,55	1,5	0,11	0	0,67	8,51	7,85
6	7	3,1	25,28	30	18,12	0,60	0,02	0,07	0,6	0,01	0	0,08	7,85	7,77
7	8	6,84	25,28	12	9,64	0,32	0,01	0,05	2,6	0,01	0	0,07	7,77	7,70
8	9	7,11	25,28	12	9,64	0,32	0,01	0,05	15,1	0,08	1,2	1,33	7,70	6,37
2	9	4,65	31,63	198	66,52	1,41	0,08	0,36	0,6	0,06	0	0,42	12,72	12,29
9	10	1,12	25,28	92	39,22	1,30	0,09	0,10	1,3	0,11	0	0,21	12,29	12,08
10	10'	3,04	25,28	74	33,76	1,12	0,07	0,21	0,6	0,04	0	0,25	12,08	11,83
10'	10"	2,02	25,28	64	30,54	1,01	0,06	0,12	0,6	0,03	0	0,15	11,83	11,68

Fuente: Elaboración propia

A partir de la imagen adjunta, se puede observar que, si bien es cierto, Excel facilita considerablemente la obtención de resultados, no hace más que esa labor, dejando de lado disciplinas necesarias para la presentación de un proyecto, como el dibujo, la cubicación, la realización de una lista de materiales, entre otros factores.

Por tal motivo, y a partir de la necesidad de modernizar el procedimiento de estudio de una propuesta, es que se propone una solución a partir de un software más completo, el cual no sólo calcule, sino que también grafique, y permita diseñar más rápidamente una red de agua potable domiciliaria.

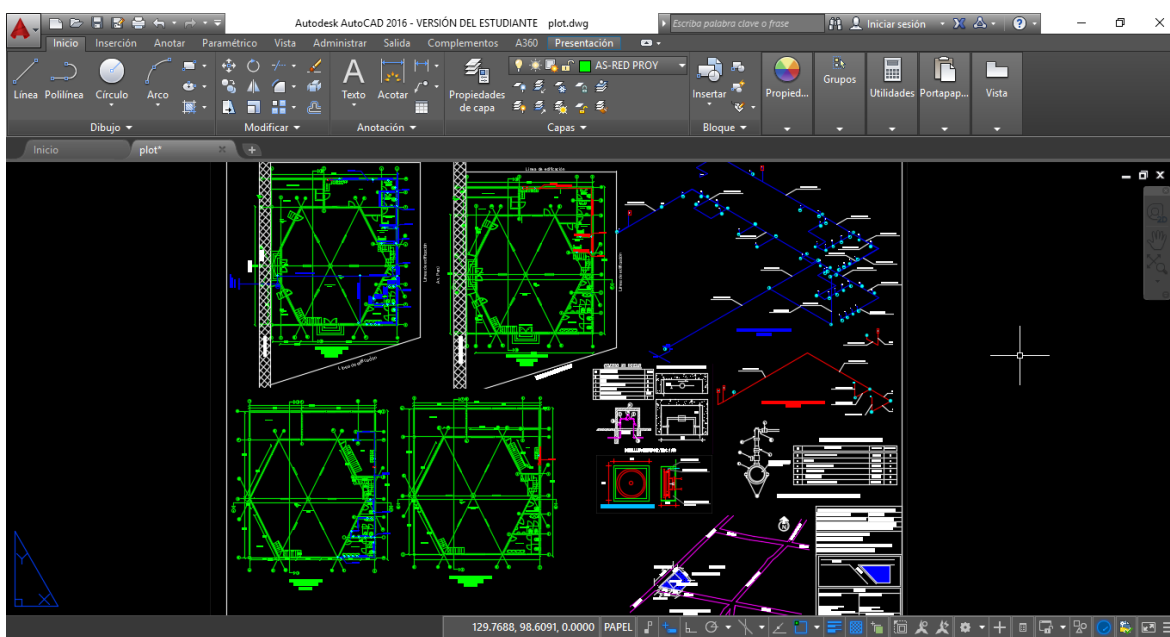
3.4.2 AutoCAD

Esta plataforma permite dibujar con un alto nivel de exactitud todas las formas y figuras referentes a un proyecto sanitario, desde su concepción a partir de un modelo de arquitectura, hasta la esquematización de los diferentes conductos de una instalación de agua potable. Para esto, el software presenta una interfaz de trabajo accesible para usuarios incluso con poca experiencia, dando la posibilidad de desarrollar completamente el dibujo de un proyecto.

Los modelos que se deben presentar generalmente conforme a lo especificado a las normas son las vistas de la instalación de agua potable fría y caliente en la planta de arquitectura, una vista del emplazamiento, del sitio donde se encuentra ubicado el proyecto y una vista isométrica de la instalación. Todos estos elementos el programa es capaz de desarrollarlos sin ningún problema, destacándose por la capacidad de poder trabajar en capas, presentar diferentes láminas a diferentes escalas y variados colores y la posibilidad de acotar y señalar medidas relevantes e insertar notas y textos de interés.

A continuación, se muestra una imagen de un proyecto dibujado en el programa AutoCAD, de una instalación de agua potable, de elaboración propia.

Img. 6: Plano de agua potable dibujado en AutoCAD



Fuente: Elaboración propia

A partir de la imagen anterior, se puede apreciar que es posible dibujar todos los detalles referentes a un proyecto, especificar todas las características y destacar elementos que se consideren relevantes para cada caso.

Capítulo 4: SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA PRESENTADA

En el siguiente capítulo, se expone el método por el cual se da solución a la problemática presentada, invitando al lector a introducirse más en la nueva forma de abordar un proyecto de agua potable domiciliaria.

4.1 Presentación de la solución

La solución propuesta, para reducir los tiempos de diseño en un proyecto de agua potable domiciliaria, es el uso del programa Plumber, el cual es creado por la compañía Hidrasoftware. Esta empresa, tiene como misión ofrecer soluciones que permitan, realizar diseños y análisis hidráulicos de forma más práctica. La motivación de la organización es suplir el déficit de herramientas informáticas para el análisis de redes en ingeniería sanitaria.

Junto con Plumber, también se ofrecen varias herramientas computacionales como Cloacas, Dren-Urba, Desagües, Bombas, entre otros. Todos estos elementos facilitan considerablemente el diseño no solo de redes de agua potable, sino que también de redes de alcantarillado, uso de bombas, estudio del fenómeno denominado “Golpe de ariete”, entre las muchas funcionalidades que presentan.

Img. 7:Logo corporativo HidraSoftware



Fuente: www.hidrasoftware.com

Sin embargo, para esta oportunidad, se trabajará solo con Plumber, ya que se puede hacer la comparación directa entre los procedimientos comúnmente utilizados y la propuesta que se desea llevar a cabo.

Plumber se muestra como un programa amigable, de una buena interfaz gráfica, la cual da la posibilidad de ir diseñando a partir de esquemas o dibujos realizados en otras plataformas. “Sirve para realizar el diseño de instalaciones interiores de suministro de agua tanto en edificaciones de altura, como en viviendas unifamiliares de la forma más sencilla posible, en el cual se especifican las piezas sanitarias atendidas, así como la geometría de la red de distribución. A partir de pasos simples, se pueden obtener caudales en tránsito de cada tramo, el diámetro de cada tubería, así como también la presión requerida en el punto de alimentación de la instalación para cumplir con las presiones mínimas de operación en los artefactos sanitarios.”

Img. 8:Logotipo PLUMBER 3.0



Fuente: www.hidrasoftware.com

4.2 Características del software

Este software presenta al usuario una variedad de características y propiedades, las cuales reunidas en conjunto facilitan considerablemente el trabajo de edición y evaluación de un proyecto de agua potable domiciliaria. A continuación, se presentan los aspectos más destacables, de acuerdo a lo mencionado por los proveedores del servicio.

- **Centralización de la información:** Conforme al volumen de proyecto, este permite tener todo el control de la instalación en un solo archivo, facilitando de esta manera el acceso a todos los componentes. Esto se considera de gran utilidad, ya que, para el caso de proyectos de edificación en altura, comúnmente se deben disponer una gran cantidad de planos y vistas para lograr cubrir cada planta. Referente a este mismo aspecto, el software permite diseñar tuberías verticales de alimentación de agua, con sus respectivos arranques, facilitando el suministro a los distintos niveles de cada estructura. Finalmente, existe la posibilidad de establecer los criterios de cada proyectista para especificar características propias de cada instalación, como los diámetros, longitudes equivalentes, particularidades de elementos de la instalación (fittings, artefactos, ductos, etc) para ser empleados en nuevos proyectos.
- **Cálculos y diseño de instalaciones:** En cuanto a este ítem, existe la posibilidad de calcular la presión de entrada al sistema, para saber si la empresa proveedora de servicio es capaz de abastecer la instalación y también para verificar la presión de salida en el artefacto más desfavorable del sistema. Por otra parte, permite diseñar la instalación por dos vías, las cuales son velocidad de diseño o pérdida unitaria, ofreciendo la posibilidad de no realizar consideraciones en caso de que se opte por realizar un modelo automáticamente. Finalmente, las pérdidas existentes en el sistema se pueden calcular por método de largo equivalente, o bien señalando al programa un cierto porcentaje de aumento en el largo real de la tubería.

Img. 9: Cálculo de Nodos y Tuberías

Etiqueta	Tipo	Presión AF [mH2O]	Presión Salida AF [mH2O]	Presión AC [mH2O]	Presión Salida AC [mH2O]
pa4		5.60	0.00	0.00	0.00
ina		5.52	4.90	3.82	3.20
duc		5.42	3.37	3.62	1.56
pa3		5.46	0.00	0.00	0.00
ina1		5.38	4.77	3.70	3.08
pa5		5.27	0.00	0.00	0.00
wc1		5.19	4.98	0.00	0.00
duc1		5.13	3.07	3.56	1.50
pa1		0.00	0.00	4.33	0.00
pa2		0.00	0.00	3.85	0.00
pa3		0.00	0.00	4.19	0.00
pa4		0.00	0.00	3.76	0.00

Nodo Inicial	Nodo Final	DN [mm]	Longitud [m]	Longitud Equivalente [m]	Longitud Total [m]	Gasto [l/s]	Pérdida Total [mH2O]	Presión Inicio [mH2O]	Presión Fin [mH2O]
pa1	pa2	25.40	0.79	0.32	1.10	0.59	0.04	5.92	5.88
pa2	wc1	19.05	1.93	0.77	2.70	0.39	0.18	5.88	5.70
wc1	pa4	12.70	0.98	0.39	1.37	0.20	0.10	5.70	5.60
pa4	ina	12.70	0.71	0.29	1.00	0.20	0.07	5.60	5.52
pa4	duc	12.70	1.66	0.67	2.33	0.20	0.17	5.60	5.42
pa2	pa3	19.05	4.41	1.77	6.18	0.39	0.41	5.88	5.46
pa3	ina1	12.70	0.78	0.31	1.09	0.20	0.08	5.46	5.38
pa3	pa5	12.70	0.79	0.32	1.11	0.32	0.20	5.46	5.27

Nodo Inicial	Nodo Final	DN [mm]	Longitud [m]	Longitud Equivalente [m]	Longitud Total [m]	Gasto [l/s]	Pérdida Total [mH2O]	Presión Inicio [mH2O]	Presión Fin [mH2O]
pa2	ina	12.70	0.35	0.14	0.49	0.20	0.04	3.85	3.82
pa2	duc	12.70	2.28	0.91	3.19	0.20	0.24	3.85	3.62
pa1	pa3	12.70	0.54	0.22	0.76	0.32	0.13	4.33	4.19
pa3	pa2	12.70	3.28	1.31	4.59	0.20	0.34	4.19	3.85
pa3	pa4	12.70	4.20	1.68	5.87	0.20	0.43	4.19	3.76
pa4	ina1c	12.70	0.54	0.21	0.75	0.20	0.06	3.76	3.70
pa4	duc1c	12.70	1.93	0.77	2.70	0.20	0.20	3.76	3.56

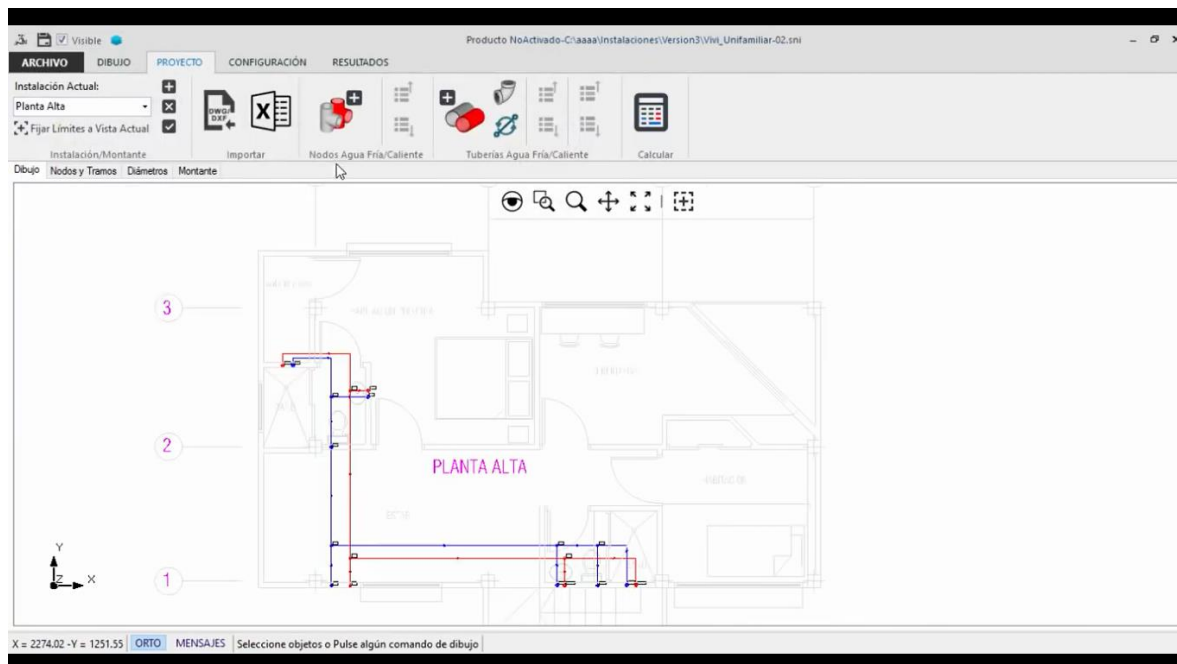
Fuente: www.youtube.com/hidrasoftware

- **Trabajar con normas nacionales:** Dentro de los aspectos más valorables, se puede mencionar la posibilidad de aplicar la normativa nacional vigente al trabajo con el software.

Esto se logra cambiando los parámetros de cálculo que se encuentran establecidos por defecto, por las necesidades de cada país, teniendo este factor una gran ventaja, ya que constantemente las normas se encuentran en revisión y se modifican criterios y parámetros de diseño, inspección y fiscalización de proyectos.

- **Interfaz CAD:** Dada las características similares al programa “AutoCAD”, es factible generar todos los elementos que conforman una instalación sanitaria, colocándolos en la interfaz, junto a esto, las opciones gráficas permiten aplicar colores distintivos a cada elemento del modelo. En este mismo sentido, es posible realizar cambios de unidades de medición, respondiendo a las necesidades de cada usuario, lo que finalmente, el sistema posee un sistema de alerta, el cual detecta incongruencias, anomalías y defectos propios del diseño de cada instalación.

Img. 10: Ambiente de Trabajo



Fuente: www.hidrasoftware.com

- **Vinculación DWG/DXF/PDF:** Esta cualidad del programa es fundamental para el desarrollo de proyectos sanitarios, ya que, a partir de esquemas y plantas dibujadas en estas plataformas, es posible proyectar tuberías o elementos propios del proyecto. De este modo, es posible incorporar todas las piezas sanitarias ya que se observa directamente el modelo propuesto por arquitectura. Finalmente, las isometrías y los dibujos de planta también pueden ser exportados a los formatos anteriormente mencionados, para agregar características propias de las otras plataformas.

- **Cubicación automática y consideraciones especiales:** Dada la geometría de la instalación, automáticamente se agregan fittings como tees, codos y reducciones, por lo que se ahorra trabajo en especificar cada componente de la instalación. Por otra parte, a partir de cada especificación de elemento, ya sea artefacto o fitting, Plumber entrega una lista de materiales exportable a formato Excel.

Img. 11: Lista de Materiales y Cantidades

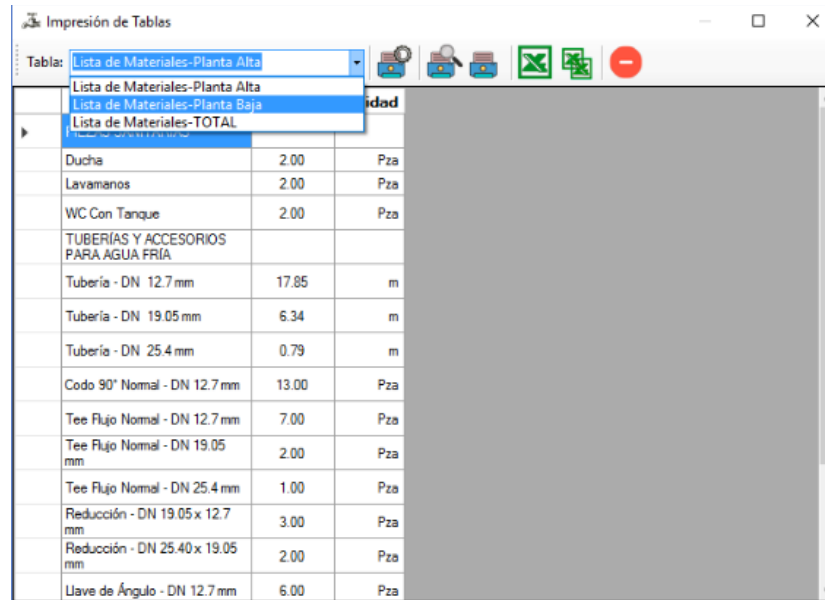
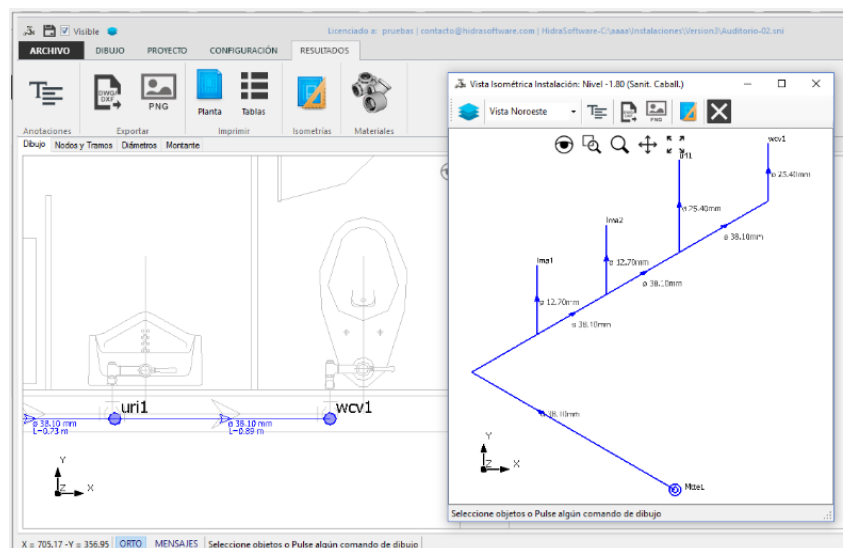


Tabla:	Lista de Materiales-Planta Alta	Lista de Materiales-Planta Baja	Lista de Materiales-TOTAL
Ducha	2.00	Pza	
Lavamanos	2.00	Pza	
WC Con Tanque	2.00	Pza	
TUBERÍAS Y ACCESORIOS PARA AGUA FRÍA			
Tubería - DN 12.7 mm	17.85	m	
Tubería - DN 19.05 mm	6.34	m	
Tubería - DN 25.4 mm	0.79	m	
Codo 90° Normal - DN 12.7 mm	13.00	Pza	
Tee Flujo Normal - DN 12.7 mm	7.00	Pza	
Tee Flujo Normal - DN 19.05 mm	2.00	Pza	
Tee Flujo Normal - DN 25.4 mm	1.00	Pza	
Reducción - DN 19.05 x 12.7 mm	3.00	Pza	
Reducción - DN 25.40 x 19.05 mm	2.00	Pza	
Llave de Ángulo - DN 12.7 mm	6.00	Pza	

Fuente: www.hidrassoftware.com

- **Planimetría e isometría:** Dada la facilidad de generar modelos, es posible obtener vistas isométricas y de la planta de la instalación, las cuales son fácilmente exportables a formato CAD, con la posibilidad de trabajar en capas, colores y otras características.

Img. 12: Ejemplo de vista Isométrica



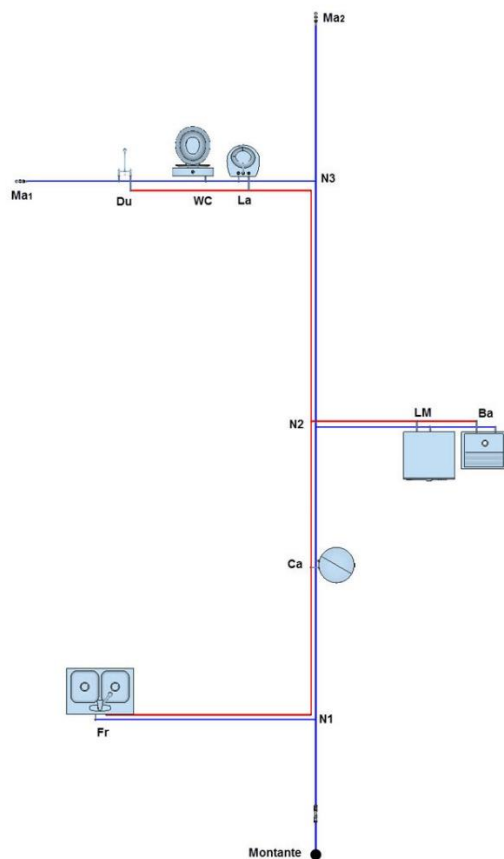
Fuente: www.hidrassoftware.com

4.3 ¿Cómo diseñar una instalación de agua potable con Plumber?

En esta sección, se describen todos los pasos a seguir, para diseñar correctamente una instalación de agua potable para una edificación en altura. Se considera este ejemplo, como el caso más desfavorable, ya que a más altura tiene la estructura, existen mayores pérdidas por diferencias de cota, por tanto, la pérdida de carga es un factor que se debe tener muy presente, para cumplir con todas las especificaciones de presión y velocidad establecidas por norma.

1. **Esquema de instalación:** En primera instancia, se debe comenzar por realizar un sencillo croquis a mano alzada de la distribución de todos los elementos en una escala global, con la finalidad de identificar elementos relevantes para diseño y cálculo, como diferencias de niveles y/o cotas, artefactos más desfavorables, instalación de agua caliente, bombas, calentadores entre otros. Esto depende solamente de la experiencia y juicio del proyectista, por tal motivo, una vez que se tome la decisión de comenzar a trazar la instalación, será de su propia responsabilidad los resultados obtenidos.

Img. 13: Esquema en Planta de Instalación



Fuente: www.hidrasoftware.com

2. **Detallar propiedades de diseño de elementos de la instalación:** Este paso es fundamental, ya que todas las particularidades de cada elemento son definidas aquí. Por tal motivo, antes de realizar cualquier diseño, es necesario establecer todos los parámetros en los cuales se basará el cálculo y la instalación. A continuación, se especifican los principales cambios que se deben realizar antes de comenzar a dibujar el modelo.
- 2.1. **Gasto total, gasto de agua fría y gasto de agua caliente:** Como primer paso, se deben regularizar los consumos de todos los artefactos. Para esto, los valores que proporciona Plumber por defecto, deben ser reemplazados por los que entrega el RIDAA para trabajar conforme a lo establecido por la normativa nacional. Cabe destacar que Plumber da la posibilidad de trabajar para instalaciones de uso privado y uso público.
- 2.2. **Presión mínima:** Plumber, permite establecer conforme las especificaciones de cada artefacto, la presión mínima de funcionamiento para asegurar su correcta operación. Si bien es cierto, existen valores establecidos por defecto, estos pueden ser modificados a criterio del proyectista.
- 2.3. **Diámetro mínimo:** Dado que la normativa exige un diámetro mínimo del conductor, Plumber da la posibilidad de diseñar en función de este parámetro, por tal motivo da la opción de utilizar una sección por defecto o bien, que sea ingresada por el usuario. Cabe destacar que se pueden especificar diferentes medidas tanto para agua fría como para agua caliente.
- 2.4. **Altura geométrica:** En esta sección, se puede establecer una altura del artefacto para simular correctamente las pérdidas de carga producto de cota. De esta manera, Plumber calcula la presión previa a al tramo que va desde el nodo a la salida del artefacto y la presión a la salida del mismo, con la finalidad de cuantificar las pérdidas de presión y la presión final resultante.
- 2.5. **Largo de la tubería:** En este apartado, se pueden modificar las longitudes de los tramos, así como también, es posible especificar los accesorios y fittings que se encuentren en ella. Este paso debe realizarse, ya que interviene en el método de cálculo de la longitud equivalente y también, influye en la generación de listas de materiales y cubicación.

Img. 14:Administrador de Piezas Sanitarias

Descripción	Pieza	UG Total Privado	UG A.F. Privado	UG A.C. Privado	UG Total Público	UG A.F. Público	UG A.C. Público	Presión Mínima [mH2O]	Diámetro Mínimo [mm]	Altura Geométrica [m]	Long. Tubería [m]
Bañera		2.00	1.50	1.50	4.00	3.00	3.00	2.00	19.05	0.60	0.60
Batea		3.00	2.00	2.00	6.00	4.50	4.50	2.00	12.70	0.80	0.80
Bidet		1.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	3.00	12.70	0.50	0.50
Ducha		2.00	1.50	1.50	4.00	3.00	3.00	1.50	12.70	2.00	2.00
Fregadero		2.00	1.50	1.50	4.00	3.00	3.00	2.00	12.70	0.50	0.50
Fuente de Beber		0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	2.50	12.70	0.60	0.60

Fuente: www.hidrasoftware.com

3. **Especificar parámetros en tablas de diámetros y longitudes equivalentes de accesorios para el proyecto:** Junto a lo anterior, otro parámetro inicial previo al inicio de la creación del modelo es la definición del tipo de tubería a emplear y además el proyectista debe señalar si optará por el criterio de longitud equivalente para la realización de los cálculos respectivos. Se considera fundamental que se especifique correctamente el diámetro del conductor (diámetro interno), ya que Plumber realiza entrega los resultados en función del diámetro interior del conductor.

Img. 15:Administrador de Diámetros de Tuberías



Fuente: www.hidrasoftware.com

4. **Crear una instalación:** El siguiente paso es generar una red. Una de las propiedades más destacables de Plumber, es la posibilidad de contener instalaciones con características diferentes en un mismo proyecto.

4.1. Se debe comenzar ubicando la ficha proyecto del programa, buscando el botón “Crear Instalación” y presionando sobre él.

Img. 16: Comando de Creación de Nueva Instalación



Fuente: www.hidrasoftware.com

- 4.2. Posterior a esto, una vez que la instalación es creada, saldrá un cuadro de diálogo el cual permite editar las propiedades de la instalación, en este paso, se especifican propiedades generales. Se puede observar que por defecto sale un solo nodo, el

cual es llamado “Nodo Montante”. Este elemento corresponde al punto desde el cual se alimenta el sistema (en nomenclatura nacional, se conoce comúnmente como arranque de agua potable). Dicho nodo no puede ser eliminado del proyecto, pero sí se puede modificar.

Img. 17: Cuadro "Nueva Instalación"

Fuente: www.hidrasoftware.com

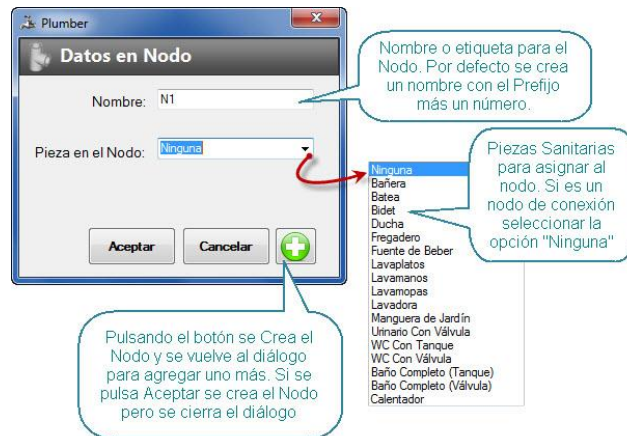
4.3. Finalmente, se puede cambiar la condición de diseño de la instalación sanitaria a la condición de cálculo, con la finalidad de trabajar en función de la presión obtenida en el artefacto más desfavorable de la instalación. Si este paso no se realiza, se debe introducir la presión manualmente en el nodo montante, es decir, establecer la presión que entrega la compañía de agua potable.

Img. 18: Cuadro "Datos en Nodo"

Fuente: www.hidrasoftware.com

5. **Agregar nodos a la instalación sanitaria:** Un nodo en el proyecto, corresponde a un punto en el cual hay algún componente específico, por lo que, en la Ficha Proyecto, Panel Redes, se pueden encontrar las opciones para crear, eliminar y editar los elementos del proyecto. Al insertar un nuevo nodo, se pueden especificar sus propiedades, como el nombre, y la pieza en el mismo. Una vez que se tienen todos los nodos instalados e identificados, es posible obtener una cubicación de las cantidades, desde la cual es posible editarlos o eliminarlos conforme a las preferencias del proyectista.

Img. 19: Cuadro "Datos en Nodo"



Fuente: www.hidrasoftware.com

Img. 20: Tabla de Nodos

Nodos y Tramos					Diámetros	Accesorios	Montante
Tabla de Nodos							
	Etiqueta	Tipo	Presión AF [mH2O]	Presión Salida AF [mH2O]			
▶	Montante		0.00	0.00			
	N1		0.00	0.00			
	N2		0.00	0.00			
	N3		0.00	0.00			
	Fr		0.00	0.00			
	Ca		0.00	0.00			
	LM		0.00	0.00			
	Ba		0.00	0.00			
	La		0.00	0.00			
	WC		0.00	0.00			
	Du		0.00	0.00			
	Ma1		0.00	0.00			
	Ma2		0.00	0.00			

Fuente: www.hidrasoftware.com

6. **Dibujar tuberías de proyecto:** Por defecto Plumber genera por separado las redes de agua fría y la de agua caliente, sin embargo, finalmente los reúne como componentes de una misma instalación sanitaria. La diferencia entre ambas redes es que la red de agua fría es alimentada por un nodo identificado como arranque, mientras que el agua caliente es alimentada por un aparato calentador. Se deben tener presente las siguientes consideraciones previo a la creación de la red:
- 6.1. Si en el proyecto, se contempla red de agua caliente, se debe proyectar como mínimo un nodo con un calentador que este asociado a la tabla de nodos
- 6.2. Como mínimo, un nodo de las tuberías de la red de agua caliente debe tener como nodo aguas arriba a ese nodo al que se le asigne el calentador.
- 6.3. Para la red de agua fría, se debe proyectar de igual manera una tubería cuyo nodo final alimente al nodo con el calentador de agua que corresponda.
- 6.4. “El programa calculará, en función de las longitudes (de tubería y equivalente) y diámetro asignados en el Administrador de piezas sanitarias a la pieza Calentador, las pérdidas generadas por el paso del agua desde el lado de agua fría del calentador hasta su entrada a la red de agua caliente”.
- 6.5. Para agregar una nueva tubería, se debe realizar a través de los botones en el panel Redes de la Ficha Proyecto. Estas opciones serán válidas sólo si hay más de dos nodos creados en la red. Una vez que se decide crear una tubería, saldrá el cuadro de “Editor de Tuberías”, en el que se debe especificar el nodo inicial y final de la tubería.

Img. 21: Comando "Nueva Tubería"



Fuente: www.hidrasoftware.com

- 6.6. Junto a lo anterior, también se da la opción de calcular el diámetro automáticamente., en caso de que no se desee esto, se debe ingresar el valor manualmente en el cuadro. Para ingresar el dato, se debe desactivar la opción y seleccionar uno de los diámetros disponibles.
- 6.7. Finalmente, para eliminar o editar tuberías, en el editor de tuberías, es posible cambiar el diámetro, el largo, entre otras características. Si se desea suprimir una tubería, se debe tener consideración de que también se borrarán todos los conductos abastecidos por estas.

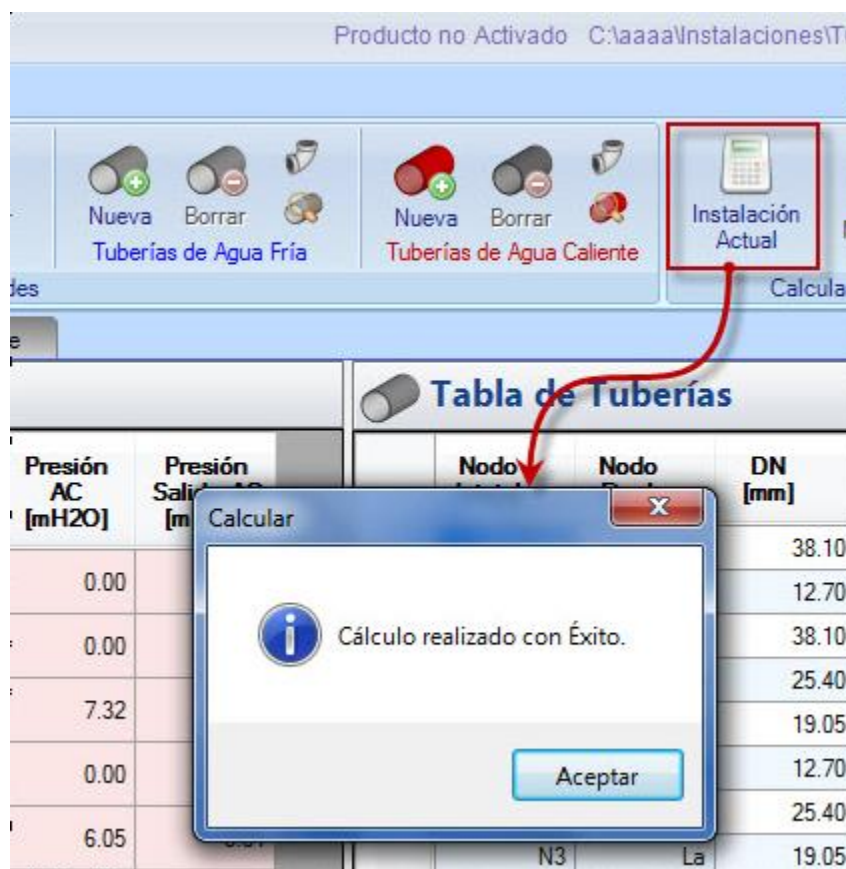
7. **Cálculos y resultados:** Una vez que se han instalado todos los artefactos, tuberías, fittings y demás elementos, Plumber cuenta con la información necesaria para realizar los cálculos, sin embargo, previo al análisis se deben realizar las siguientes consideraciones:

7.1. Si el proyectista desea estimar la presión mínima necesaria en el arranque, la opción **Calcular presión** de ese nodo, debe mantenerse activada.

7.2. Si lo que se quiere es calcular las presiones en las salidas de alimentación de los artefactos, se debe ingresar un valor de presión en el nodo de alimentación (arranque), para lo cual se debe desactivar la opción **Calcular presión**.

Una vez que se han revisado todas estas consideraciones, finalmente se puede calcular la instalación, para ello se debe pulsar el botón “Instalación actual” del panel Calcular en la Ficha de Proyecto. En consecuencia, si todo el procedimiento fue hecho correctamente, se entregarán tablas con todos los resultados correspondientes, la vista en planta del proyecto y una vista isométrica de la instalación.

Img. 22: Cálculo de la Instalación



Fuente: www.hidrasoftware.com

8. **Análisis de datos:** Una vez que se han realizado los cálculos con éxito, se procede a analizar la información entregada en tablas. A continuación, se describen los cuadros obtenidos y la información que cada uno entrega:

8.1. **Tablas de tuberías:** Uno de los principales objetivos de Plumber es la obtención de los diámetros de cada conducto, pues éste es uno de los principales factores que intervienen en la pérdida de carga producida en un tramo. Una vez que el cálculo es concluido, a cada tramo se le asigna un diámetro nominal conforme a lo detallado en el administrador de diámetros del proyecto. Junto con esto, las tablas se actualizan automáticamente, para mostrar los valores obtenidos de cada elemento influyente en la instalación.

Img. 23: Tabla de Tuberías

Tabla de Tuberías										Agua Fría y
	Nodo Inicial	Nodo Final	DN [mm]	Longitud [m]	Longitud Equivalente [m]	Longitud Total [m]	Gasto [l/s]	Pérdida Total [m]	Presión Inicio [mH2O]	Presión Fin [mH2O]
▶	Montante	N1	38.10	2.50	5.95	8.45	1.13	0.16	6.41	6.26
	N1	Fr	12.70	2.00	0.64	2.64	0.20	0.20	6.26	6.06
	N1	Ca	38.10	3.00	0.85	3.85	1.08	0.07	6.26	6.19
	Ca	N2	25.40	1.50	0.83	2.33	0.77	0.15	6.19	6.04
	N2	LM	19.05	1.50	0.64	2.14	0.38	0.14	6.04	5.90
	LM	Ba	12.70	1.50	0.64	2.14	0.20	0.16	5.90	5.74
	N2	N3	25.40	2.00	0.52	2.52	0.61	0.11	6.04	5.93
	N3	La	19.05	1.00	0.64	1.64	0.50	0.17	5.93	5.76
	La	WC	19.05	0.80	0.40	1.20	0.48	0.12	5.76	5.64
	WC	Du	19.05	1.00	0.40	1.40	0.32	0.07	5.64	5.58
	Du	Ma1	12.70	1.50	0.64	2.14	0.20	0.16	5.58	5.42
	N3	Ma2	12.70	2.00	0.64	2.64	0.20	0.20	5.93	5.74
	Nodo Inicial	Nodo Final	DN [mm]	Longitud [m]	Longitud Equivalente [m]	Longitud Total [m]	Gasto [l/s]	Pérdida Total [m]	Presión Inicio [mH2O]	Presión Fin [mH2O]
▶	Ca	Fr	12.70	5.00	0.92	5.92	0.20	0.44	5.24	4.80
	Ca	N2	19.05	1.50	0.40	1.90	0.47	0.18	5.24	5.06
	N2	LM	19.05	1.50	0.40	1.90	0.38	0.12	5.06	4.94
	LM	Ba	12.70	1.50	0.64	2.14	0.20	0.16	4.94	4.78
	N2	La	12.70	3.00	0.98	3.98	0.20	0.29	5.06	4.77
	La	Du	12.70	1.80	0.46	2.26	0.20	0.17	4.77	4.60

Fuente: www.hidrasoftware.com

8.2.Cálculo de nodos: En esta sección, se entrega la información referente a los nodos de la instalación, como la presión de agua fría y agua caliente.

Img. 24:Tabla de Nodos

Nodos y Tramos					
Diámetros					
Accesorios					
Montante					
Tabla de Nodos					
Etiqueta	Tipo	Presión AF [mH2O]	Presión Salida AF [mH2O]	Presión AC [mH2O]	Presión Salida AC [mH2O]
Montante		6.30	0.00	0.00	0.00
N1		6.14	0.00	0.00	0.00
N2		5.92	0.00	4.95	0.00
N3		5.82	0.00	0.00	0.00
Fr		5.95	5.37	4.69	4.12
Ca		6.07	0.00	5.13	0.00
LM		5.79	4.70	4.83	3.74
Ba		5.63	4.74	4.67	3.77
La		5.64	4.77	4.65	3.78
WC		5.53	5.09	0.00	0.00
Du		5.46	3.28	4.49	2.30
Ma1		5.42	5.00	0.00	0.00
Ma2		5.76	5.34	0.00	0.00

Fuente: www.hidrasoftware.com

8.3.Tabla unidades de gasto, velocidad, diámetros: Esta es una de las tablas más importantes que se obtienen del software, ya que se presentan todos los parámetros que la autoridad fiscaliza para saber si la instalación cumple las condiciones mínimas de abastecimiento de agua.

Img. 25: Tabla "Cálculo de Diámetros en Tuberías"

Cálculo de Diámetros en Tuberías									
	Nodo Final	Nodo Inicial	Pieza Sanitaria	UG Pieza	UG Tramo	Gasto Probable [l/s]	D cálculo [mm]	DN [mm]	Velocidad Final [m/s]
▶	Du	La	Ducha	1.50	1.50	0.20	13.03	12.70	0.92
	La	N2	Lavamanos	0.75	2.25	0.20	13.03	12.70	0.92
	Ba	LM	Batea	2.00	2.00	0.20	13.03	12.70	0.92
	LM	N2	Lavadora	3.00	5.00	0.38	17.96	19.05	1.01
	N2	Ca		0.00	7.25	0.47	19.92	19.05	1.25
	Fr	Ca	Fregadero	1.50	1.50	0.20	13.03	12.70	0.92
	Ma2	N3	Manguera de Jardín	3.00	3.00	0.20	13.03	19.05	0.53
	Ma1	Du	Manguera de Jardín	3.00	3.00	0.20	13.03	19.05	0.53
	Du	WC	Ducha	1.50	4.50	0.32	16.48	19.05	0.85
	WC	La	WC Con Tanque	3.00	7.50	0.48	20.08	19.05	1.27
	La	N3	Lavamanos	0.75	8.25	0.50	20.60	19.05	1.33
	N3	N2		0.00	11.25	0.61	22.71	25.40	0.95
	Ba	LM	Batea	2.00	2.00	0.20	13.03	12.70	0.92
	LM	N2	Lavadora	3.00	5.00	0.38	17.96	19.05	1.01
	N2	Ca		0.00	16.25	0.77	25.54	25.40	1.21
	Ca	N1	Calentador	0.00	25.00	1.07	30.21	38.10	0.75
	Fr	N1	Fregadero	1.50	1.50	0.20	13.03	12.70	0.92
	N1	Montante		0.00	26.50	1.13	30.97	38.10	0.79

Fuente: www.hidrasoftware.com

8.4. Tabla longitudes equivalentes en tuberías: Este cuadro, presenta los largos equivalentes de cada elemento que se encuentra en la tubería, con la finalidad de mostrar en forma cuantitativa el aporte a la pérdida de carga de cada componente.

Img. 26: Tabla: "Cálculo de Longitudes Equivalentes en Tramos de Tuberías"

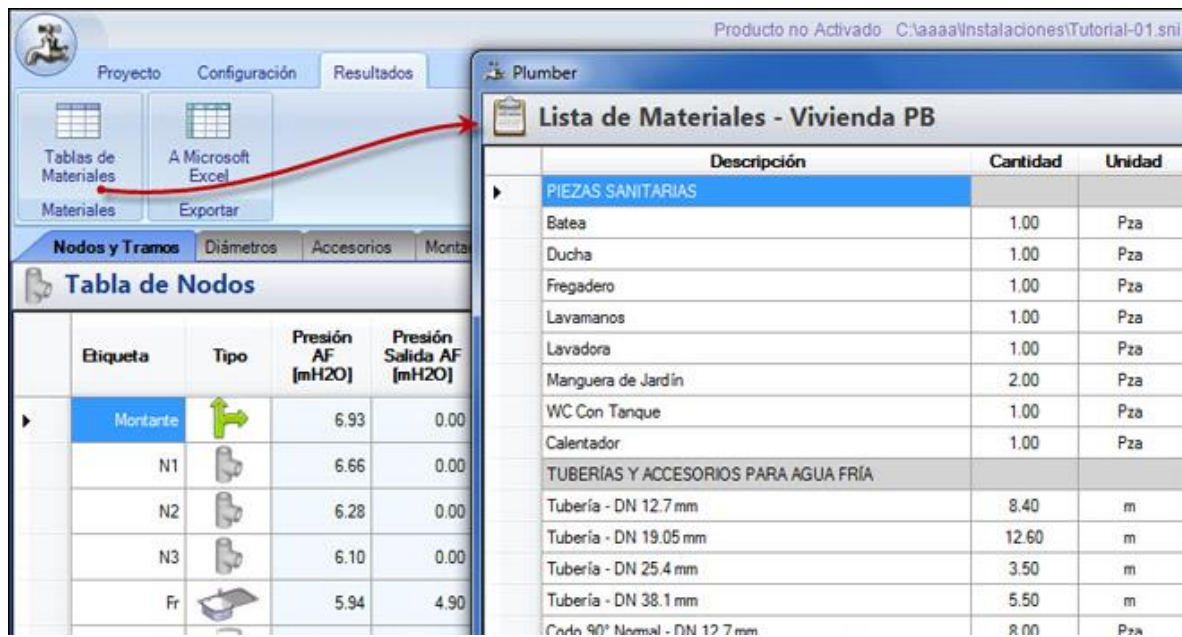
Cálculo de Longitudes Equivalentes en Tramos de Tuberías							
	Nodo Inicial	Nodo Final	Accesorio	DN [mm]	Cantidad	Le Pieza [m]	Le Total [m]
▶	Montante	N1	Tee Flujo Normal	38.10	1.00	0.85	
			Llave de Bola	38.10	1.00	0.27	
			Válvula de Retención	38.10	1.00	4.83	5.95
	N1	Fr	Codo 90° Normal	12.70	1.00	0.46	
			Reducción	12.70	1.00	0.18	0.64
	N1	Ca	Tee Flujo Normal	38.10	1.00	0.85	0.85
	Ca	N2	Tee Flujo Normal	25.40	1.00	0.52	
			Reducción	25.40	1.00	0.31	0.83
	N2	LM	Tee Flujo Normal	19.05	1.00	0.40	
			Reducción	19.05	1.00	0.24	0.64
	LM	Ba	Codo 90° Normal	12.70	1.00	0.46	
			Reducción				0.64
	N2	N3	Tee Flujo Normal				0.52
	N3	La	Tee Flujo Normal				
			Reducción				0.64
	La	WC	Tee Flujo Normal				0.40
	WC	Du	Tee Flujo Normal	19.05	1.00	0.40	0.40
	Du	Ma1	Codo 90° Normal	19.05	1.00	0.64	0.64
	N3	Ma2	Codo 90° Normal	19.05	1.00	0.64	

En función de los diámetros de cada tramo el programa agregará la reducción necesaria

Fuente: www.hidrasoftware.com

8.5.Lista de materiales: Esta tabla, toma fundamental importancia, sobre todo al momento de cubicar una instalación, ya que entrega un listado completo de artefactos, tuberías y fittings, clasificados por diámetros o por otras características.

Img. 27:Tabla: "Lista de Materiales"



Producto no Activado C:\aaaa\Instalaciones\Tutorial-01.sni

Proyecto Configuración Resultados

Tablas de Materiales A Microsoft Excel

Materiales Exportar

Nodos y Tramos Diámetros Accesorios Montaje

Tabla de Nodos

	Etiqueta	Tipo	Presión AF [mH2O]	Presión Salida AF [mH2O]
▶	Montante		6.93	0.00
	N1		6.66	0.00
	N2		6.28	0.00
	N3		6.10	0.00
	Fr		5.94	4.90

Lista de Materiales - Vivienda PB

Descripción	Cantidad	Unidad
PIEZAS SANITARIAS		
Batea	1.00	Pza
Ducha	1.00	Pza
Fregadero	1.00	Pza
Lavamanos	1.00	Pza
Lavadora	1.00	Pza
Manguera de Jardín	2.00	Pza
WC Con Tanque	1.00	Pza
Calentador	1.00	Pza
TUBERÍAS Y ACCESORIOS PARA AGUA FRÍA		
Tubería - DN 12.7 mm	8.40	m
Tubería - DN 19.05 mm	12.60	m
Tubería - DN 25.4 mm	3.50	m
Tubería - DN 38.1 mm	5.50	m
Codo 90° Normal - DN 12.7 mm	8.00	Pza

Fuente: www.hidrasoftware.com

Capítulo 5:

ENSAYOS Y PRUEBAS

En esta sección, se demuestra la hipótesis planteada, para ello, se realizará una exhaustiva comparación entre los métodos comúnmente utilizados por los proyectistas sanitarios y la propuesta de la hipótesis del proyecto.

A continuación, se presentan dos casos de estudio, los cuales corresponden a una vivienda unifamiliar y una edificación en altura. A partir de esto, se realizarán las comparaciones entre los métodos de diseño empleados y mencionados anteriormente, con el objeto de obtener parámetros como tiempos de trabajo, análisis y diferencias de resultados, entre otros.

5.1 Caso 1: Vivienda unifamiliar

El primer caso corresponde al diseño de una red de agua potable, para una vivienda del Sr. Pedro Arriagada Correa. Dicho proyecto cuya superficie es de 132.32 [m²], se encuentra ubicado en la parcelación San Luis, lote N°20, comuna de Rauco, provincia de Curicó, cuenta con permiso de obra nueva según resolución municipal y actualmente se encuentra en la etapa de construcción. En cuanto a sus características principales, se puede destacar que su estructura es de tabiquería en madera, con revestimiento exterior en siding de fibrocemento e interior en yeso cartón/fibrocemento; piso en radier revestido en cerámico y piso flotante; fundación corrida en hormigón armado; estructura de cubierta con cerchas de madera y revestimiento en teja asfáltica. Posee un muro de albañilería, el cual queda al exterior para futura habilitación de quincho y terraza.

En cuanto al suministro de agua potable, este cuenta con factibilidad según certificado N°245 otorgado el día 26 de Septiembre de 2018, por el Sr. Otoniel Eduardo Marchant Axt, presidente del comité de agua potable rural “El Plumero” de Rauco.

5.1.1 Diseño de red de agua potable utilizando Plumber.

A continuación, se muestra el procedimiento en forma resumida, haciendo más énfasis en el tiempo empleado para proyectar una instalación de agua potable, usando la metodología propuesta.

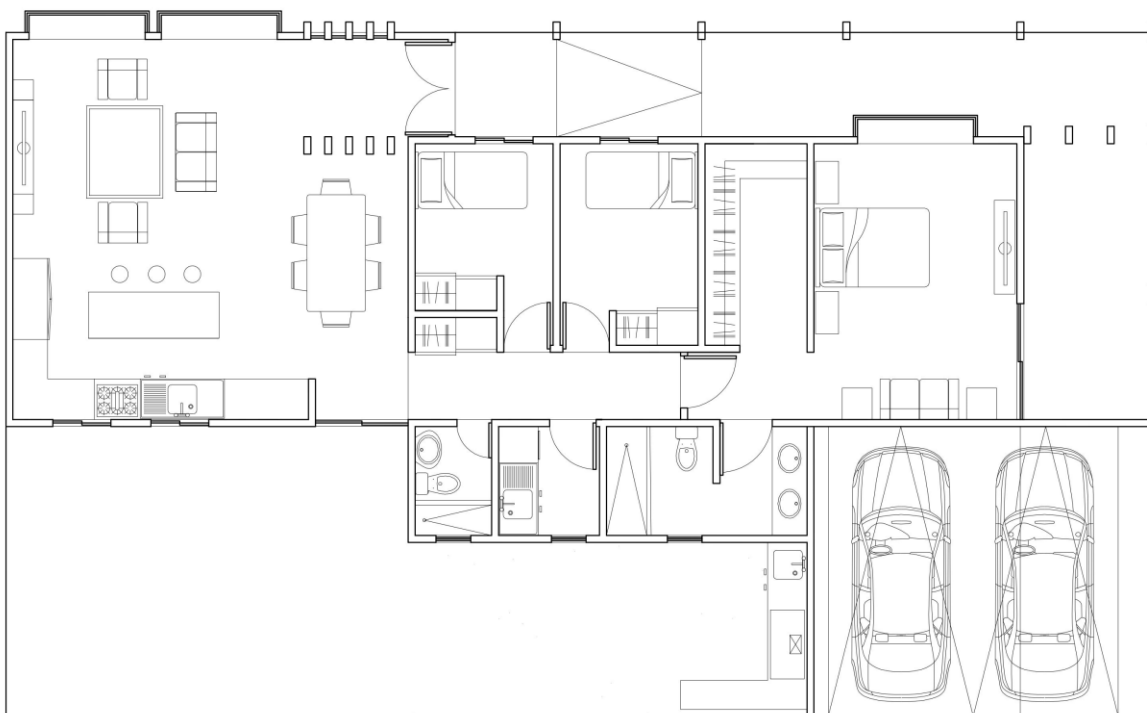
En primera instancia, se cuenta con una planta de arquitectura y un plano de emplazamiento, los cuales sirven para situar espacialmente la instalación. Para efectos de esta prueba, solamente se ocupará la planta de arquitectura del primer nivel; para ambos casos, se modelará la misma instalación, con tubería de cobre, diámetro por definir.

5.1.1.1 Descripción

En cuanto a la composición de la instalación propiamente tal, ésta comienza con un arranque con presión inicial igual a 14 [mca], y se extiende con tuberías de cobre de diámetro variable por el sector del quincho de la vivienda, llegando hasta el artefacto más desfavorable. A continuación, se presenta una tabla con los resultados obtenidos, así como también las vistas de planta de arquitectura de la vivienda, la planta de la instalación de agua fría y agua caliente, y finalmente las vistas isométricas de la instalación de agua fría y caliente.

5.1.1.2 Planimetrías

Img. 28: Planta de Arquitectura



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la imagen anterior, la vivienda es un proyecto de un nivel, con dos baños, un living comedor, cocina, tres dormitorios, un quincho, una terraza y un estacionamiento, por lo que el proyecto sanitario no se considera difícil de desarrollar. A continuación, se presenta la instalación de agua potable fría.

The diagram illustrates the water supply network for a building, showing the layout of the building and the corresponding piping system. The network is divided into two main sections: the left section (rooms 1-3) and the right section (rooms 4-6).

Left Section (Rooms 1-3):

- Room 1 (Living Area):** Contains a toilet (T1) and a sink (W1). The piping system includes nodes N1, N2, N3, N4, N5, and N6. Pipe diameters (d) and lengths (l) are specified for each segment.
- Room 2 (Bathroom):** Contains a toilet (T2) and a sink (W2). The piping system includes nodes N7, N8, N9, N10, and N11. Pipe diameters (d) and lengths (l) are specified for each segment.
- Room 3 (Kitchen):** Contains a sink (W3) and a stove (K1). The piping system includes nodes N12, N13, N14, N15, and N16. Pipe diameters (d) and lengths (l) are specified for each segment.

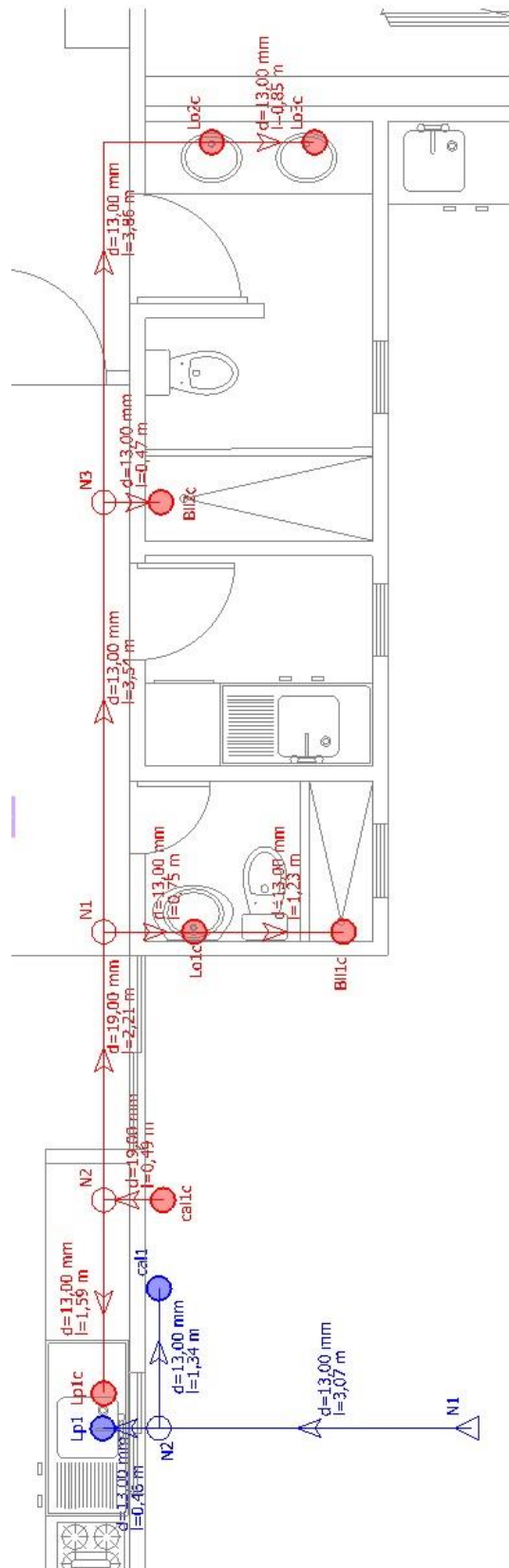
Right Section (Rooms 4-6):

- Room 4 (Living Area):** Contains a toilet (T1) and a sink (W1). The piping system includes nodes N1, N2, N3, N4, N5, and N6. Pipe diameters (d) and lengths (l) are specified for each segment.
- Room 5 (Bathroom):** Contains a toilet (T2) and a sink (W2). The piping system includes nodes N7, N8, N9, N10, and N11. Pipe diameters (d) and lengths (l) are specified for each segment.
- Room 6 (Kitchen):** Contains a sink (W3) and a stove (K1). The piping system includes nodes N12, N13, N14, N15, and N16. Pipe diameters (d) and lengths (l) are specified for each segment.

The diagram also shows the layout of the building with rooms and fixtures labeled. The piping system is shown in blue, and the building layout is shown in black. The network is divided into two main sections: the left section (rooms 1-3) and the right section (rooms 4-6).

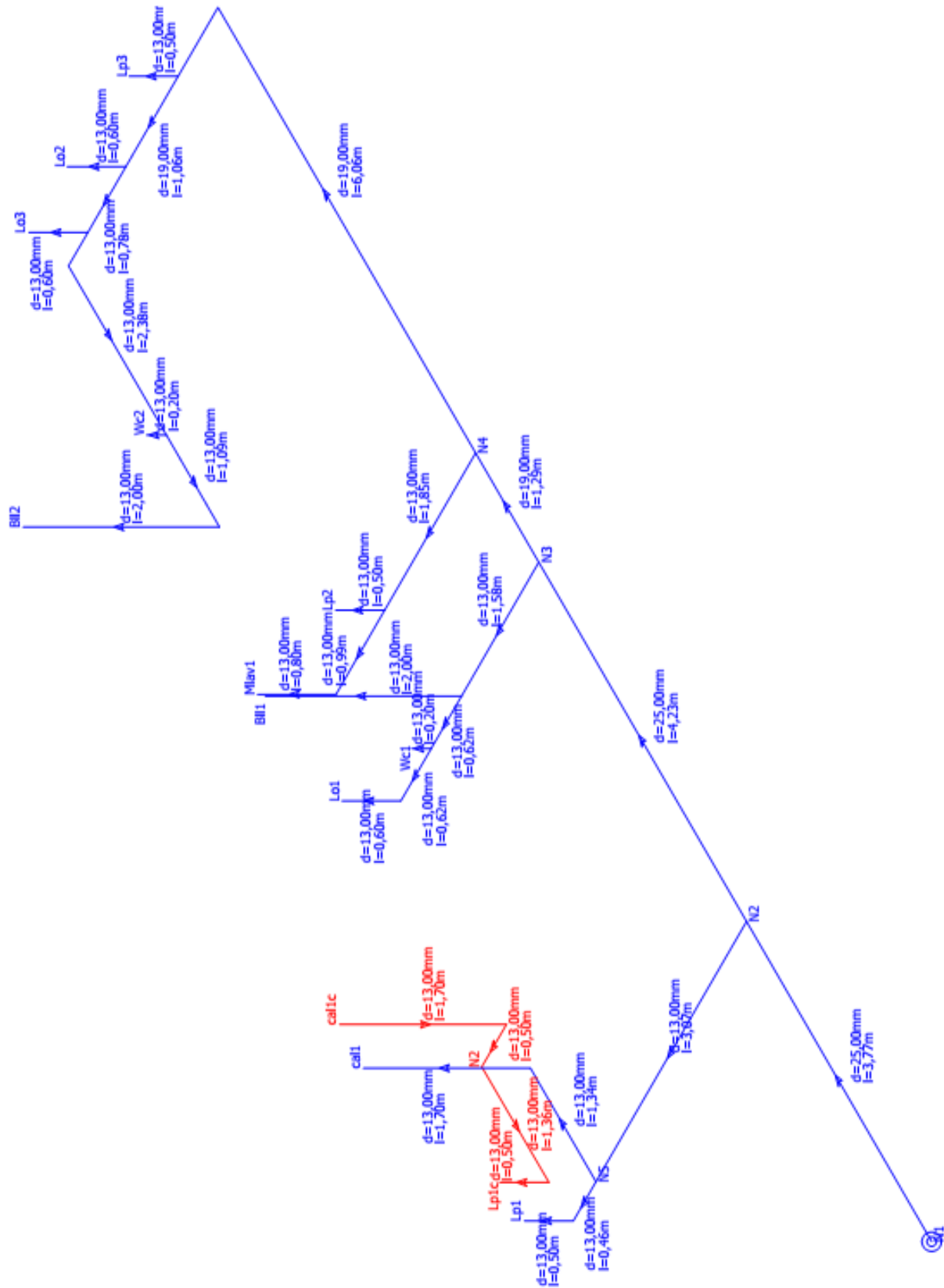
60

Img. 30: Diseño de instalación de agua potable caliente



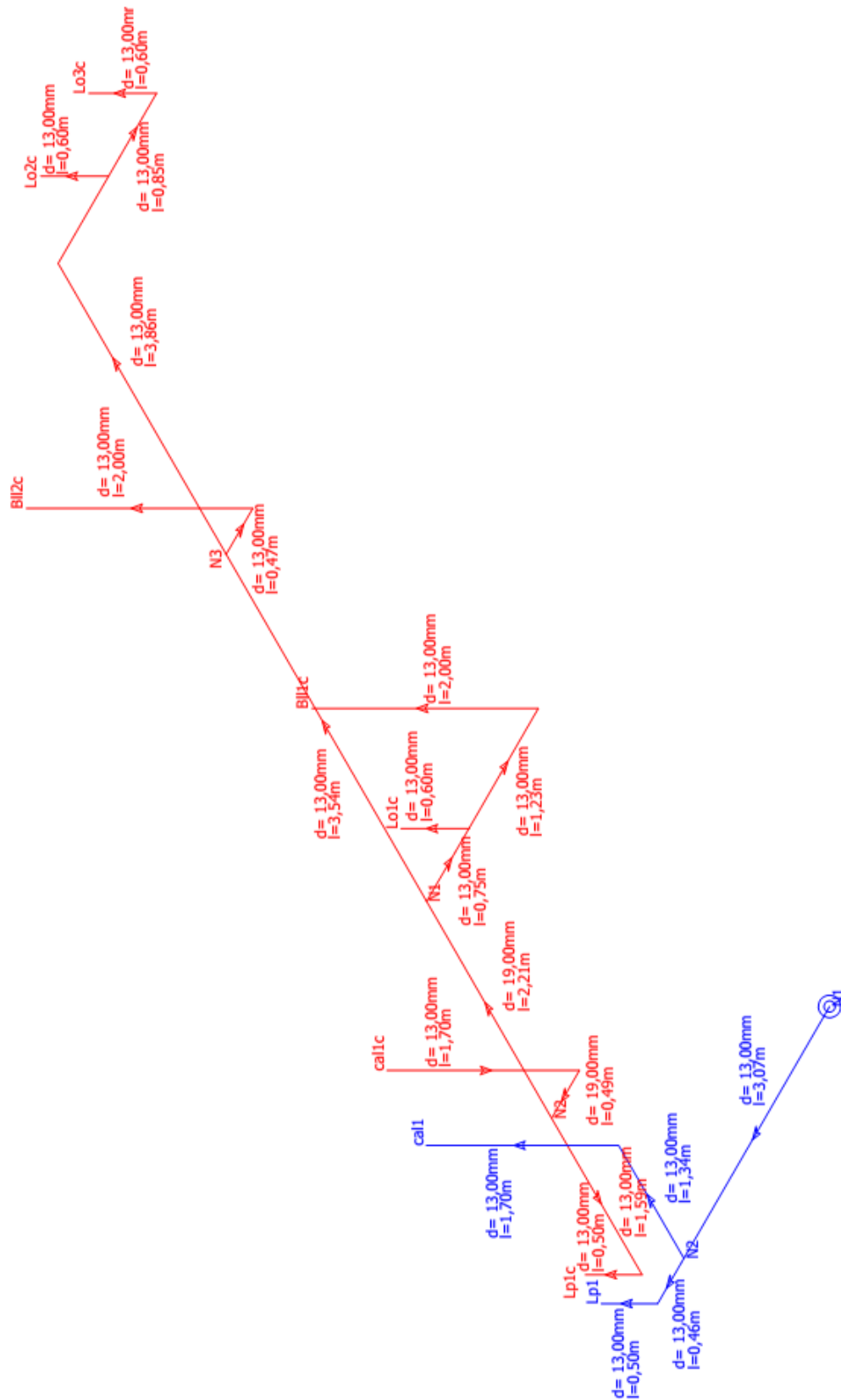
Fuente: Elaboración propia

Img. 31: Vista en isométrico de instalación de agua potable fría



Fuente: Elaboración propia

Img. 32: Vista en isométrico de instalación de agua potable caliente



Fuente: Elaboración propia

5.1.1.3 Resultados

A partir del diseño anterior planteado, se obtienen los siguientes resultados tras importar las tablas de cálculo de Excel.

Img. 33: Presiones y pérdidas red de agua potable fría

Nodo Inicial	Nodo Final	DN [mm]	Longitud [m]	Longitud Equivalente [m]	Longitud Total [m]	Gasto [l/min]	Pérdida Total [mH ₂ O]	Presión Inicio [mH ₂ O]	Presión Fin [mH ₂ O]
N1	N2	25,00	3,77	0,40	4,17	45,73	0,41	14,00	13,59
N2	N3	25,00	4,23	0,40	4,63	42,39	0,40	13,59	13,19
N3	Bll1	13,00	1,58	0,56	2,14	17,27	0,76	13,19	12,43
Bll1	Wc1	13,00	0,62	0,20	0,82	12,72	0,16	12,43	12,27
Wc1	Lo1	13,00	0,62	0,20	0,82	7,21	0,06	12,27	12,21
N3	N4	19,00	1,29	0,79	2,08	34,07	0,44	13,19	12,75
N4	Lp2	13,00	1,85	0,56	2,41	16,84	0,81	12,75	11,94
Lp2	Mlav1	13,00	0,99	0,20	1,19	11,24	0,19	11,94	11,75
N2	N5	19,00	3,07	0,79	3,86	9,60	0,08	13,59	13,51
N5	Lp1	13,00	0,46	0,56	1,02	9,60	0,12	13,51	13,39
N4	Bll2	19,00	5,21	0,67	5,88	25,04	0,70	12,75	12,06
Bll2	Wc2	19,00	1,04	0,29	1,33	21,32	0,12	12,06	11,94
Wc2	Lo2	13,00	2,28	0,70	2,98	17,27	1,05	11,94	10,89
Lo2	Lo3	13,00	0,78	0,20	0,98	13,70	0,23	10,89	10,66
Lo3	Lp3	13,00	1,08	0,20	1,28	9,60	0,15	10,66	10,51

Fuente: Elaboración propia

Img. 34: Gasto probable, diámetro nominal y velocidad red AP fría

Nodo Final	Nodo Inicial	Pieza Sanitaria	UG Pieza	UG Tramo	Gasto [l/min]	D cálculo [mm]	DN [mm]	Vel. Final [m/s]
Lp3	Lo3	Lavaplatos	12,00	12,00	9,60	10,09	13,00	1,06
Lo3	Lo2	Lavamanos	8,00	20,00	13,70	12,06	13,00	1,52
Lo2	Wc2	Lavamanos	8,00	28,00	17,27	13,53	13,00	1,91
Wc2	Bll2	WC Con Tanque	10,00	38,00	21,32	15,04	19,00	1,14
Bll2	N4	Ducha	10,00	48,00	25,04	16,30	19,00	1,34
Lp1	N5	Lavaplatos	12,00	12,00	9,60	10,09	13,00	1,06
N5	N2		0,00	12,00	9,60	10,09	19,00	0,51
Mlav1	Lp2	Lavadora	15,00	15,00	11,24	10,92	13,00	1,25
Lp2	N4	Lavaplatos	12,00	27,00	16,84	13,37	13,00	1,87
N4	N3		0,00	75,00	34,07	19,01	19,00	1,82
Lo1	Wc1	Lavamanos	8,00	8,00	7,21	8,75	13,00	0,80
Wc1	Bll1	WC Con Tanque	10,00	18,00	12,72	11,62	13,00	1,41
Bll1	N3	Ducha	10,00	28,00	17,27	13,53	13,00	1,91
N3	N2		0,00	103,00	42,39	21,21	25,00	1,33
N2	N1		0,00	115,00	45,73	22,03	25,00	1,43

Fuente: Elaboración propia

Img. 35: Lista de materiales red de agua potable fría

Descripción	Cantidad	Unidad
PIEZAS SANITARIAS		
Ducha	2	Pza
Lavaplatos	3	Pza
Lavamanos	3	Pza
Lavadora	1	Pza
WC Con Tanque	2	Pza
TUBERÍAS Y ACCESORIOS PARA AGUA FRÍA		
Tubería - DN 13 mm	18,7	m
Tubería - DN 19 mm	10,6	m
Tubería - DN 25 mm	8,0	m
Codo 90° Normal - DN 13 mm	12	Pza
Codo 90° Normal - DN 19 mm	1	Pza
Codo 90° Normal - DN 25 mm	1	Pza
Tee Flujo Normal - DN 13 mm	9	Pza
Tee Flujo Normal - DN 19 mm	4	Pza
Tee Flujo Normal - DN 25 mm	1	Pza
Llave de Compuerta - DN 13 mm	3	Pza
Llave de Compuerta - DN 19 mm	1	Pza
Llave de Ángulo - DN 13 mm	9	Pza
Reducción - DN 25,00 x 13,00 mm	1	Pza
Reducción - DN 25,00 x 19,00 mm	2	Pza
Reducción - DN 19,00 x 13,00 mm	5	Pza

Fuente: Elaboración propia

Img. 36: Presión de salida del agua fría

Etiqueta	Tipo	Presión AF [mH2O]	Presión Salida AF [mH2O]	Presión AC [mH2O]	Presión Salida AC [mH2O]
N1	Montante	14,00	0,00	0,00	0,00
N2		13,59	0,00	0,00	0,00
Lp1	Lavaplatos	13,39	12,71	0,00	0,00
N3		13,19	0,00	0,00	0,00
Bl1	Ducha	12,43	10,42	0,00	0,00
Wc1	WC Con Tanque	12,27	11,93	0,00	0,00
Lo1	Lavamanos	12,21	11,51	0,00	0,00
N4		12,75	0,00	0,00	0,00
Lp2	Lavaplatos	11,94	11,26	0,00	0,00
Mlav1	Lavadora	11,75	10,71	0,00	0,00
N5		13,51	0,00	0,00	0,00
Bl2	Ducha	12,06	10,04	0,00	0,00
Wc2	WC Con Tanque	11,94	11,60	0,00	0,00
Lo2	Lavamanos	10,89	10,18	0,00	0,00
Lo3	Lavamanos	10,66	9,96	0,00	0,00
Lp3	Lavaplatos	10,51	9,83	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la red de agua caliente, se obtienen los siguientes resultados:

Img. 37: Presiones y pérdidas red de agua potable caliente

Nodo Inicial	Nodo Final	DN [mm]	Longitud [m]	Longitud Equivalente [m]	Longitud Total [m]	Gasto [l/min]	Pérdida Total [mH ₂ O]	Presión Inicio [mH ₂ O]	Presión Fin [mH ₂ O]
cal1c	N1	19,00	0,49	0,29	0,78	27,86	0,11	10,73	10,62
N1	Lp1c	13,00	1,59	0,85	2,44	9,60	0,29	10,62	10,33
N1	N2	19,00	2,21	0,76	2,97	23,59	0,32	10,62	10,30
N2	Lo1c	13,00	0,75	0,50	1,25	12,72	0,25	10,30	10,05
Lo1c	Bll1c	13,00	1,23	0,20	1,43	8,50	0,14	10,05	9,92
N2	N3	13,00	3,54	0,50	4,04	16,41	1,30	10,30	9,00
N3	Bll2c	13,00	0,47	0,20	0,67	8,50	0,06	9,00	8,94
N3	Lo2c	13,00	3,86	0,40	4,26	11,73	0,74	9,00	8,27
Lo2c	Lo3c	13,00	0,85	0,20	1,05	7,21	0,07	8,27	8,19

Fuente: Elaboración propia

Img. 38: Gasto probable, diámetro nominal y velocidad red AP caliente

Nodo Final	Nodo Inicial	Pieza Sanitaria	UG Pieza	UG Tramo	Gasto [l/min]	D cálculo [mm]	DN [mm]	Vel. Final [m/s]
Lo3c	Lo2c	Lavamanos	8,00	8,00	7,21	8,75	13,00	0,80
Lo2c	N3	Lavamanos	8,00	16,00	11,73	11,16	13,00	1,30
Bll2c	N3	Ducha	10,00	10,00	8,50	9,50	13,00	0,94
N3	N2		0,00	26,00	16,41	13,20	13,00	1,82
Bll1c	Lo1c	Ducha	10,00	10,00	8,50	9,50	13,00	0,94
Lo1c	N2	Lavamanos	8,00	18,00	12,72	11,62	13,00	1,41
N2	N1		0,00	44,00	23,59	15,82	19,00	1,26
Lp1c	N1	Lavaplatos	12,00	12,00	9,60	10,09	13,00	1,06
N1	cal1c		0,00	56,00	27,86	17,19	19,00	1,49
cal1	N2	Calentador	0,00	56,00	27,86	12,70	19,00	1,49
Lp1	N2	Lavaplatos	12,00	12,00	9,60	12,70	13,00	1,06
N2	N1		0,00	68,00	31,84	12,70	19,00	1,70

Fuente: Elaboración propia

Img. 39: Lista de materiales red de agua potable caliente

Descripción	Cantidad	Unidad
PIEZAS SANITARIAS		
Ducha	2	Pza
Lavaplatos	1	Pza
Lavamanos	3	Pza
Calentador	1	Pza
TUBERÍAS Y ACCESORIOS PARA AGUA FRÍA		
Tubería - DN 13 mm	0,96	m
Tubería - DN 19 mm	6,11	m
Codo 90° Normal - DN 13 mm	1	Pza
Codo 90° Normal - DN 19 mm	1	Pza
Tee Flujo Normal - DN 13 mm	1	Pza
Tee Flujo Normal - DN 19 mm	2	Pza
Llave de Ángulo - DN 13 mm	1	Pza
Llave de Ángulo - DN 19 mm	1	Pza
Pérdida Calefont - DN 19 mm	1	Pza
Reducción - DN 19,00 x 13,00 mm	1	Pza
TUBERÍAS Y ACCESORIOS PARA AGUA CALIENTE		
Tubería - DN 13 mm	18,59	m
Tubería - DN 19 mm	4,40	m
Codo 90° Normal - DN 13 mm	7	Pza
Codo 90° Normal - DN 19 mm	1	Pza
Tee Flujo Normal - DN 13 mm	7	Pza
Tee Flujo Normal - DN 19 mm	2	Pza
Llave de Ángulo - DN 13 mm	4	Pza
Llave de Ángulo - DN 19 mm	1	Pza
Pérdida Calefont - DN 19 mm	1	Pza
Reducción - DN 19,00 x 13,00 mm	3	Pza

Fuente: Elaboración propia

Img. 40: Presión de salida del agua caliente

Etiqueta	Tipo	Presión AF [mH2O]	Presión Salida AF [mH2O]	Presión AC [mH2O]	Presión Salida AC [mH2O]
N1	Montante	13,59	0,00	0,00	0,00
N2		12,97	0,00	0,00	0,00
Lp1	Lavaplatos	12,85	12,17	10,33	9,65
cal1	Calentador	12,73	0,00	10,73	0,00
N1		0,00	0,00	10,62	0,00
N2		0,00	0,00	10,30	0,00
Lo1c	Lavamanos	0,00	0,00	10,05	9,35
Bl1c	Ducha	0,00	0,00	9,92	7,90
N3		0,00	0,00	9,00	0,00
Bl2c	Ducha	0,00	0,00	8,94	6,92
Lo2c	Lavamanos	0,00	0,00	8,27	7,56
Lo3c	Lavamanos	0,00	0,00	8,19	7,49

Fuente: Elaboración propia

El tiempo empleado en modelar y calcular con el software propuesto es de 33 minutos, lo que va de la mano con lo señalado en los capítulos anteriores, es decir, que el programa en estudio reduce considerablemente los tiempos de diseño de una red de agua potable tanto fría como caliente. A continuación, se realizará lo mismo descrito anteriormente, pero con el método realizado tradicionalmente.

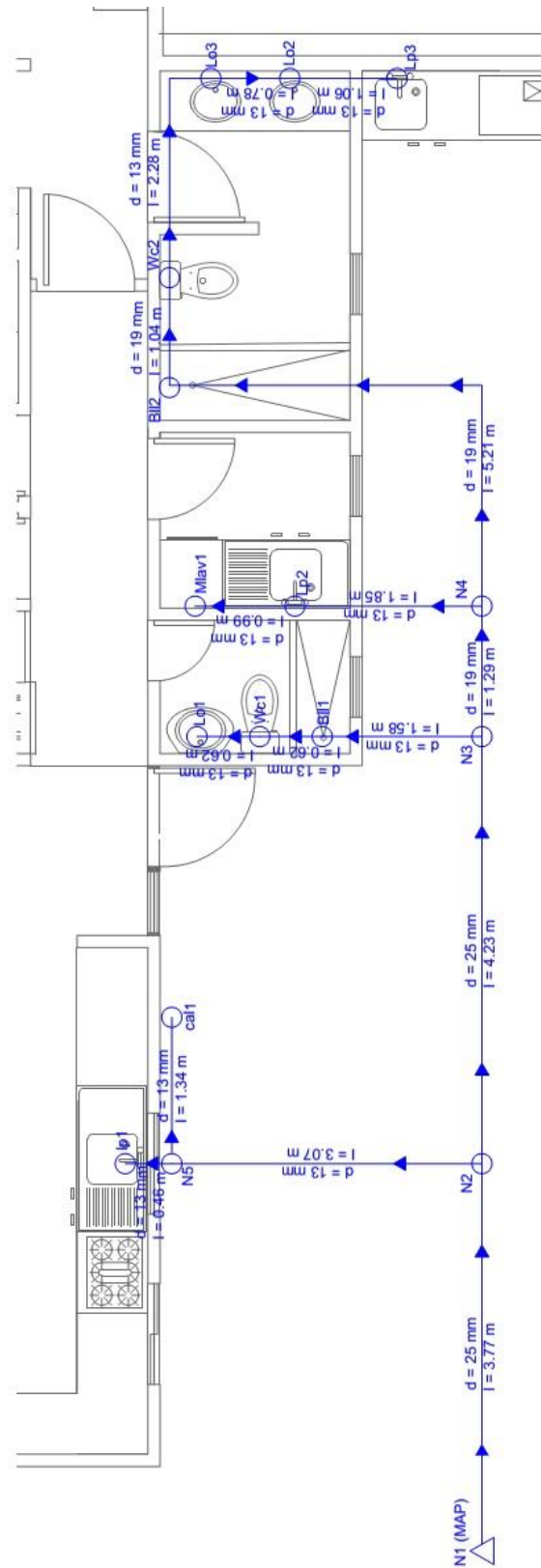
5.1.2 Diseño de red de agua potable utilizando Excel/AutoCAD.

A continuación, se muestra el diseño realizado utilizando los programas AutoCAD para dibujar y Excel para calcular y se mostrarán los modelos dibujados y los cálculos obtenidos, con el objeto de realizar las comparaciones necesarias y observaciones.

5.1.2.1 Planimetrías

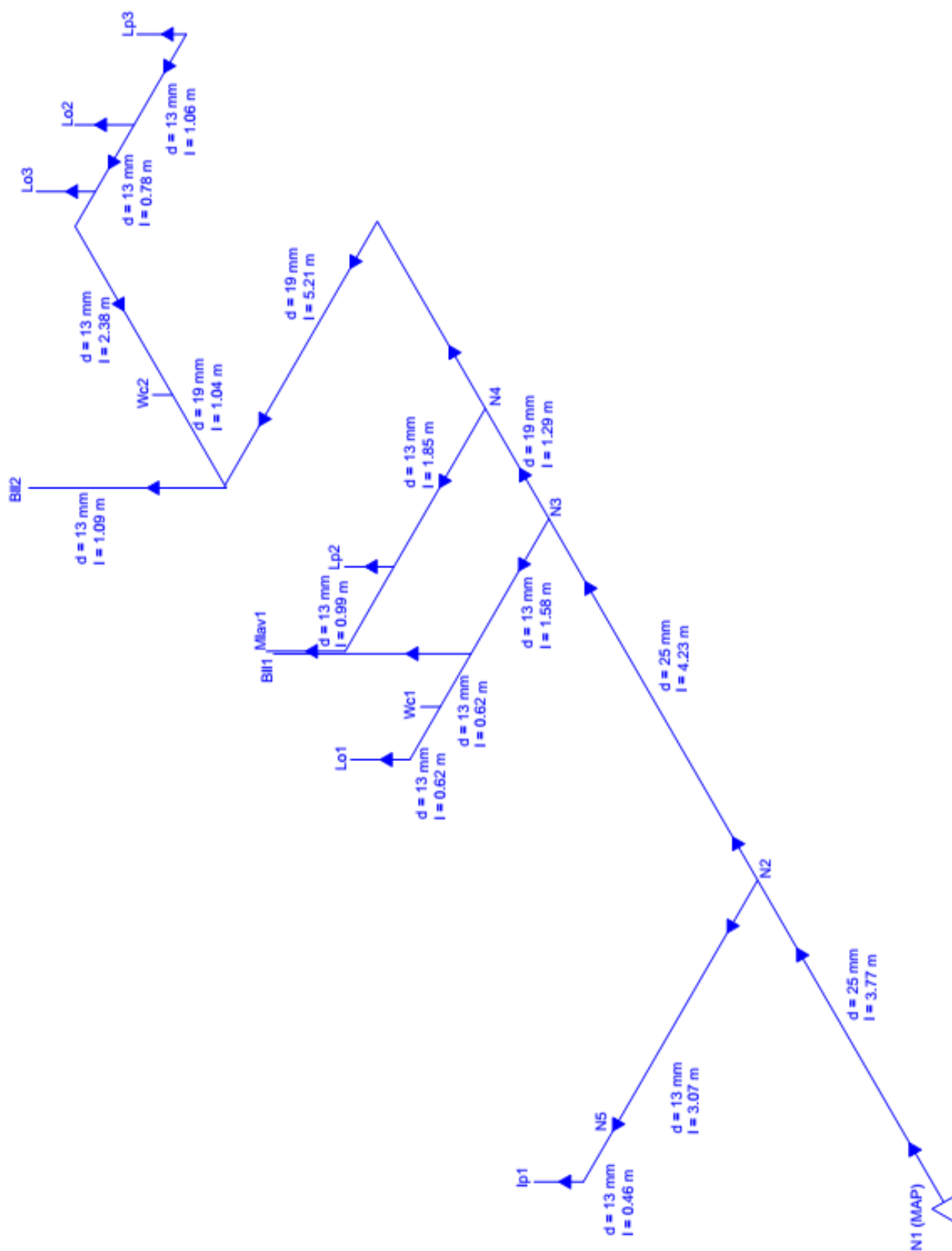
En esta sección se muestran los diseños de planimetrías realizados con el programa AutoCAD.

Img. 41: Planta de instalación de agua potable fría utilizando AutoCAD



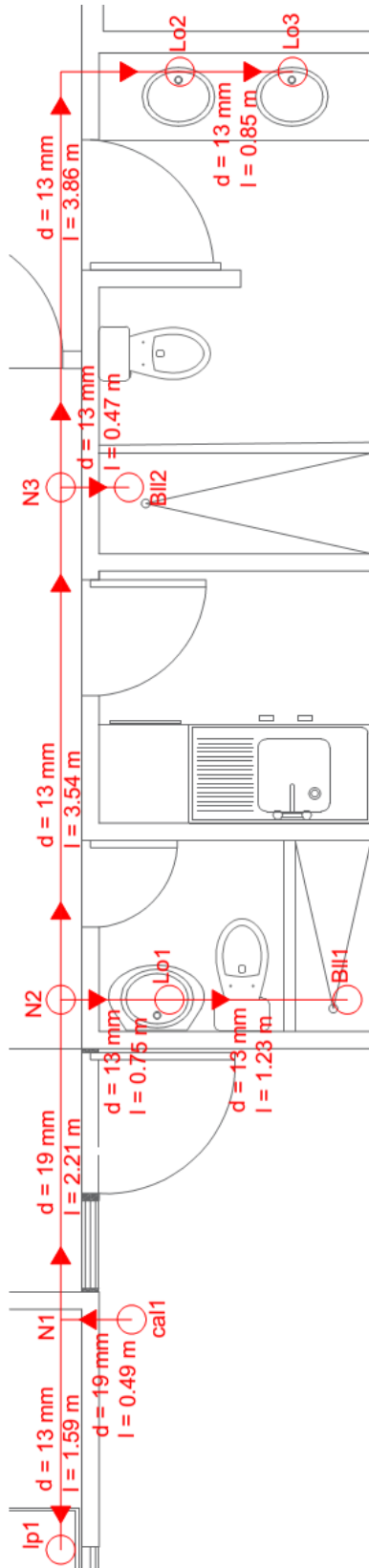
Fuente: Elaboración propia

Img. 42: Visto en isométrico de instalación de agua potable usando AutoCAD



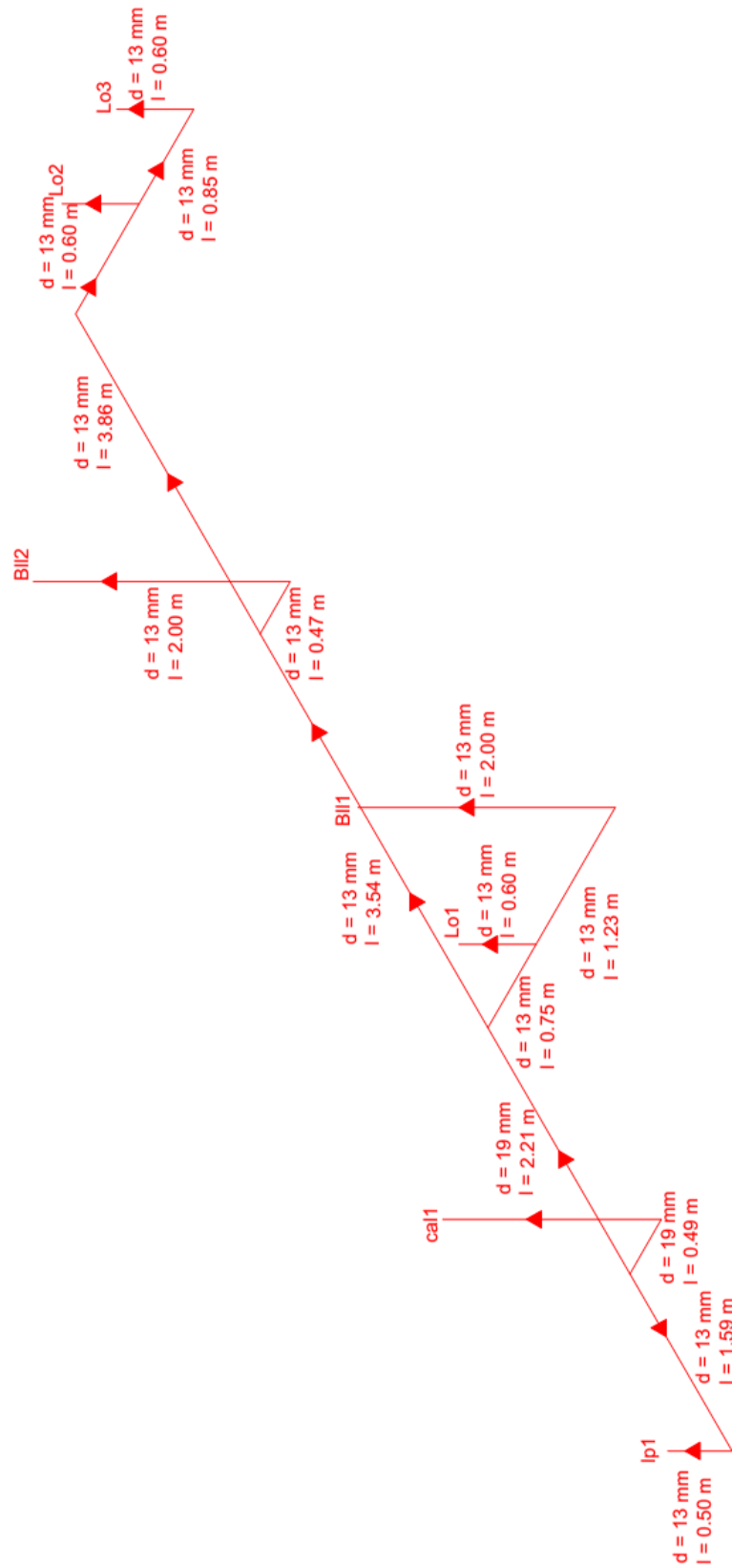
Fuente: Elaboración propia

Img. 43: Planta de agua potable caliente usando AutoCAD



Fuente: Elaboración propia

Img. 44: Vista en isométrico de instalación de agua potable caliente usando AutoCAD



Fuente: Elaboración propia

5.1.2.2 Cálculos.

Img. 45: Cálculos red de agua potable fría

Tramo		Largo [m]	DN [mm]	Diámetro [mm]	Area [m ²]	Qi [lts/min]	QMP [lts/min]	Velocidad [m/s]	Pérdida de Carga			Pérdida Total [mca]	Presión Inicial [mca]	Presión Disponible [mca]
Inicial	Final								Tubería		Dif Piezométrica [mca]			
									J Unitario [m/m]	accesorios [mt]	Pérdida en Tubería [mca]			
N1	N2	3,77	25	26,04	0,000533	115	45,74	1,43	0,10	0,4	0,43	0	0,43	13,57
N2	N3	4,23	25	26,04	0,000533	103	42,40	1,33	0,09	0,4	0,41	0	0,41	13,57
N3	N4	1,29	19	19,95	0,000313	75	34,07	1,82	0,22	0,79	0,45	0	0,45	12,71
N4	Lp3	6,06	19	19,95	0,000313	48	25,05	1,34	0,13	0,58	0,84	0	0,84	12,71
Lp3	Lo2	1,06	19	19,95	0,000313	36	20,55	1,10	0,09	0,29	0,12	0	0,12	11,87
Lo2	Lo3	0,78	13	13,84	0,00015	28	17,28	1,91	0,37	0,5	0,48	0	0,48	11,75
Lo3	Wc2	2,38	13	13,84	0,00015	20	13,70	1,52	0,25	0,4	0,69	0	0,69	11,27
Wc2	Bll2	1,09	13	13,84	0,00015	10	8,50	0,94	0,11	0,2	0,14	0	0,14	10,58
N4	Lp2	1,85	13	13,84	0,00015	27	16,85	1,87	0,36	0,5	0,84	0	0,84	11,87
Lp2	Mlav1	0,99	13	13,84	0,00015	15	11,24	1,25	0,18	0,2	0,21	0	0,21	11,03
N3	Bll1	1,58	13	13,84	0,00015	28	17,28	1,91	0,37	0,5	0,78	0	0,78	13,16
Bll	Wc1	0,62	13	13,84	0,00015	18	12,74	1,41	0,22	0,2	0,18	0	0,18	12,38
Wc1	Lo1	0,62	13	13,84	0,00015	8	7,29	0,81	0,08	0,2	0,07	0	0,07	12,20
N2	N5	3,07	13	13,84	0,00015	12	9,64	1,07	0,13	0,5	0,48	0	0,48	13,57
N5	Lp1	0,46	13	13,84	0,00015	12	9,64	1,07	0,13	0,2	0,09	0	0,09	13,09
N5	Lp1	1,34	13	13,84	0,00015	56	27,86	3,09	0,86	0,2	1,33	0	1,33	13,00

Img. 46: Cálculos red de agua potable caliente

Tramo		Largo [m]	DN [mm]	Diámetro [mm]	Area [m ²]	Qi [lts/min]	QMP [lts/min]	Velocidad [m/s]	Pérdida de Carga			Pérdida total [mca]	Presión Inicial [mca]	Presión disponible [mca]
Inicial	Final								Tubería		Dif piezométrica [mca]			
									J Unitario [m/m]	accesorios [mt]	Pérdida en tubería [mca]			
cal	N1	0,49	19	19,95	0,000313	56	27,86	1,49	0,12	0,79	0,16	0	0,16	10,73
N1	Lp1	1,59	13	13,84	0,00015	12	9,64	1,07	0,11	0,85	0,26	0	0,26	10,57
N1	N2	2,21	19	19,95	0,000313	44	23,59	1,26	0,09	0,76	0,27	0	0,27	10,57
N2	N3	3,54	13	13,84	0,00015	26	16,42	1,82	0,28	0,5	1,11	0	1,11	10,30
N3	Lo2	3,86	13	13,84	0,00015	16	11,75	1,30	0,15	0,4	0,65	0	0,65	9,19
Lo2	Lo3	0,85	13	13,84	0,00015	8	7,29	0,81	0,07	0,2	0,07	0	0,07	8,53
N3	Bll2	0,47	13	13,84	0,00015	10	8,50	0,94	0,09	0,2	0,06	0	0,06	9,19
N2	Lo1	0,75	13	13,84	0,00015	18	12,74	1,41	0,18	0,5	0,22	0	0,22	10,30
Lo1	Bll1	1,23	13	13,84	0,00015	10	8,50	0,94	0,09	0,2	0,12	0	0,12	10,08

Fuente: Elaboración propia

Para obtener la información expuesta anteriormente, se puede decir que el tiempo dedicado a realizar el diseño de la red es de 161 minutos, por lo que se demuestra lo presentado anteriormente.

5.1.3 Análisis de la información

A partir de la información expuesta anteriormente, se pueden mencionar las siguientes salvedades:

- Definitivamente, el tiempo utilizado para diseñar una instalación de agua potable utilizando Plumber es menor que usando los programas que se usan tradicionalmente, principalmente en cuanto al tiempo dedicado al dibujo en planimetría se ve beneficiado con esto.
- Existen diferencias en las presiones disponibles calculadas por ambos métodos, esto se debe a que la normativa Chilena, propone que para calcular la pérdida por roce unitaria en tuberías cuyo diámetro es menor a 100 [mm] se debe ocupar la fórmula de Fair-Whipple-Hsiao y para tuberías de diámetro mayor a 100 [mm] utiliza las fórmulas de Hazen-Williams. En este sentido, Plumber solamente utiliza la fórmula de Hazen-Williams para calcular la pérdida por roce en la tubería. Aún así, se puede decir que la diferencia en el artefacto más desfavorable no es mayor a 0.3 [mca] y que la norma NCh2485, la cual es la que propone los métodos dice textualmente “Para el cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías se puede usar algunas de las siguientes fórmulas siguientes (Fair-Whipple-Hsiao y Hazen-Williams) u otras que se utilicen para el cálculo de pérdidas de carga en instalaciones domiciliarias, cuya procedencia debe ser indicada por el proyectista.”
- Previo a utilizar el programa Plumber, se deben configurar los parámetros que vienen por defecto a la norma Chilena.

5.2 Oficinas de industria

El segundo caso de estudio corresponde al proyecto de agua potable fría y caliente para las oficinas de la empresa Andinexia S.A; que se encuentra ubicada en la comuna de Teno, sector La Montaña, región del Maule. El proyecto tiene sus orígenes en el año 2012, cuando el grupo económico francés La Blottière decide crear una planta para abastecer a Asia, Europa y Norteamérica de manzanas, peras y cerezas. De este modo, la superficie construida es aproximadamente de 15000 [m²] a la fecha, siendo principalmente de estructura metálica con paneles tipo PV4.

En cuanto a la instalación sanitaria propiamente tal, esta se proyecta en tuberías de PVC, de diámetro variable según cálculo, del mismo modo, los artefactos a instalar son wc con estanque y fluxómetro, lavamanos y duchas, teniendo un caudal instalado total de 501 [lt/min] y un caudal máximo probable de 126.11 [lt/min].

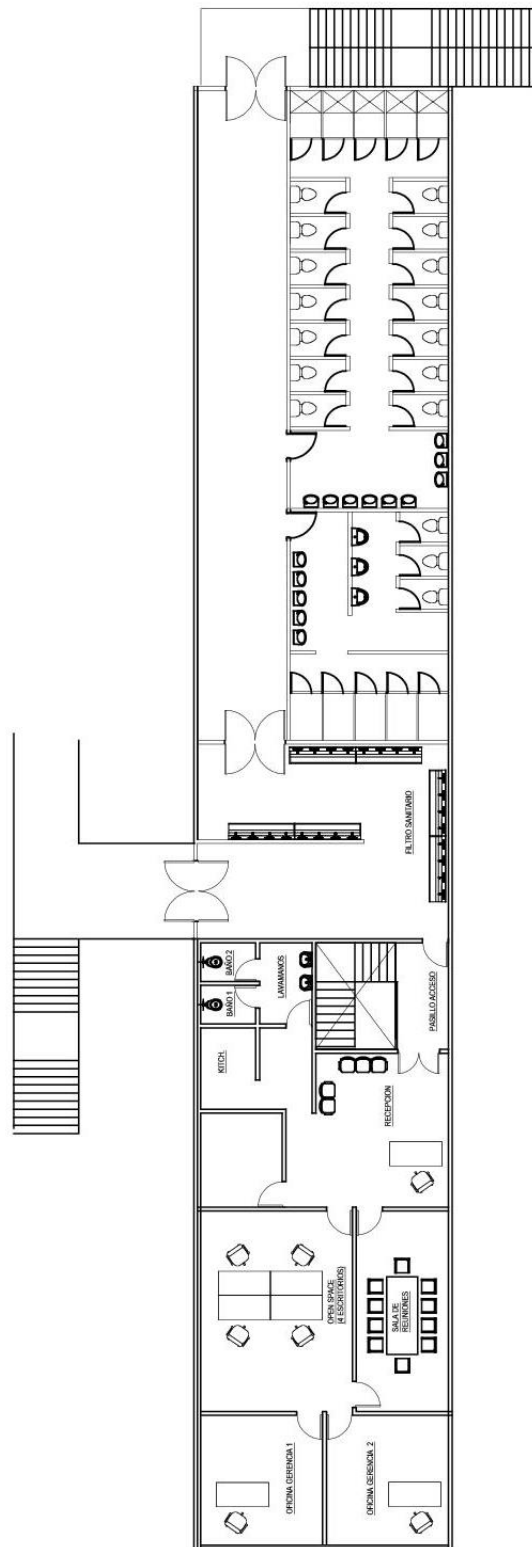
En la siguiente sección, se exponen de manera detallada los dos procedimientos.

5.2.1 Tiempo de diseño usando Plumber

Para efectos de realizar el diseño utilizando Plumber, y como se mencionó anteriormente, primero se ajustan los parámetros de caudal instalado y caudal máximo probable, para posteriormente ajustar el coeficiente de roce de Hazen-Williams a 150, dada la naturaleza del material. Finalmente, se ajustan los diámetros con los cuales se trabaja en PVC, que para estos efectos son mínimo 20 [mm]. A continuación, se muestran los resultados obtenidos, tanto con el software AutoCAD como para las planillas de Excel.

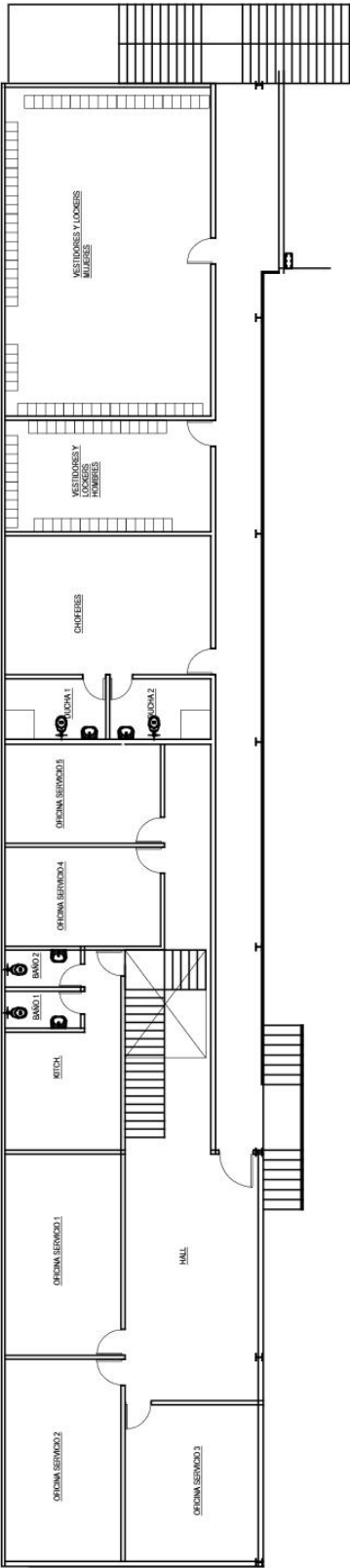
5.2.1.1 Planimetrías

Img. 47: Oficinas Andinexia - Planta alta



Fuente: Proyecto de Arquitectura – Oficinas Andinexia

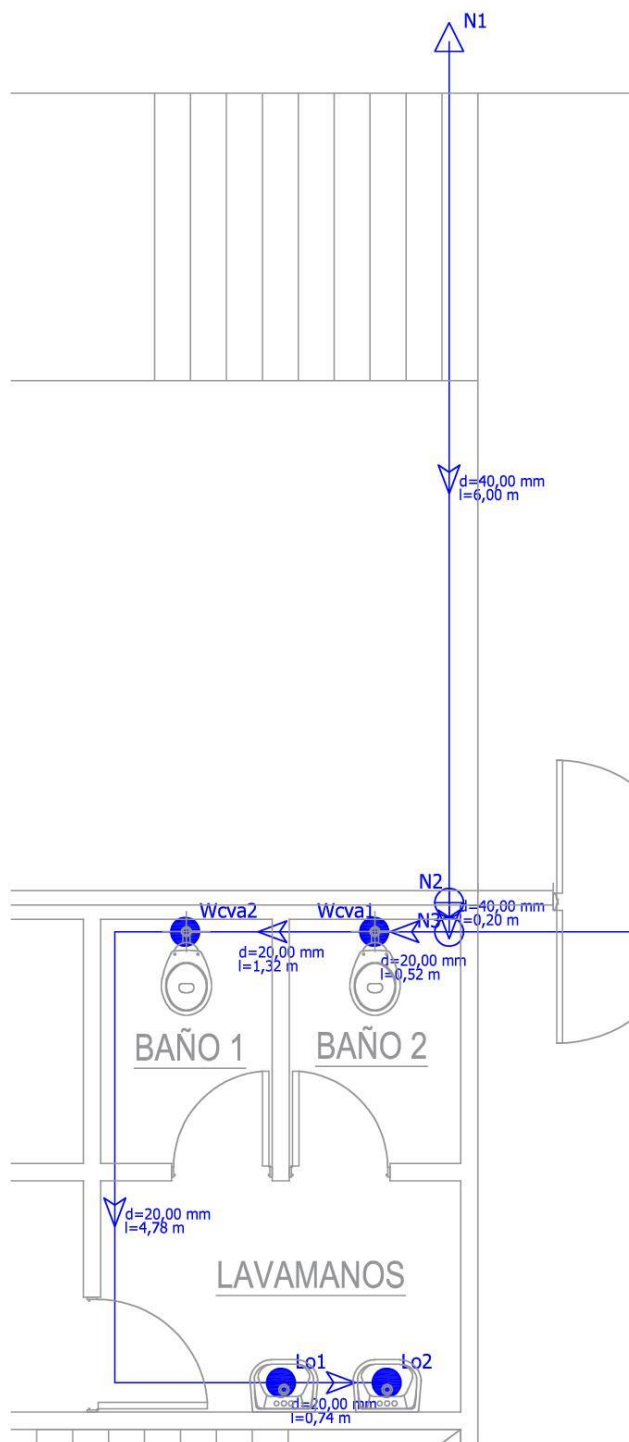
Img. 48: Oficinas Andinexia - Planta baja



Fuente: Proyecto de Arquitectura – Oficinas Andinexia

A continuación, se muestran las redes de agua fría y caliente proyectadas, así como también los cálculos obtenidos utilizando el programa.

Img. 49: Instalación de agua potable fría (Plumber) - planta alta oficinas Andinexia



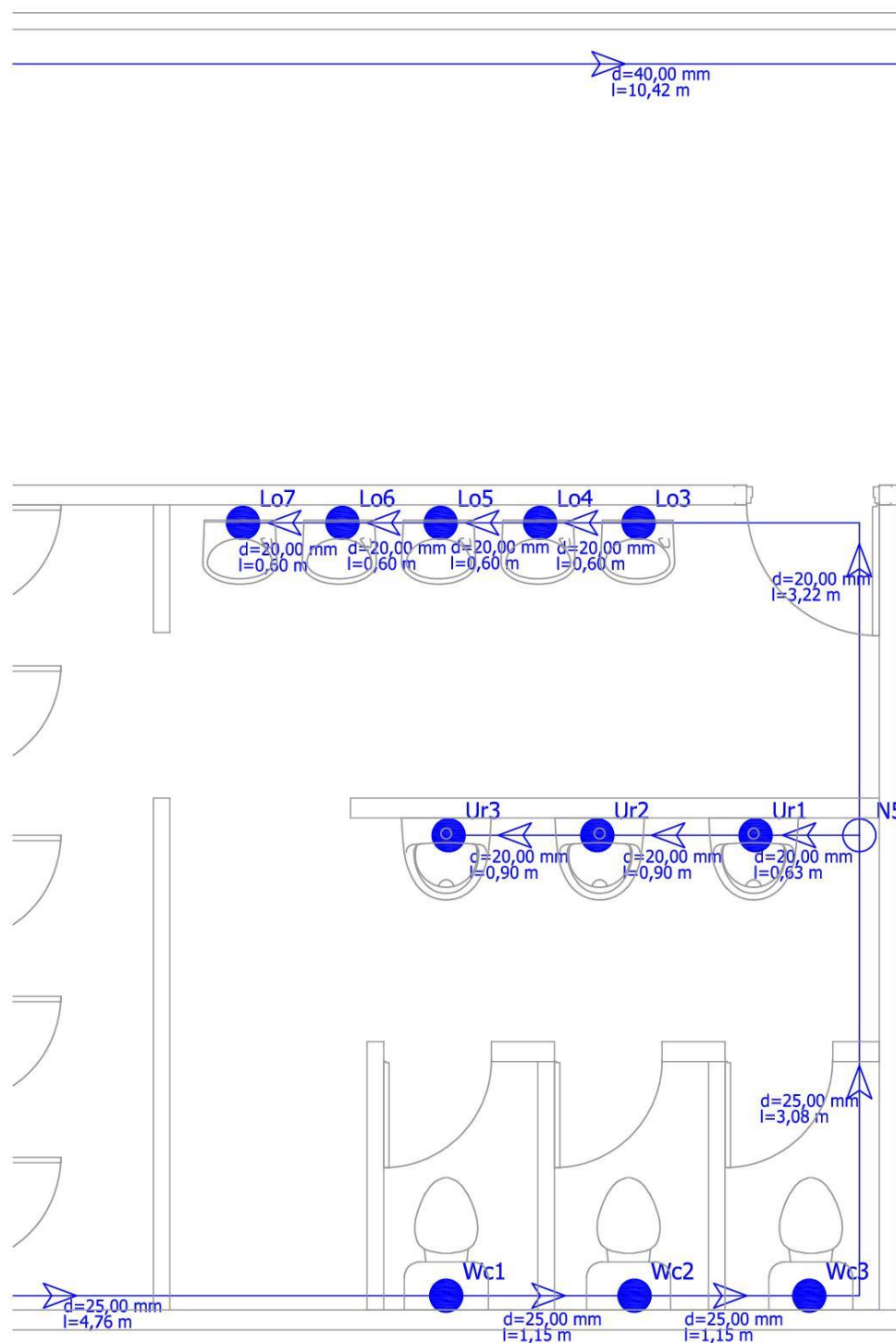
Fuente: Elaboración propia

Img. 50: Instalación de agua potable fría (Plumber) – planta alta oficinas Andinexia



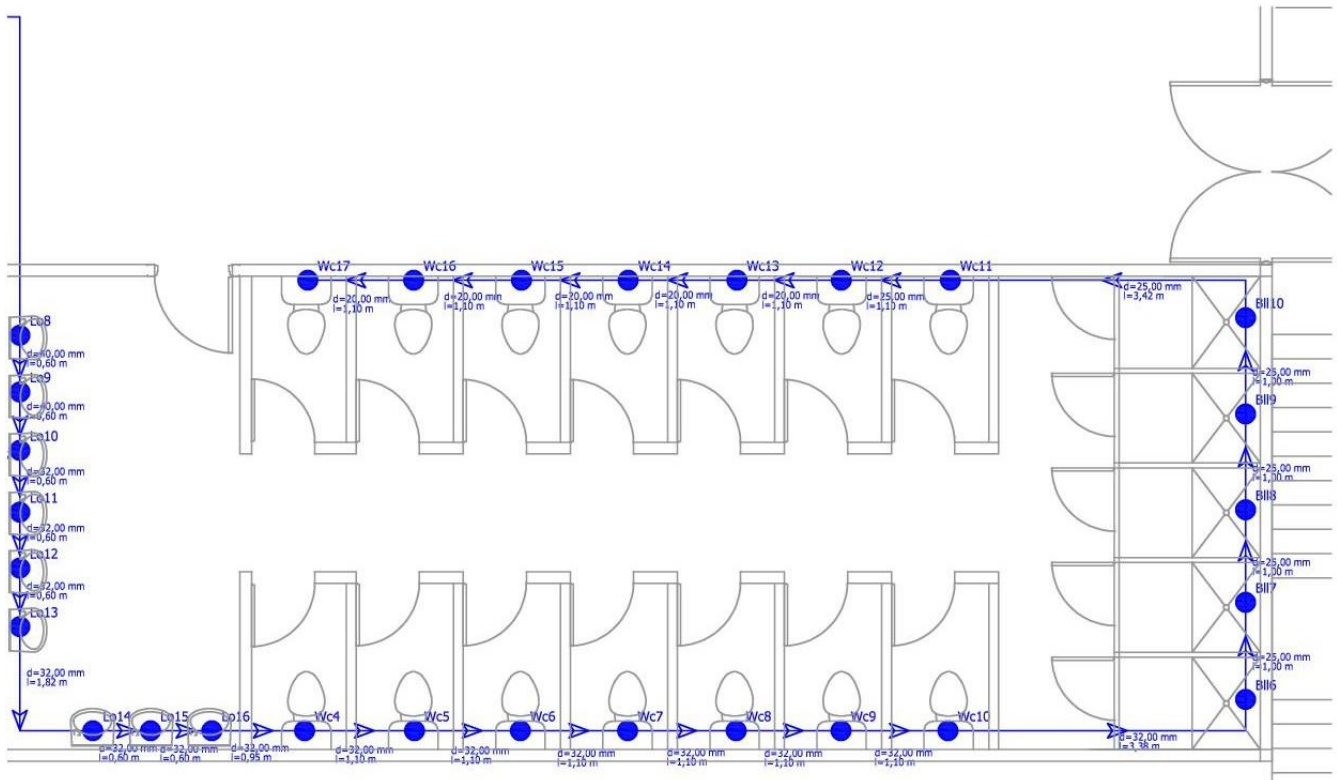
Fuente: Elaboración propia

Img. 51: Instalación de agua potable fría (Plumber) – planta alta oficinas Andinexia



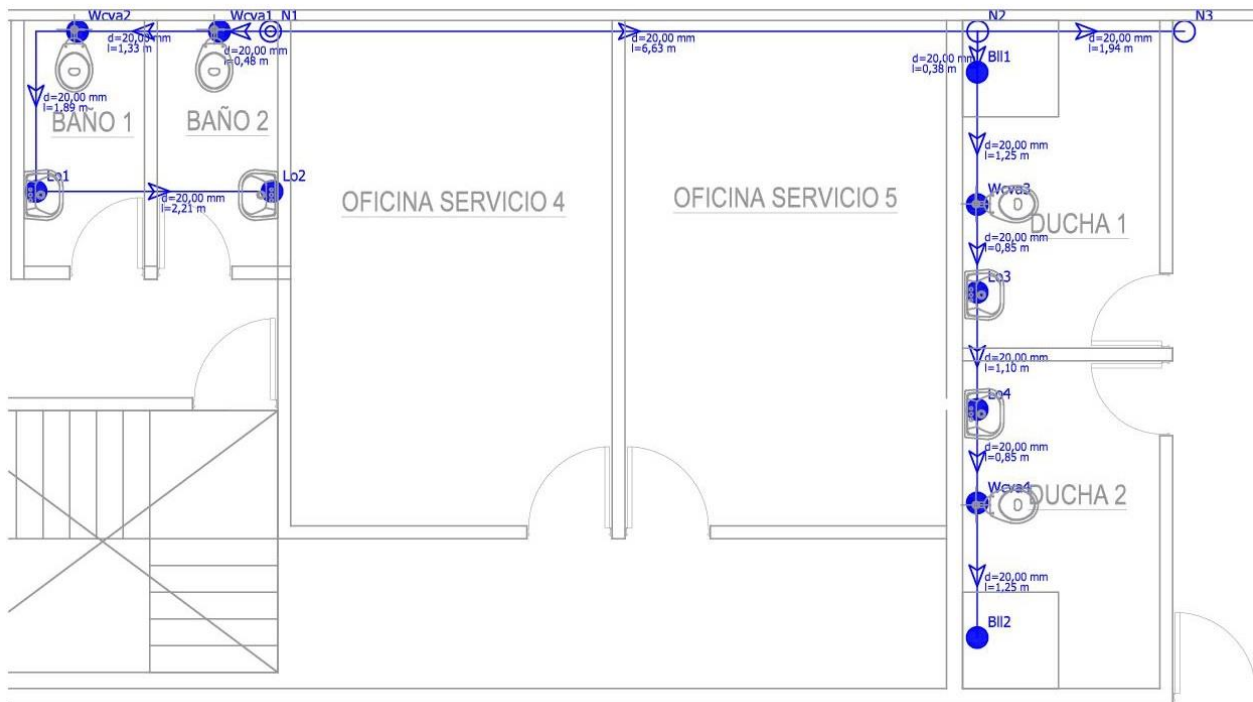
Fuente: Elaboración propia

Imq. 52: Instalación agua potable fría (Plumber) – planta alta oficinas Andinexia



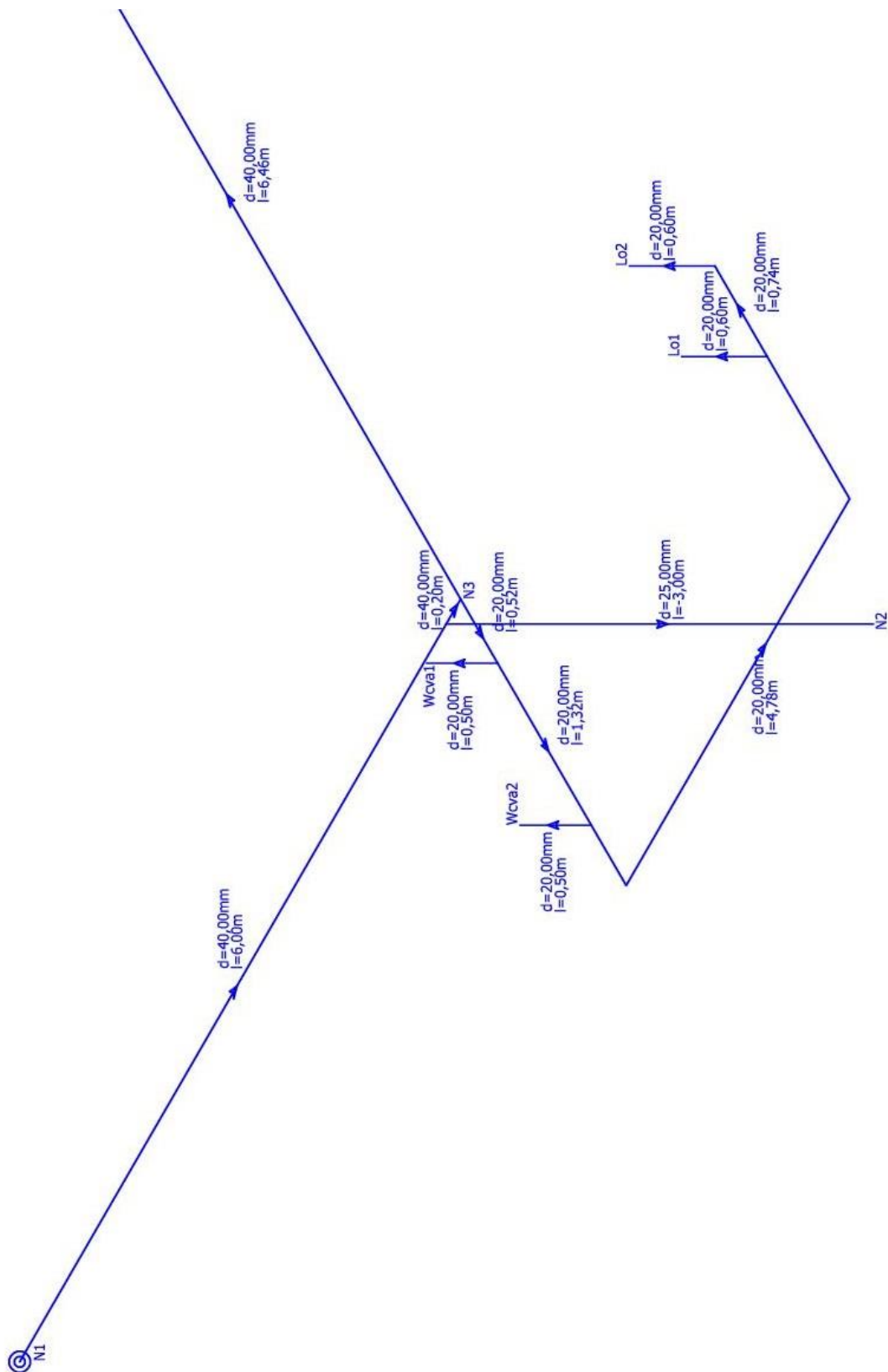
Fuente: Elaboración propia

Imq. 53: Instalación agua potable fría (Plumber) – planta baja oficinas Andinexia



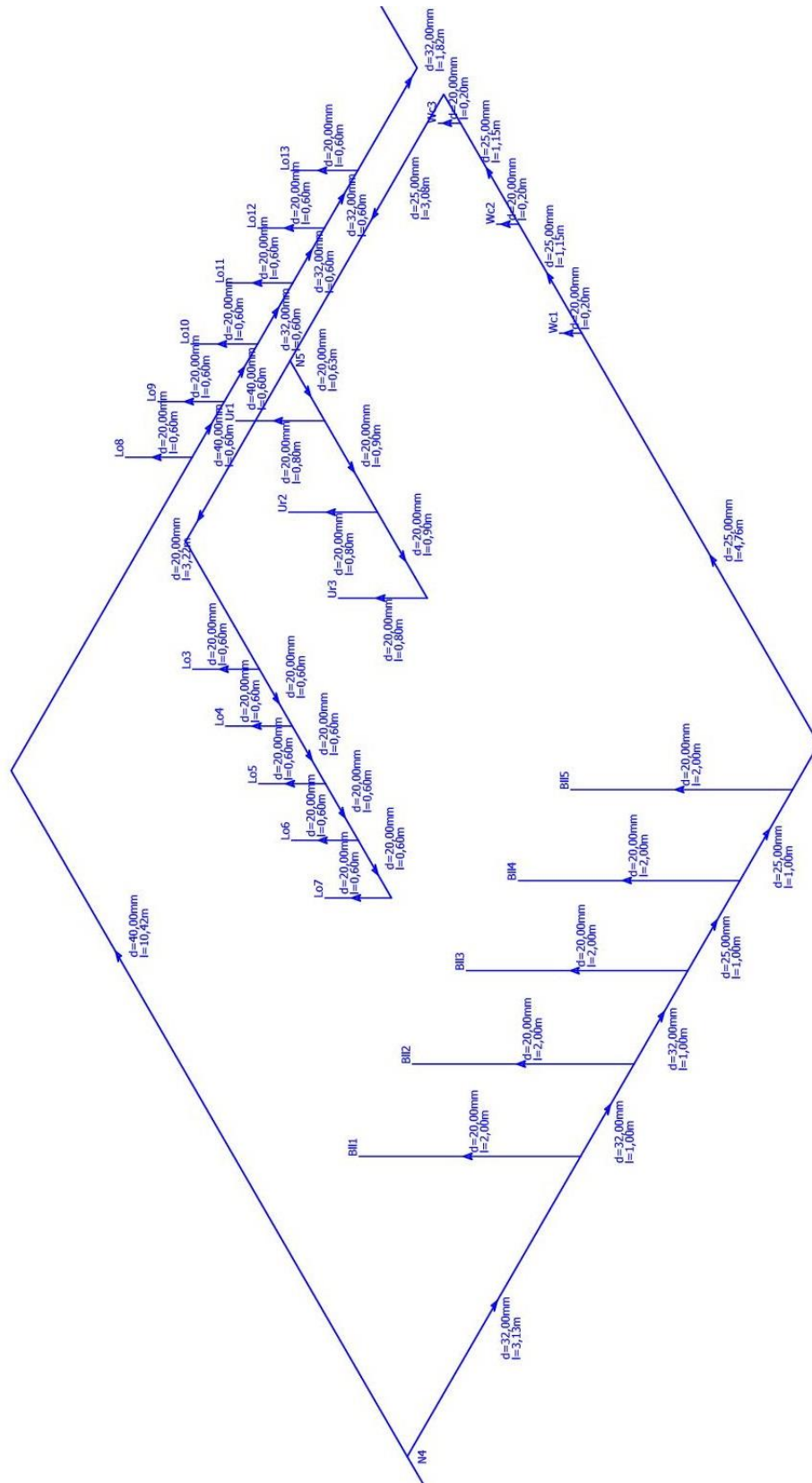
Fuente: Elaboración propia

Img. 54: Vista en isométrico (Plumber) - red de agua potable fría – planta alta oficinas Andinexia



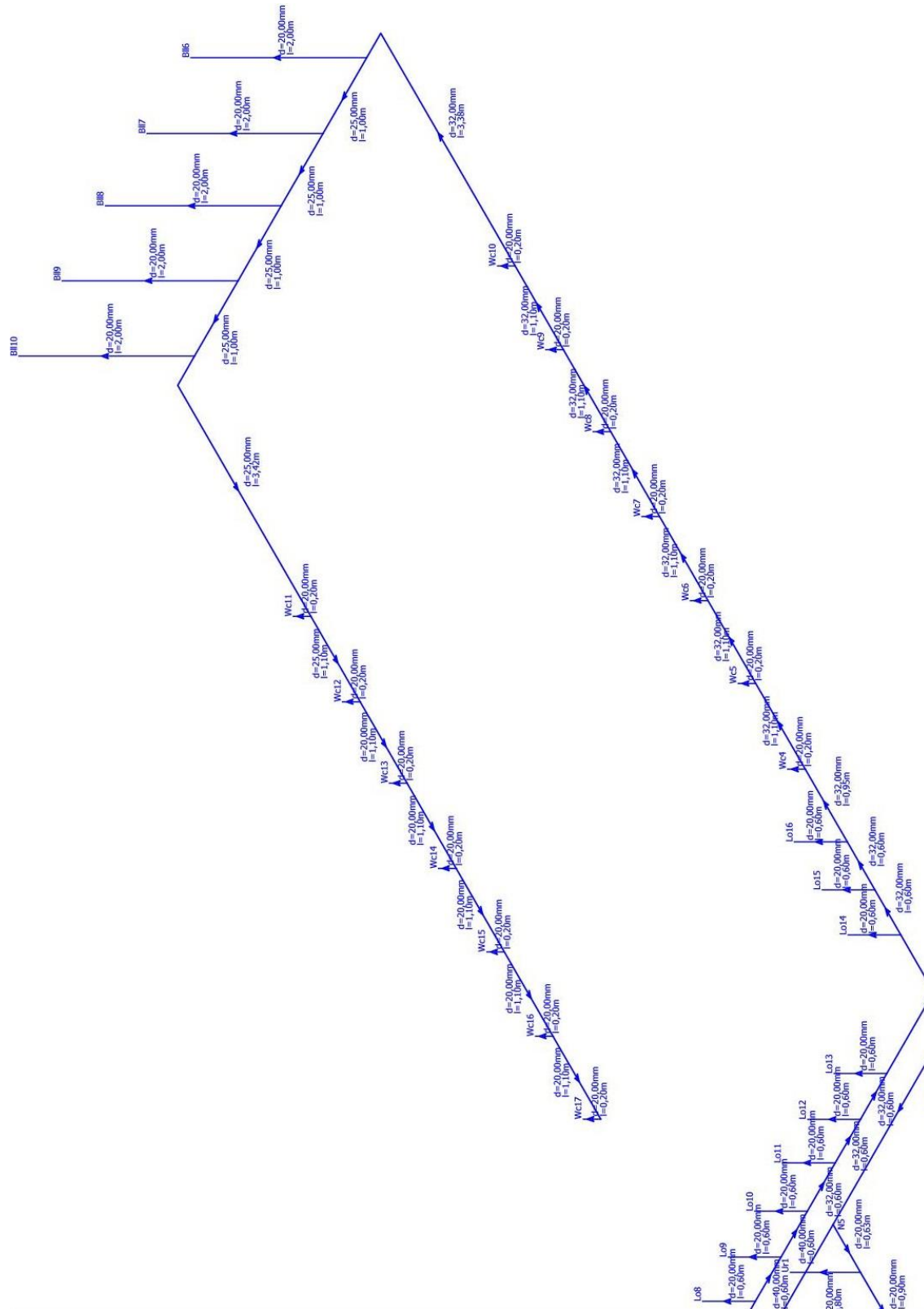
Fuente: Elaboración propia

Img. 55: Vista en isométrico(Plumber) – red de agua potable fría – planta alta oficinas Andinexia



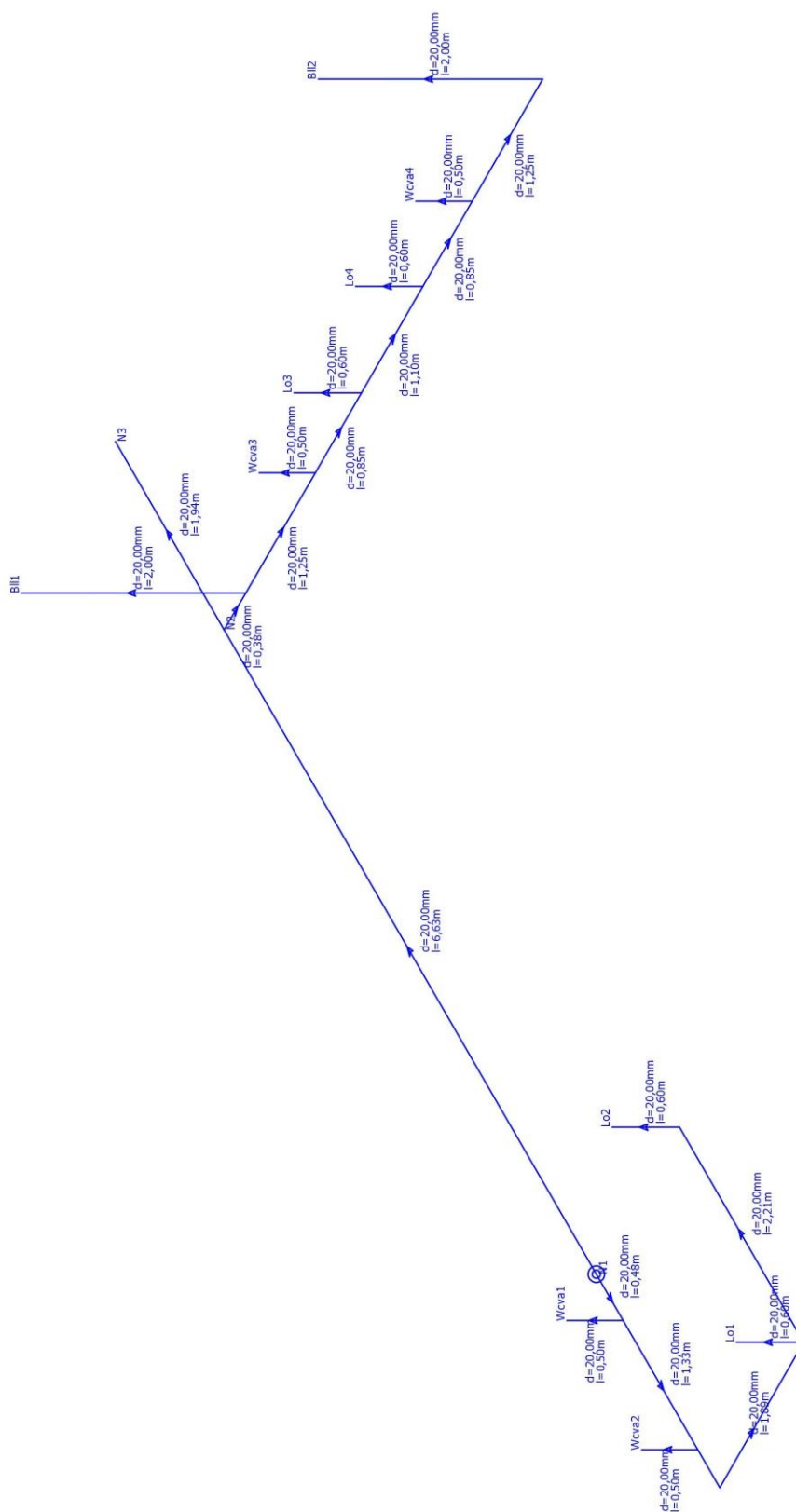
Fuente: Elaboración propia

Img. 56: Vista en isométrico (Plumber) - red de agua potable fría – planta alta oficinas Andinexia



Fuente: Elaboración propia

Img. 57: Vista en isométrico (Plumber) - red de agua potable fría - planta baja oficinas Andinexia



Fuente: Elaboración propia

Img. 58: Presiones de salida de artefactos planta alta oficinas Andinexia

Etiqueta	Tipo	Presión AF [mH2O]	Presión Salida AF [mH2O]	Presión AC [mH2O]	Presión Salida AC [mH2O]
N1	Montante	20,00	0,00	0,00	0,00
N2	Montante Interior	19,29	0,00	0,00	0,00
N3		19,21	0,00	0,00	0,00
Wcva1	WC Con Válvula	19,01	18,12	0,00	0,00
Wcva2	WC Con Válvula	18,87	17,98	0,00	0,00
Lo1	Lavamanos	18,56	17,91	0,00	0,00
Lo2	Lavamanos	18,53	17,89	0,00	0,00
N4		18,42	0,00	0,00	0,00
Bl1	Ducha	18,10	16,09	0,00	0,00
Bl2	Ducha	18,00	15,99	0,00	0,00
Bl3	Ducha	17,91	15,91	0,00	0,00
Bl4	Ducha	17,55	15,54	0,00	0,00
Bl5	Ducha	17,34	15,33	0,00	0,00
Wc1	WC Con Tanque	16,59	16,32	0,00	0,00
Wc2	WC Con Tanque	16,41	16,15	0,00	0,00
Wc3	WC Con Tanque	16,26	16,00	0,00	0,00
N5		15,96	0,00	0,00	0,00
Ur1	Urinario Con Válvula	15,89	14,75	0,00	0,00
Ur2	Urinario Con Válvula	15,85	14,71	0,00	0,00
Ur3	Urinario Con Válvula	15,84	14,70	0,00	0,00
Lo3	Lavamanos	15,19	14,54	0,00	0,00
Lo4	Lavamanos	15,07	14,42	0,00	0,00
Lo5	Lavamanos	14,98	14,34	0,00	0,00
Lo6	Lavamanos	14,93	14,29	0,00	0,00
Lo7	Lavamanos	14,91	14,27	0,00	0,00
Lo8	Lavamanos	17,81	17,16	0,00	0,00
Lo9	Lavamanos	17,75	17,10	0,00	0,00
Lo10	Lavamanos	17,69	17,04	0,00	0,00
Lo11	Lavamanos	17,40	16,75	0,00	0,00
Lo12	Lavamanos	17,24	16,59	0,00	0,00
Lo13	Lavamanos	17,09	16,44	0,00	0,00
Lo14	Lavamanos	16,72	16,07	0,00	0,00
Lo15	Lavamanos	16,59	15,94	0,00	0,00
Lo16	Lavamanos	16,45	15,81	0,00	0,00
Wc4	WC Con Tanque	16,29	16,03	0,00	0,00
Wc5	WC Con Tanque	16,12	15,86	0,00	0,00
Wc6	WC Con Tanque	15,97	15,70	0,00	0,00
Wc7	WC Con Tanque	15,83	15,56	0,00	0,00
Wc8	WC Con Tanque	15,69	15,43	0,00	0,00
Wc9	WC Con Tanque	15,57	15,31	0,00	0,00
Wc10	WC Con Tanque	15,46	15,20	0,00	0,00
Bl6	Ducha	15,19	13,18	0,00	0,00
Bl7	Ducha	14,81	12,80	0,00	0,00
Bl8	Ducha	14,58	12,57	0,00	0,00
Bl9	Ducha	14,38	12,37	0,00	0,00
Bl10	Ducha	14,20	12,19	0,00	0,00
Wc11	WC Con Tanque	13,76	13,49	0,00	0,00
Wc12	WC Con Tanque	13,63	13,36	0,00	0,00
Wc13	WC Con Tanque	13,18	12,91	0,00	0,00
Wc14	WC Con Tanque	12,93	12,66	0,00	0,00
Wc15	WC Con Tanque	12,75	12,49	0,00	0,00
Wc16	WC Con Tanque	12,65	12,38	0,00	0,00
Wc17	WC Con Tanque	12,61	12,34	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia

Img. 59: Diámetros, caudales y presiones en nodos - agua potable fría planta alta oficinas Andinexia

Nodo Inicial	Nodo Final	DN [mm]	Longitud [m]	Longitud Equivalente [m]	Longitud Total [m]	Gasto [l/min]	Pérdida Total [mH ₂ O]	Presión Inicio [mH ₂ O]	Presión Fin [mH ₂ O]
N1	N2	40,00	6,00	0,00	6,00	126,11	0,71	20,00	19,29
N2	N3	40,00	0,20	0,67	0,87	112,59	0,08	19,29	19,21
N3	Wcva1	20,00	0,52	1,26	1,78	17,27	0,20	19,21	19,01
Wcva1	Wcva2	20,00	1,32	0,29	1,61	14,61	0,13	19,01	18,87
Wcva2	Lo1	20,00	4,78	0,87	5,65	11,73	0,32	18,87	18,56
Lo1	Lo2	20,00	0,74	0,29	1,03	7,21	0,02	18,56	18,53
N3	N4	40,00	6,46	2,62	9,08	107,43	0,79	19,21	18,42
N4	BI1	32,00	3,13	1,40	4,53	51,08	0,32	18,42	18,10
BI1	BI2	32,00	1,00	0,55	1,55	48,44	0,10	18,10	18,00
BI2	BI3	32,00	1,00	0,55	1,55	45,73	0,09	18,00	17,91
BI3	BI4	25,00	1,00	1,05	2,05	42,95	0,36	17,91	17,55
BI4	BI5	25,00	1,00	0,40	1,40	40,10	0,22	17,55	17,34
BI5	Wc1	25,00	4,76	0,80	5,56	37,14	0,75	17,34	16,59
Wc1	Wc2	25,00	1,15	0,40	1,55	34,07	0,18	16,59	16,41
Wc2	Wc3	25,00	1,15	0,40	1,55	30,87	0,15	16,41	16,26
Wc3	N5	25,00	3,08	0,80	3,88	27,52	0,30	16,26	15,96
N5	Ur1	20,00	0,63	0,79	1,42	11,24	0,07	15,96	15,89
Ur1	Ur2	20,00	0,90	0,29	1,19	8,50	0,04	15,89	15,85
Ur2	Ur3	20,00	0,90	0,29	1,19	5,27	0,02	15,85	15,84
N5	Lo3	20,00	3,22	1,08	4,30	22,09	0,78	15,96	15,19
Lo3	Lo4	20,00	0,60	0,29	0,89	18,93	0,12	15,19	15,07
Lo4	Lo5	20,00	0,60	0,29	0,89	15,53	0,08	15,07	14,98
Lo5	Lo6	20,00	0,60	0,29	0,89	11,73	0,05	14,98	14,93
Lo6	Lo7	20,00	0,60	0,29	0,89	7,21	0,02	14,93	14,91
N4	Lo8	40,00	10,42	1,34	11,76	80,68	0,60	18,42	17,81
Lo8	Lo9	40,00	0,60	0,67	1,27	78,97	0,06	17,81	17,75
Lo9	Lo10	40,00	0,60	0,67	1,27	77,25	0,06	17,75	17,69
Lo10	Lo11	32,00	0,60	1,40	2,00	75,51	0,29	17,69	17,40
Lo11	Lo12	32,00	0,60	0,55	1,15	73,75	0,16	17,40	17,24
Lo12	Lo13	32,00	0,60	0,55	1,15	71,97	0,15	17,24	17,09
Lo13	Lo14	32,00	1,82	1,10	2,92	70,17	0,37	17,09	16,72
Lo14	Lo15	32,00	0,60	0,55	1,15	68,35	0,14	16,72	16,59
Lo15	Lo16	32,00	0,60	0,55	1,15	66,51	0,13	16,59	16,45
Lo16	Wc4	32,00	0,95	0,55	1,50	64,65	0,16	16,45	16,29
Wc4	Wc5	32,00	1,10	0,55	1,65	62,29	0,17	16,29	16,12
Wc5	Wc6	32,00	1,10	0,55	1,65	59,88	0,15	16,12	15,97
Wc6	Wc7	32,00	1,10	0,55	1,65	57,43	0,14	15,97	15,83
Wc7	Wc8	32,00	1,10	0,55	1,65	54,93	0,13	15,83	15,69
Wc8	Wc9	32,00	1,10	0,55	1,65	52,38	0,12	15,69	15,57
Wc9	Wc10	32,00	1,10	0,55	1,65	49,78	0,11	15,57	15,46
Wc10	BI6	32,00	3,38	1,10	4,48	47,10	0,27	15,46	15,19
BI6	BI7	25,00	1,00	1,05	2,05	44,36	0,38	15,19	14,81
BI7	BI8	25,00	1,00	0,40	1,40	41,54	0,23	14,81	14,58
BI8	BI9	25,00	1,00	0,40	1,40	38,63	0,20	14,58	14,38
BI9	BI10	25,00	1,00	0,40	1,40	35,62	0,17	14,38	14,20
BI10	Wc11	25,00	3,42	0,80	4,22	32,49	0,44	14,20	13,76
Wc11	Wc12	25,00	1,10	0,40	1,50	29,22	0,13	13,76	13,63
Wc12	Wc13	20,00	1,10	0,79	1,89	25,77	0,45	13,63	13,18
Wc13	Wc14	20,00	1,10	0,29	1,39	22,09	0,25	13,18	12,93
Wc14	Wc15	20,00	1,10	0,29	1,39	18,12	0,17	12,93	12,75
Wc15	Wc16	20,00	1,10	0,29	1,39	13,70	0,10	12,75	12,65
Wc16	Wc17	20,00	1,10	0,29	1,39	8,50	0,04	12,65	12,61
N2	N1	25,00	0,00	1,05	1,05	34,38	0,12	19,29	22,17

Fuente: Elaboración propia

Img. 60: Caudales, diámetros y velocidades - red de agua potable fría planta alta oficinas Andinexia

Nodo Final	Nodo Inicial	Pieza Sanitaria	UG Pieza	UG Tramo	Gasto [l/min]	D cálculo [mm]	DN [mm]	Vel. Final [m/s]
N1	N2	Montante Interior	0,00	76,00	34,38	19,10	25,00	1,51
Wc17	Wc16	WC Con Tanque	10,00	10,00	8,50	9,50	20,00	0,62
Wc16	Wc15	WC Con Tanque	10,00	20,00	13,70	12,06	20,00	1,01
Wc15	Wc14	WC Con Tanque	10,00	30,00	18,12	13,87	20,00	1,33
Wc14	Wc13	WC Con Tanque	10,00	40,00	22,09	15,31	20,00	1,62
Wc13	Wc12	WC Con Tanque	10,00	50,00	25,77	16,53	20,00	1,89
Wc12	Wc11	WC Con Tanque	10,00	60,00	29,22	17,61	25,00	1,28
Wc11	Bll10	WC Con Tanque	10,00	70,00	32,49	18,57	25,00	1,42
Bll10	Bll9	Ducha	10,00	80,00	35,62	19,44	25,00	1,56
Bll9	Bll8	Ducha	10,00	90,00	38,63	20,25	25,00	1,69
Bll8	Bll7	Ducha	10,00	100,00	41,54	20,99	25,00	1,82
Bll7	Bll6	Ducha	10,00	110,00	44,36	21,70	25,00	1,95
Bll6	Wc10	Ducha	10,00	120,00	47,10	22,36	32,00	1,24
Wc10	Wc9	WC Con Tanque	10,00	130,00	49,78	22,98	32,00	1,31
Wc9	Wc8	WC Con Tanque	10,00	140,00	52,38	23,58	32,00	1,38
Wc8	Wc7	WC Con Tanque	10,00	150,00	54,93	24,14	32,00	1,45
Wc7	Wc6	WC Con Tanque	10,00	160,00	57,43	24,69	32,00	1,51
Wc6	Wc5	WC Con Tanque	10,00	170,00	59,88	25,21	32,00	1,58
Wc5	Wc4	WC Con Tanque	10,00	180,00	62,29	25,71	32,00	1,64
Wc4	Lo16	WC Con Tanque	10,00	190,00	64,65	26,19	32,00	1,70
Lo16	Lo15	Lavamanos	8,00	198,00	66,51	26,57	32,00	1,75
Lo15	Lo14	Lavamanos	8,00	206,00	68,35	26,93	32,00	1,80
Lo14	Lo13	Lavamanos	8,00	214,00	70,17	27,29	32,00	1,85
Lo13	Lo12	Lavamanos	8,00	222,00	71,97	27,63	32,00	1,89
Lo12	Lo11	Lavamanos	8,00	230,00	73,75	27,97	32,00	1,94
Lo11	Lo10	Lavamanos	8,00	238,00	75,51	28,30	32,00	1,99
Lo10	Lo9	Lavamanos	8,00	246,00	77,25	28,63	40,00	1,26
Lo9	Lo8	Lavamanos	8,00	254,00	78,97	28,95	40,00	1,29
Lo8	N4	Lavamanos	8,00	262,00	80,68	29,26	40,00	1,32
Lo7	Lo6	Lavamanos	8,00	8,00	7,21	8,75	20,00	0,53
Lo6	Lo5	Lavamanos	8,00	16,00	11,73	11,16	20,00	0,86
Lo5	Lo4	Lavamanos	8,00	24,00	15,53	12,83	20,00	1,14
Lo4	Lo3	Lavamanos	8,00	32,00	18,93	14,17	20,00	1,39
Lo3	N5	Lavamanos	8,00	40,00	22,09	15,31	20,00	1,62
Ur3	Ur2	Urinario Con Válvula	5,00	5,00	5,27	7,48	20,00	0,39
Ur2	Ur1	Urinario Con Válvula	5,00	10,00	8,50	9,50	20,00	0,62
Ur1	N5	Urinario Con Válvula	5,00	15,00	11,24	10,92	20,00	0,83
N5	Wc3		0,00	55,00	27,52	17,09	25,00	1,21
Wc3	Wc2	WC Con Tanque	10,00	65,00	30,87	18,10	25,00	1,35
Wc2	Wc1	WC Con Tanque	10,00	75,00	34,07	19,01	25,00	1,49
Wc1	Bll5	WC Con Tanque	10,00	85,00	37,14	19,85	25,00	1,63
Bll5	Bll4	Ducha	10,00	95,00	40,10	20,63	25,00	1,76
Bll4	Bll3	Ducha	10,00	105,00	42,95	21,35	25,00	1,88
Bll3	Bll2	Ducha	10,00	115,00	45,73	22,03	32,00	1,20
Bll2	Bll1	Ducha	10,00	125,00	48,44	22,67	32,00	1,27
Bll1	N4	Ducha	10,00	135,00	51,08	23,28	32,00	1,34
N4	N3		0,00	397,00	107,43	33,76	40,00	1,76
Lo2	Lo1	Lavamanos	8,00	8,00	7,21	8,75	20,00	0,53
Lo1	Wcva2	Lavamanos	8,00	16,00	11,73	11,16	20,00	0,86
Wcva2	Wcva1	WC Con Válvula	6,00	22,00	14,61	12,45	20,00	1,07
Wcva1	N3	WC Con Válvula	6,00	28,00	17,27	13,53	20,00	1,27
N3	N2		0,00	425,00	112,59	34,56	40,00	1,84
N2	N1		0,00	501,00	126,11	36,58	40,00	2,06

Fuente: Elaboración propia

Img. 61: Diámetros y longitudes equivalentes - red de agua potable fría planta alta oficinas Andinexia

Nodo Inicial	Nodo Final	Accesorio	DN [mm]	Cantidad	Le Acc. [m]	Le Total [m]
N2	N3	Tee Flujo Normal	40,00	1,00	0,67	0,67
N3	Wcva1	Tee Flujo Invertido	20,00	1,00	0,76	
		Reducción	20,00	1,00	0,50	1,26
Wcva1	Wcva2	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	0,29
Wcva2	Lo1	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	
		Codo 90° Normal	20,00	2,00	0,29	0,87
Lo1	Lo2	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	0,29
N3	N4	Tee Flujo Invertido	40,00	1,00	2,62	2,62
N4	Bll1	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	
		Reducción	32,00	1,00	0,85	1,40
Bll1	Bll2	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	0,55
Bll2	Bll3	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	0,55
Bll3	Bll4	Tee Flujo Normal	25,00	1,00	0,40	
		Reducción	25,00	1,00	0,65	1,05
Bll4	Bll5	Tee Flujo Normal	25,00	1,00	0,40	0,40
Bll5	Wc1	Tee Flujo Normal	25,00	1,00	0,40	
		Codo 90° Normal	25,00	1,00	0,40	0,80
Wc1	Wc2	Tee Flujo Normal	25,00	1,00	0,40	0,40
Wc2	Wc3	Tee Flujo Normal	25,00	1,00	0,40	0,40
Wc3	N5	Tee Flujo Normal	25,00	1,00	0,40	
		Codo 90° Normal	25,00	1,00	0,40	0,80
N5	Ur1	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	
		Reducción	20,00	1,00	0,50	0,79
Ur1	Ur2	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	0,29
Ur2	Ur3	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	0,29
N5	Lo3	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	
		Codo 90° Normal	20,00	1,00	0,29	
		Reducción	20,00	1,00	0,50	1,08
Lo3	Lo4	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	0,29
Lo4	Lo5	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	0,29
Lo5	Lo6	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	0,29
Lo6	Lo7	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	0,29
N4	Lo8	Tee Flujo Normal	40,00	1,00	0,67	
		Codo 90° Normal	40,00	1,00	0,67	1,34
Lo8	Lo9	Tee Flujo Normal	40,00	1,00	0,67	0,67
Lo9	Lo10	Tee Flujo Normal	40,00	1,00	0,67	0,67
Lo10	Lo11	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	
		Reducción	32,00	1,00	0,85	1,40
Lo11	Lo12	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	0,55
Lo12	Lo13	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	0,55
Lo13	Lo14	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	
		Codo 90° Normal	32,00	1,00	0,55	1,10
Lo14	Lo15	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	0,55
Lo15	Lo16	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	0,55
Lo16	Wc4	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	0,55
Wc4	Wc5	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	0,55
Wc5	Wc6	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	0,55
Wc6	Wc7	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	0,55
Wc7	Wc8	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	0,55
Wc8	Wc9	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	0,55
Wc9	Wc10	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	0,55
Wc10	Bll6	Tee Flujo Normal	32,00	1,00	0,55	
		Codo 90° Normal	32,00	1,00	0,55	1,10
Bll6	Bll7	Tee Flujo Normal	25,00	1,00	0,40	
		Reducción	25,00	1,00	0,65	1,05
Bll7	Bll8	Tee Flujo Normal	25,00	1,00	0,40	0,40
Bll8	Bll9	Tee Flujo Normal	25,00	1,00	0,40	0,40
Bll9	Bll10	Tee Flujo Normal	25,00	1,00	0,40	0,40
Bll10	Wc11	Tee Flujo Normal	25,00	1,00	0,40	
		Codo 90° Normal	25,00	1,00	0,40	0,80
Wc11	Wc12	Tee Flujo Normal	25,00	1,00	0,40	0,40
Wc12	Wc13	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	
		Reducción	20,00	1,00	0,50	0,79
Wc13	Wc14	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	0,29
Wc14	Wc15	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	0,29
Wc15	Wc16	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	0,29
Wc16	Wc17	Tee Flujo Normal	20,00	1,00	0,29	0,29

Fuente: Elaboración propia

Img. 62: Cantidades de materiales - red de agua potable fría planta alta oficinas Andinexia

Descripción	Cantidad	Unidad
PIEZAS SANITARIAS		
Ducha	10,00	Pza
Lavamanos	16,00	Pza
Urinario Con Válvula	3,00	Pza
WC Con Tanque	17,00	Pza
WC Con Válvula	2,00	Pza
TUBERÍAS Y ACCESORIOS PARA AGUA FRÍA		
Tubería - DN 20 mm	57,29	m
Tubería - DN 25 mm	20,65	m
Tubería - DN 32 mm	20,89	m
Tubería - DN 40 mm	24,28	m
Codo 90° Normal - DN 20 mm	51,00	Pza
Codo 90° Normal - DN 25 mm	3,00	Pza
Codo 90° Normal - DN 32 mm	2,00	Pza
Codo 90° Normal - DN 40 mm	1,00	Pza
Tee Flujo Normal - DN 20 mm	17,00	Pza
Tee Flujo Normal - DN 25 mm	13,00	Pza
Tee Flujo Normal - DN 32 mm	17,00	Pza
Tee Flujo Normal - DN 40 mm	5,00	Pza
Llave de Ángulo - DN 20 mm	33,00	Pza
Reducción - DN 40,00 x 20,00 mm	4,00	Pza
Reducción - DN 40,00 x 32,00 mm	2,00	Pza
Reducción - DN 32,00 x 25,00 mm	2,00	Pza
Reducción - DN 25,00 x 20,00 mm	14,00	Pza
Reducción - DN 40,00 x 25,00 mm	1,00	Pza
Reducción - DN 32,00 x 20,00 mm	17,00	Pza

Fuente: Elaboración propia

Img. 63: Presiones de salida de artefactos - red de agua potable fría planta baja oficinas Andinexia

Etiqueta	Tipo	Presión AF [mH2O]	Presión Salida AF [mH2O]	Presión AC [mH2O]	Presión Salida AC [mH2O]
N1	Montante Interior	22,17	0,00	0,00	0,00
Wcva1	WC Con Válvula	21,97	21,08	0,00	0,00
Wcva2	WC Con Válvula	21,84	20,95	0,00	0,00
Lo1	Lavamanos	21,70	21,05	0,00	0,00
Lo2	Lavamanos	21,64	20,99	0,00	0,00
Bl1	Ducha	20,22	18,21	0,00	0,00
Wcva3	WC Con Válvula	19,96	19,07	0,00	0,00
Lo3	Lavamanos	19,81	19,16	0,00	0,00
Lo4	Lavamanos	19,68	19,03	0,00	0,00
Wcva4	WC Con Válvula	19,62	18,72	0,00	0,00
Bl2	Ducha	19,57	17,56	0,00	0,00
N2		20,38	0,00	0,00	0,00
N3		20,38	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia

Img. 64: Diámetros, caudales y presiones en nodo - red de agua potable fría planta baja oficinas Andinexia

Nodo Inicial	Nodo Final	DN [mm]	Longitud [m]	Longitud Equivalente [m]	Longitud Total [m]	Gasto [l/min]	Pérdida Total [mH ₂ O]	Presión Inicio [mH ₂ O]	Presión Fin [mH ₂ O]
N1	Wcva1	20,00	0,48	1,26	1,74	17,27	0,20	22,17	21,97
Wcva1	Wcva2	20,00	1,33	0,29	1,62	14,61	0,14	21,97	21,84
Wcva2	Lo1	20,00	1,89	0,58	2,47	11,73	0,14	21,84	21,70
Lo1	Lo2	20,00	2,21	0,29	2,50	7,21	0,06	21,70	21,64
Bll1	Wcva3	20,00	1,25	0,29	1,54	21,32	0,26	20,22	19,96
Wcva3	Lo3	20,00	0,85	0,29	1,14	18,93	0,15	19,96	19,81
Lo3	Lo4	20,00	1,10	0,29	1,39	15,53	0,13	19,81	19,68
Lo4	Wcva4	20,00	0,85	0,29	1,14	11,73	0,06	19,68	19,62
Wcva4	Bll2	20,00	1,25	0,29	1,54	8,50	0,05	19,62	19,57
N1	N2	20,00	6,63	1,26	7,89	25,04	1,80	22,17	20,38
N2	Bll1	20,00	0,38	0,29	0,67	25,04	0,15	20,38	20,22
N2	N3	20,00	1,94	0,29	2,23	0,00	0,00	20,38	20,38

Fuente: Elaboración propia

Img. 65: Caudales y velocidades - red de agua potable fría planta baja oficinas Andinexia

Nodo Final	Nodo Inicial	Pieza Sanitaria	UG Pieza	UG Tramo	Gasto [l/min]	D cálculo [mm]	DN [mm]	Vel. Final [m/s]
N3	N2		0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00
Bll1	N2	Ducha	10,00	48,00	25,04	16,30	20,00	1,84
N2	N1		0,00	48,00	25,04	16,30	20,00	1,84
Bll2	Wcva4	Ducha	10,00	10,00	8,50	9,50	20,00	0,62
Wcva4	Lo4	WC Con Válvula	6,00	16,00	11,73	11,16	20,00	0,86
Lo4	Lo3	Lavamanos	8,00	24,00	15,53	12,83	20,00	1,14
Lo3	Wcva3	Lavamanos	8,00	32,00	18,93	14,17	20,00	1,39
Wcva3	Bll1	WC Con Válvula	6,00	38,00	21,32	15,04	20,00	1,57
Lo2	Lo1	Lavamanos	8,00	8,00	7,21	8,75	20,00	0,53
Lo1	Wcva2	Lavamanos	8,00	16,00	11,73	11,16	20,00	0,86
Wcva2	Wcva1	WC Con Válvula	6,00	22,00	14,61	12,45	20,00	1,07
Wcva1	N1	WC Con Válvula	6,00	28,00	17,27	13,53	20,00	1,27

Fuente: Elaboración propia

Img. 66: Diámetros y longitudes equivalentes - red de agua potable fría planta baja oficinas Andinexia

Nodo Inicial	Nodo Final	Accesorio	DN [mm]	Cantidad	Le Acc. [m]	Le Total [m]
N1	Wcva1	Tee Flujo Invertido	20	1	0,76	
		Reducción	20	1	0,5	1,26
Wcva1	Wcva2	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
Wcva2	Lo1	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	
		Codo 90° Normal	20	1	0,29	0,58
Lo1	Lo2	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
Bll1	Wcva3	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
Wcva3	Lo3	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
Lo3	Lo4	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
Lo4	Wcva4	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
Wcva4	Bll2	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
N1	N2	Tee Flujo Invertido	20	1	0,76	
		Reducción	20	1	0,5	1,26
N2	Bll1	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
N2	N3	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29

Fuente: Elaboración propia

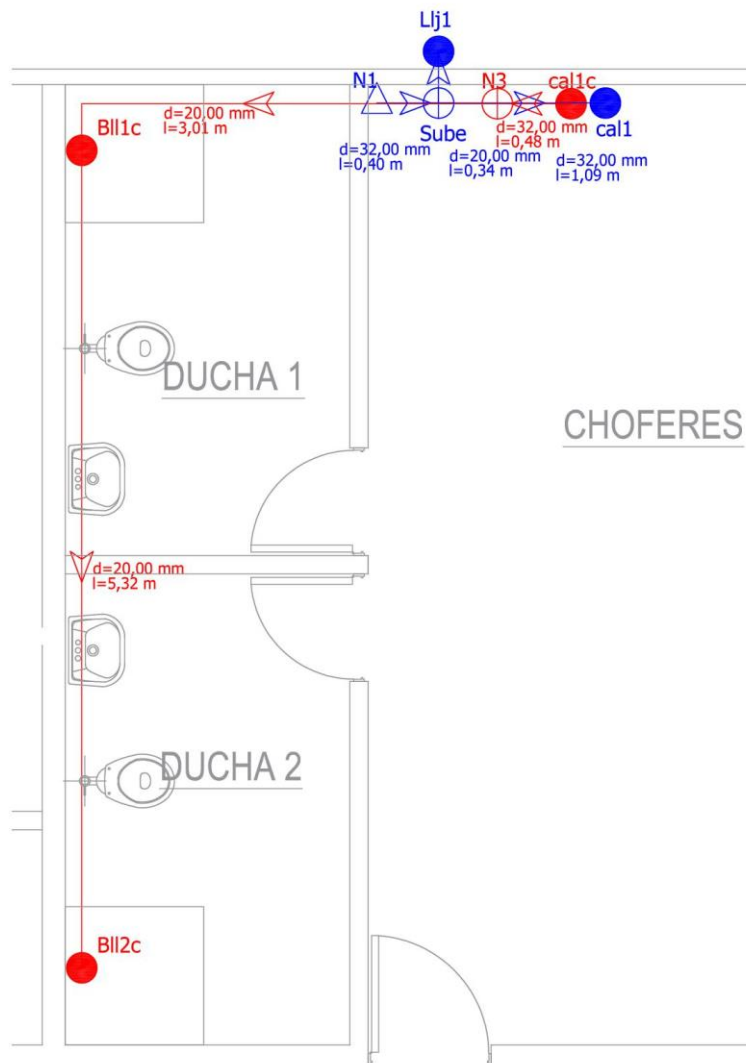
Img. 67: Cantidades de materiales - red de agua potable fría planta baja oficinas Andinexia

Descripción	Cantidad	Unidad
PIEZAS SANITARIAS		
Ducha	2,00	Pza
Lavamanos	4,00	Pza
WC Con Válvula	4,00	Pza
TUBERÍAS Y ACCESORIOS PARA AGUA FRÍA		
Tubería - DN 20 mm	28,56	m
Codo 90° Normal - DN 20 mm	11,00	Pza
Tee Flujo Normal - DN 20 mm	12,00	Pza
Llave de Ángulo - DN 20 mm	4,00	Pza

Fuente: Elaboración propia

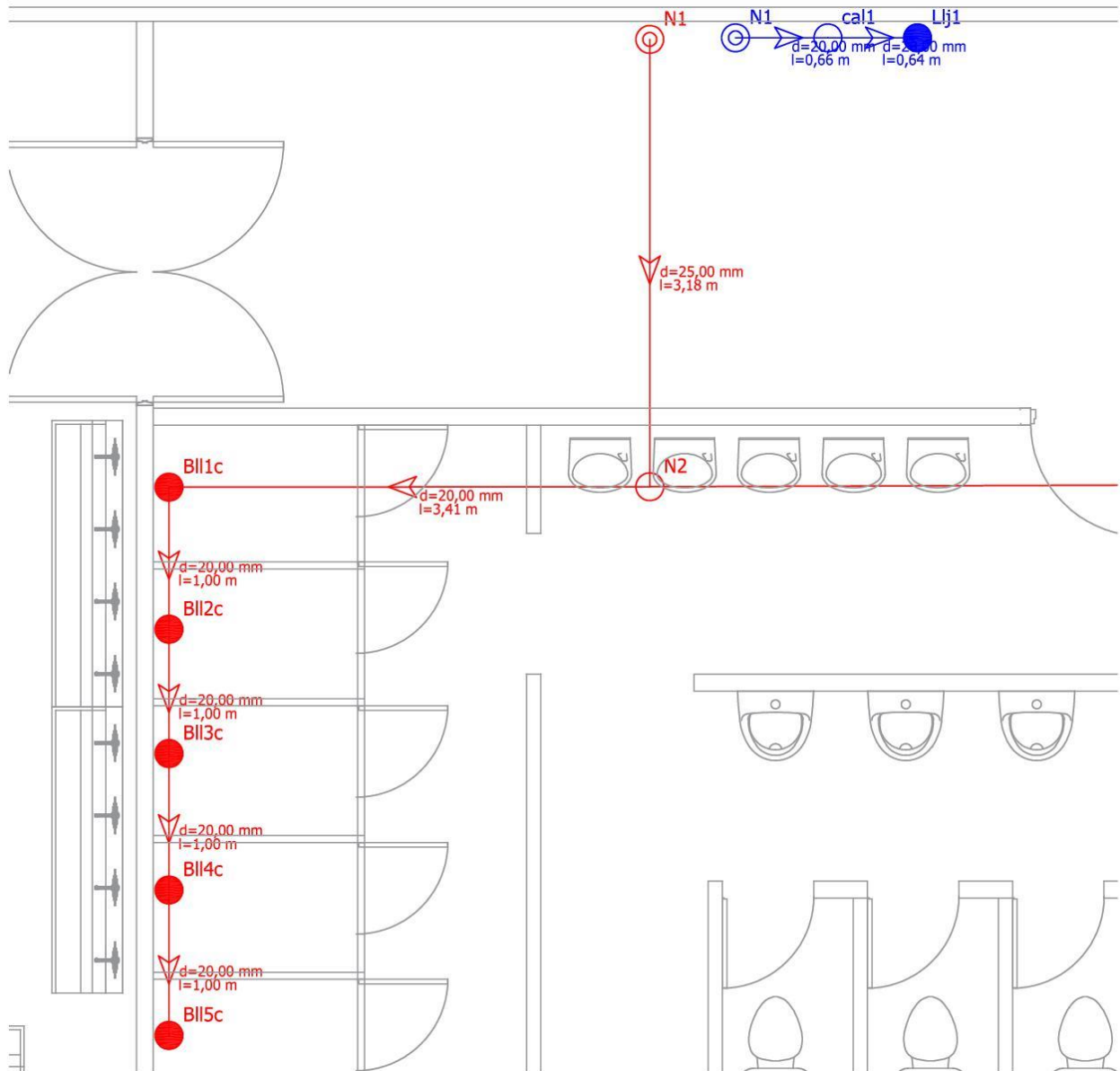
A continuación se estudia la red de agua potable caliente proyectada para el caso en estudio.

Img. 68: Red de agua potable caliente - planta baja oficinas Andinexia



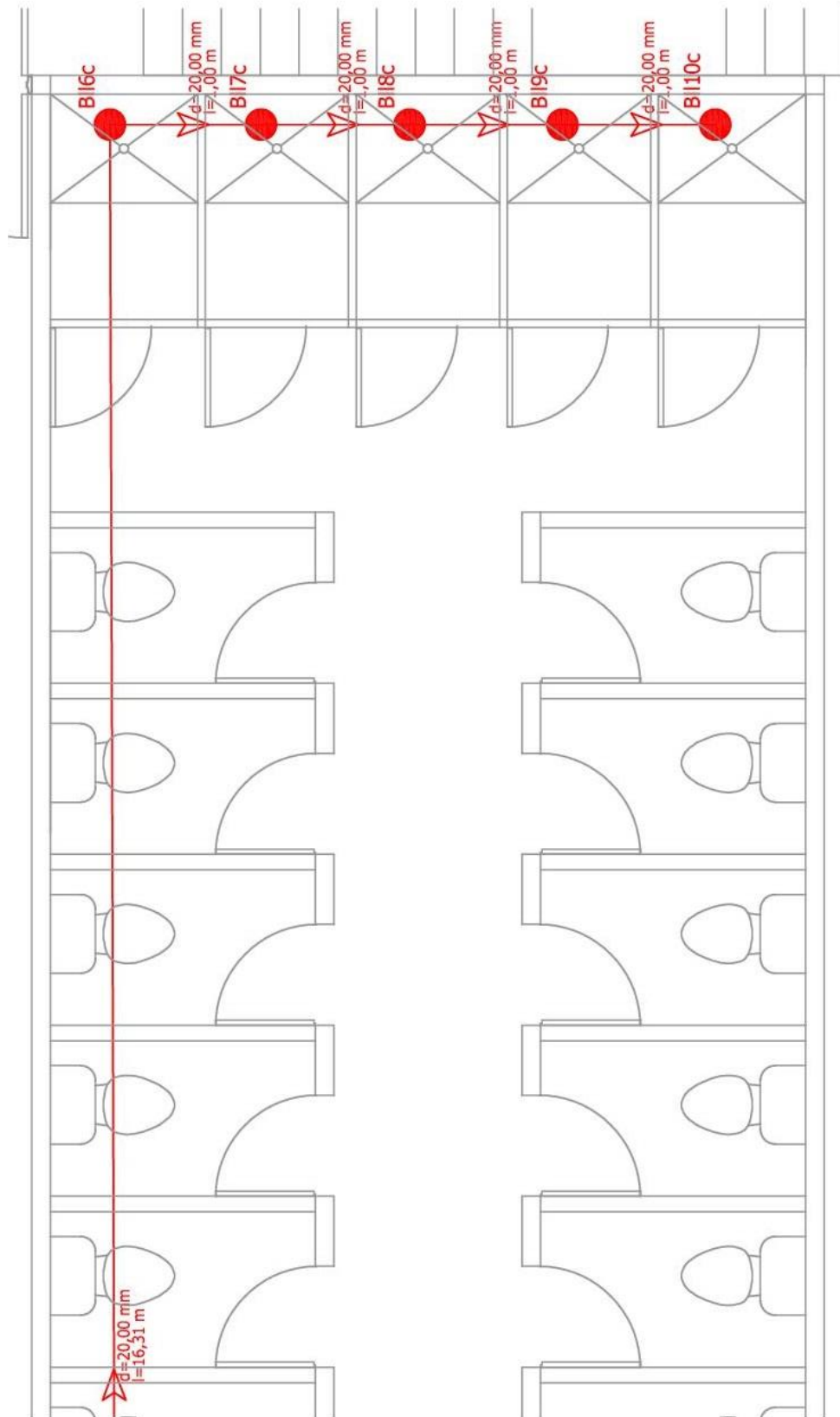
Fuente: Elaboración propia

Img. 69: Red de agua potable caliente - planta alta oficinas Andinexia



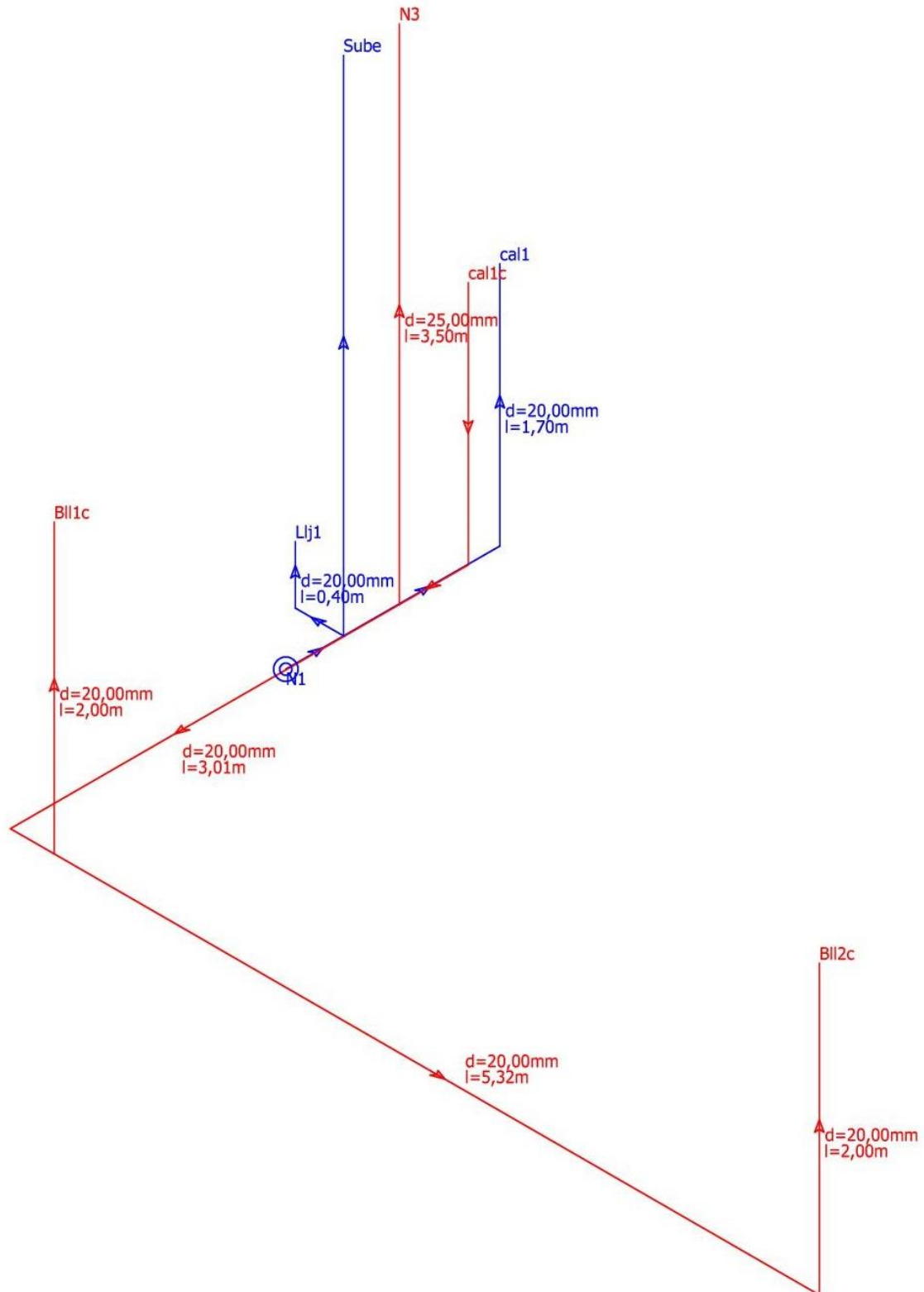
Fuente: Elaboración propia

Img. 70: Red de agua potable caliente - planta alta oficinas Andinexia



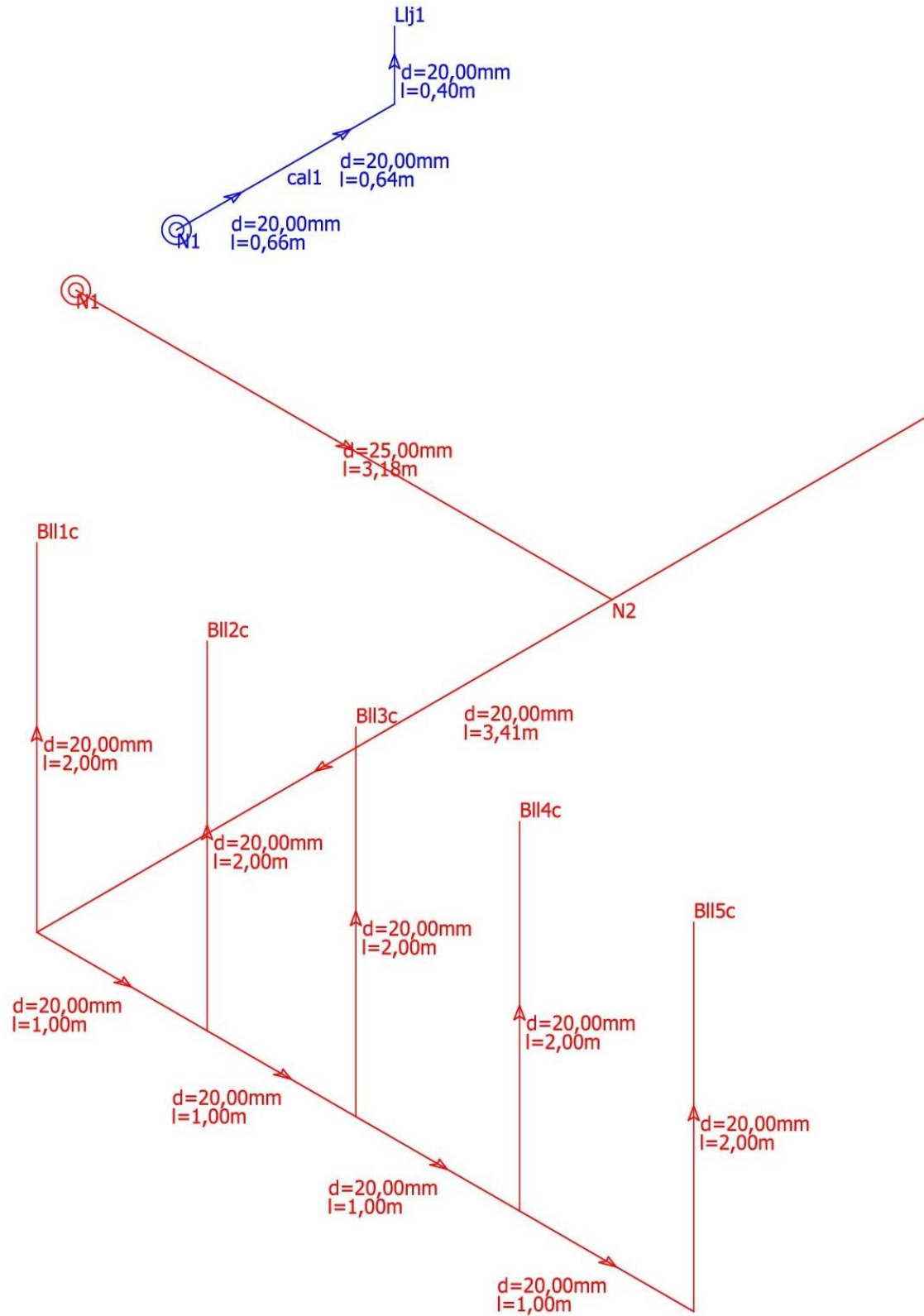
Fuente: Elaboración propia

Img. 71: Vista en isométrico - red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia



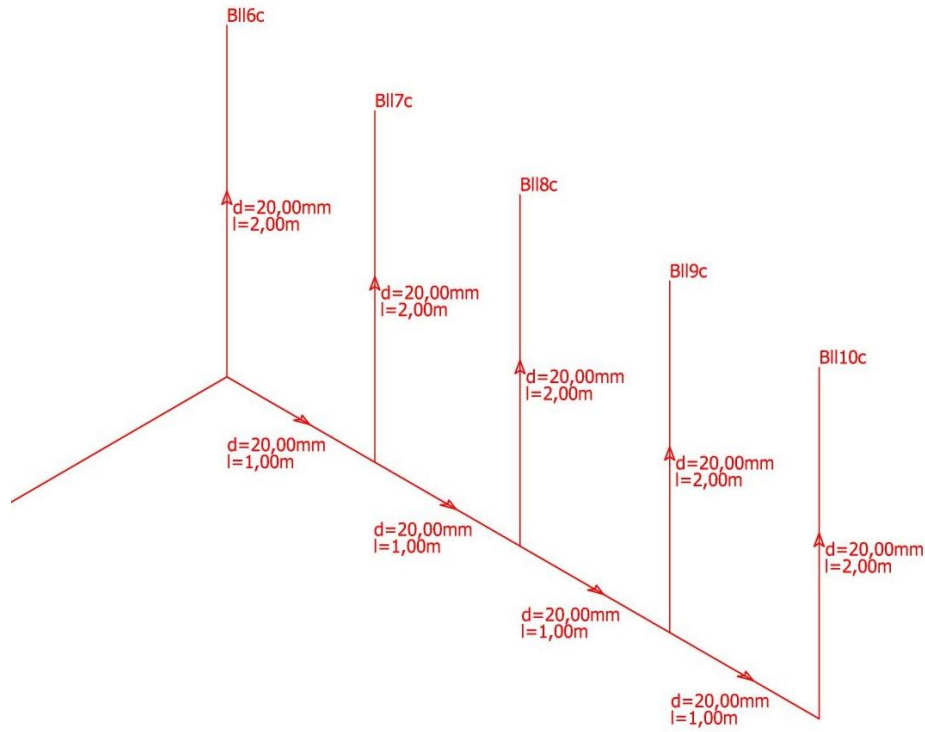
Fuente: Elaboración propia

Img. 72: Vista en isométrico - red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia



Fuente: Elaboración propia

Img. 73: Vista en isométrico - red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia



Fuente: Elaboración propia

Img. 74: Presiones de salida en los artefactos - red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia

Etiqueta	Tipo	Presión AF [mH ₂ O]	Presión Salida AF [mH ₂ O]	Presión AC [mH ₂ O]	Presión Salida AC [mH ₂ O]
N1	Montante	20,61	0,00	0,00	0,00
Sube	Montante Interior	20,55	0,00	0,00	0,00
Llj1	Manguera de Jardín	20,54	20,14	0,00	0,00
cal1	Calentador	20,45	0,00	17,73	0,00
BII1c	Ducha	0,00	0,00	17,31	15,30
BII2c	Ducha	0,00	0,00	17,14	15,13
N3	Montante Interior	0,00	0,00	17,61	0,00

Fuente: Elaboración propia

Img. 75: Diámetros, caudales, pérdidas y presiones - red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia

Nodo Inicial	Nodo Final	DN [mm]	Longitud [m]	Longitud Equivalente [m]	Longitud Total [m]	Gasto [l/min]	Pérdida Total [mH ₂ O]	Presión Inicio [mH ₂ O]	Presión Fin [mH ₂ O]
Bll1c	Bll2c	20,00	5,32	0,29	5,61	8,50	0,17	17,31	17,14
cal1c	N3	32,00	0,48	1,40	1,88	47,10	0,11	17,73	17,61
N3	Bll1c	20,00	3,01	1,08	4,09	13,70	0,30	17,61	17,31
N3	N1	25,00	0,00	1,05	1,05	41,54	0,17	17,61	13,94

Fuente: Elaboración propia

Img. 76: Caudales y velocidades - red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia

Nodo Final	Nodo Inicial	Pieza Sanitaria	UG Pieza	UG Tramo	Gasto [l/min]	D cálculo [mm]	DN [mm]	Vel. Final [m/s]
N1	N3	Montante Interior	0,00	100,00	41,54	20,99	25,00	1,82
Bll1c	N3	Ducha	10,00	20,00	13,70	12,06	20,00	1,01
N3	cal1c		0,00	120,00	47,10	22,36	32,00	1,24
Bll2c	Bll1c	Ducha	10,00	10,00	8,50	9,50	20,00	0,62
N1	Sube	Montante Interior	0,00	3,00	3,16	5,79	20,00	0,23
cal1	Sube	Calentador	0,00	120,00	47,10	22,36	32,00	1,24
Llj1	Sube	Manguera de Jardín	3,00	3,00	3,16	5,79	20,00	0,23
Sube	N1		0,00	126,00	48,71	22,73	32,00	1,28

Fuente: Elaboración propia

Img. 77: Longitudes equivalentes - red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia

Nodo Inicial	Nodo Final	Accesorio	DN [mm]	Cantidad	Le Acc. [m]	Le Total [m]
N1	Sube	Tee Flujo Normal	32	1	0,55	0,55
Sube	Llj1	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	
		Reducción	20	1	0,5	0,79
Sube	cal1	Tee Flujo Normal	32	1	0,55	0,55
Bll1c	Bll2c	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
cal1c	N3	Tee Flujo Normal	32	1	0,55	
		Reducción	32	1	0,85	1,4
N3	Bll1c	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	
		Codo 90° Normal	20	1	0,29	
		Reducción	20	1	0,5	1,08

Fuente: Elaboración propia

Img. 78: Cantidades de materiales - red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia

Descripción	Cantidad	Unidad
PIEZAS SANITARIAS		
Ducha	2,00	Pza
Manguera de Jardín	1,00	Pza
Calentador	1,00	Pza
TUBERÍAS Y ACCESORIOS PARA AGUA FRÍA		
Tubería - DN 20 mm	2,09	m
Tubería - DN 32 mm	1,49	m
Codo 90° Normal - DN 20 mm	2,00	Pza
Tee Flujo Normal - DN 20 mm	2,00	Pza
Tee Flujo Normal - DN 32 mm	2,00	Pza
Llave de Ángulo - DN 20 mm	1,00	Pza
Reducción - DN 32,00 x 20,00 mm	3,00	Pza
TUBERÍAS Y ACCESORIOS PARA AGUA CALIENTE		
Tubería - DN 20 mm	13,68	m
Tubería - DN 32 mm	0,48	m
Codo 90° Normal - DN 20 mm	4,00	Pza
Tee Flujo Normal - DN 20 mm	2,00	Pza
Tee Flujo Normal - DN 25 mm	1,00	Pza
Tee Flujo Normal - DN 32 mm	1,00	Pza
Llave de Ángulo - DN 20 mm	1,00	Pza
Reducción - DN 20,00 x 32,00 mm	1,00	Pza
Reducción - DN 32,00 x 20,00 mm	1,00	Pza
Reducción - DN 32,00 x 25,00 mm	1,00	Pza

Fuente: Elaboración propia

Img. 79: Presiones en los artefactos - red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia

Etiqueta	Tipo	Presión AF [mH2O]	Presión Salida AF [mH2O]	Presión AC [mH2O]	Presión Salida AC [mH2O]
N1	Montante Interior	17,04	0,00	0,00	0,00
cal1		17,04	0,00	0,00	0,00
Llj1	Manguera de Jardín	17,03	16,63	0,00	0,00
N1	Montante Interior	0,00	0,00	13,94	0,00
Bll1c	Ducha	0,00	0,00	12,34	10,33
Bll2c	Ducha	0,00	0,00	12,11	10,10
Bll3c	Ducha	0,00	0,00	11,95	9,94
Bll4c	Ducha	0,00	0,00	11,85	9,84
Bll5c	Ducha	0,00	0,00	11,81	9,80
Bll6c	Ducha	0,00	0,00	9,25	7,24
Bll7c	Ducha	0,00	0,00	9,01	7,00
Bll8c	Ducha	0,00	0,00	8,85	6,84
Bll9c	Ducha	0,00	0,00	8,76	6,75
Bll10c	Ducha	0,00	0,00	8,72	6,71
N2		0,00	0,00	13,35	0,00

Fuente: Elaboración propia

Img. 80: Diámetros, caudales, pérdidas y presiones - red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia

Nodo Inicial	Nodo Final	DN [mm]	Longitud [m]	Longitud Equivalente [m]	Longitud Total [m]	Gasto [l/min]	Pérdida Total [mH ₂ O]	Presión Inicio [mH ₂ O]	Presión Fin [mH ₂ O]
Bll1c	Bll2c	20,00	1,00	0,29	1,29	22,09	0,23	12,34	12,11
Bll2c	Bll3c	20,00	1,00	0,29	1,29	18,12	0,16	12,11	11,95
Bll3c	Bll4c	20,00	1,00	0,29	1,29	13,70	0,10	11,95	11,85
Bll4c	Bll5c	20,00	1,00	0,29	1,29	8,50	0,04	11,85	11,81
Bll6c	Bll7c	20,00	1,00	0,29	1,29	22,09	0,23	9,25	9,01
Bll7c	Bll8c	20,00	1,00	0,29	1,29	18,12	0,16	9,01	8,85
Bll8c	Bll9c	20,00	1,00	0,29	1,29	13,70	0,10	8,85	8,76
Bll9c	Bll10c	20,00	1,00	0,29	1,29	8,50	0,04	8,76	8,72
N1	N2	25,00	3,18	0,40	3,58	41,54	0,59	13,94	13,35
N2	Bll1c	20,00	3,41	0,79	4,20	25,77	1,01	13,35	12,34
N2	Bll6c	20,00	16,31	0,79	17,10	25,77	4,10	13,35	9,25

Fuente: Elaboración propia

Img. 81: Caudales, diámetros y velocidades - red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia

Nodo Final	Nodo Inicial	Pieza Sanitaria	UG Pieza	UG Tramo	Gasto [l/min]	D cálculo [mm]	DN [mm]	Vel. Final [m/s]
Bll6c	N2	Ducha	10,00	50,00	25,77	16,53	20,00	1,89
Bll1c	N2	Ducha	10,00	50,00	25,77	16,53	20,00	1,89
N2	N1		0,00	100,00	41,54	20,99	25,00	1,82
Bll10c	Bll9c	Ducha	10,00	10,00	8,50	9,50	20,00	0,62
Bll9c	Bll8c	Ducha	10,00	20,00	13,70	12,06	20,00	1,01
Bll8c	Bll7c	Ducha	10,00	30,00	18,12	13,87	20,00	1,33
Bll7c	Bll6c	Ducha	10,00	40,00	22,09	15,31	20,00	1,62
Bll5c	Bll4c	Ducha	10,00	10,00	8,50	9,50	20,00	0,62
Bll4c	Bll3c	Ducha	10,00	20,00	13,70	12,06	20,00	1,01
Bll3c	Bll2c	Ducha	10,00	30,00	18,12	13,87	20,00	1,33
Bll2c	Bll1c	Ducha	10,00	40,00	22,09	15,31	20,00	1,62
Llj1	cal1	Manguera de Jardín	3,00	3,00	3,16	5,79	20,00	0,23
cal1	N1		0,00	3,00	3,16	5,79	20,00	0,23

Fuente: Elaboración propia

Img. 82: Longitudes equivalentes - red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia

Nodo Inicial	Nodo Final	Accesorio	DN [mm]	Cantidad	Le Acc. [m]	Le Total [m]
N1	cal1	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
cal1	Llj1	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
Bll1c	Bll2c	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
Bll2c	Bll3c	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
Bll3c	Bll4c	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
Bll4c	Bll5c	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
Bll6c	Bll7c	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
Bll7c	Bll8c	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
Bll8c	Bll9c	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
Bll9c	Bll10c	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	0,29
N1	N2	Tee Flujo Normal	25	1	0,4	0,4
N2	Bll1c	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	
		Reducción	20	1	0,5	0,79
N2	Bll6c	Tee Flujo Normal	20	1	0,29	
		Reducción	20	1	0,5	0,79

Fuente: Elaboración propia

Img. 83: Cantidades de materiales - red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia

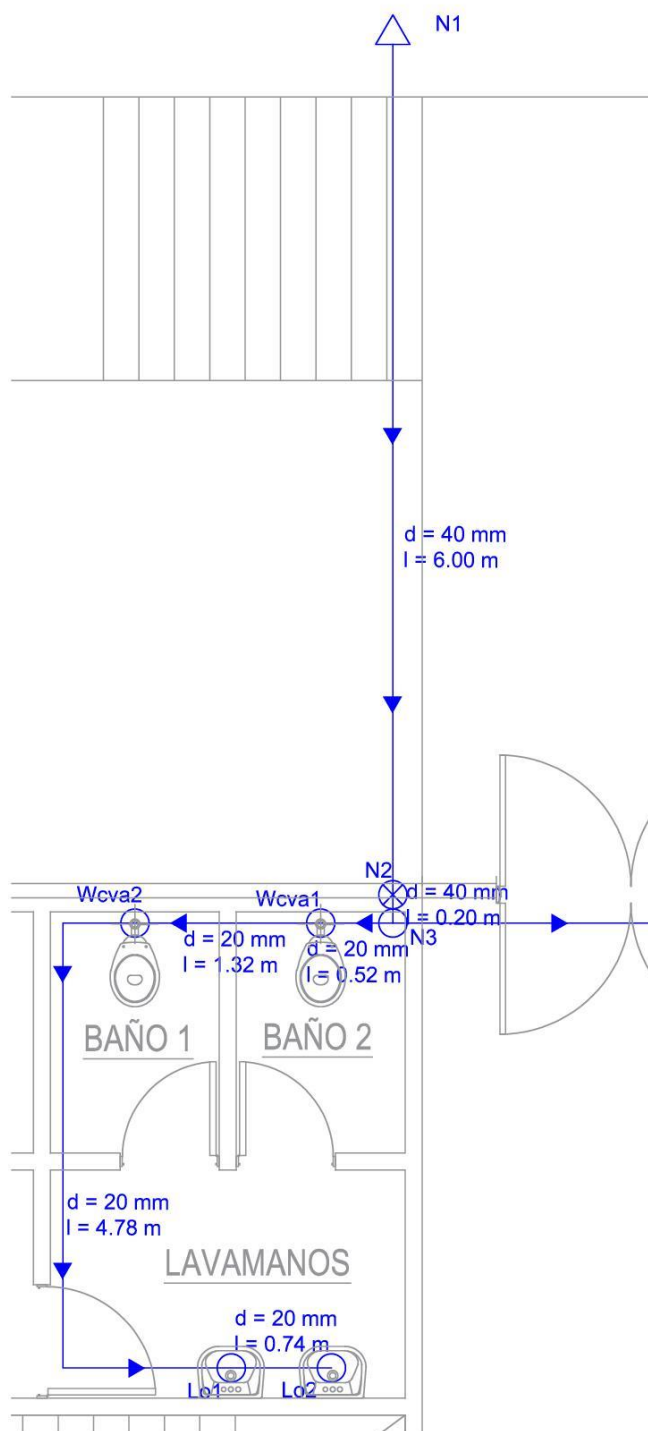
Descripción	Cantidad	Unidad
PIEZAS SANITARIAS		
Ducha	10,00	Pza
Manguera de Jardín	1,00	Pza
TUBERÍAS Y ACCESORIOS PARA AGUA FRÍA		
Tubería - DN 20 mm	1,69	m
Codo 90° Normal - DN 20 mm	1,00	Pza
Tee Flujo Normal - DN 20 mm	2,00	Pza
TUBERÍAS Y ACCESORIOS PARA AGUA CALIENTE		
Tubería - DN 20 mm	47,73	m
Tubería - DN 25 mm	3,18	m
Codo 90° Normal - DN 20 mm	10,00	Pza
Tee Flujo Normal - DN 20 mm	10,00	Pza
Tee Flujo Normal - DN 25 mm	1,00	Pza
Reducción - DN 25,00 x 20,00 mm	2,00	Pza

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Diseño utilizando Excel/AutoCAD

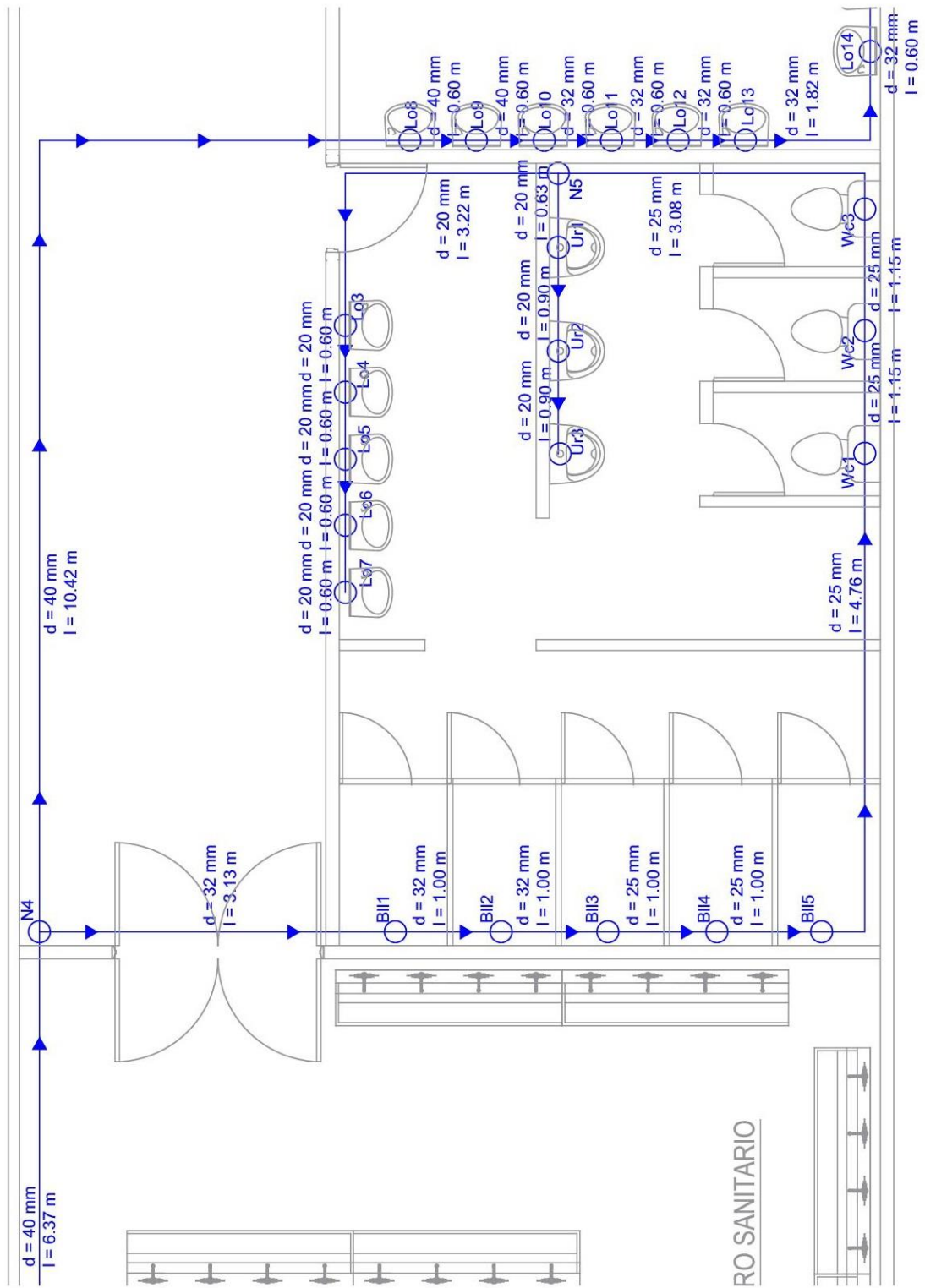
A continuación, se muestra el diseño de la misma edificación, pero esta vez desarrollándolo con los software Excel y AutoCAD.

Img. 84: Vista en planta (AutoCAD) - red de agua potable fría planta alta oficinas Andinexia



Fuente: Elaboración propia

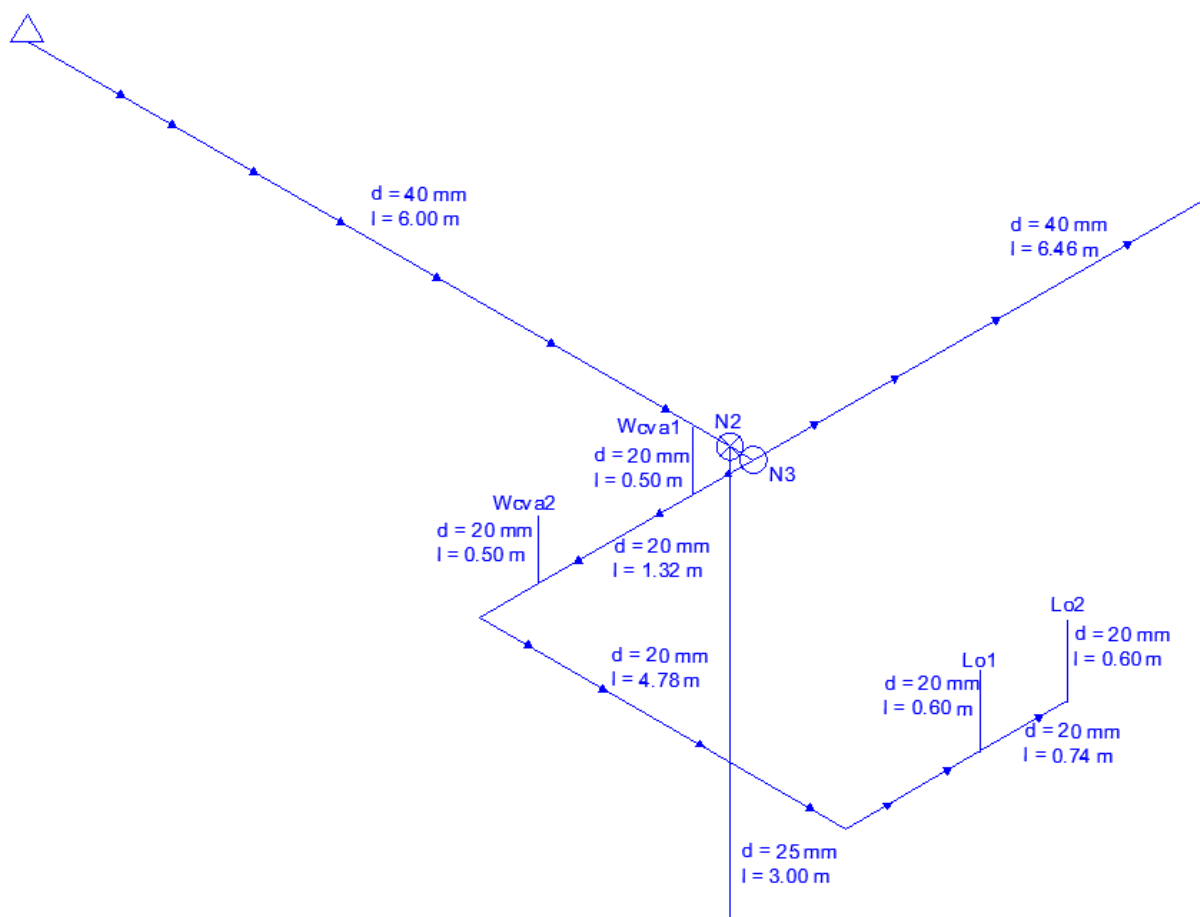
Img. 85: Vista en planta (AutoCAD) - red de agua potable fría planta alta Oficinas Andinexia



Fuente: Elaboración propia

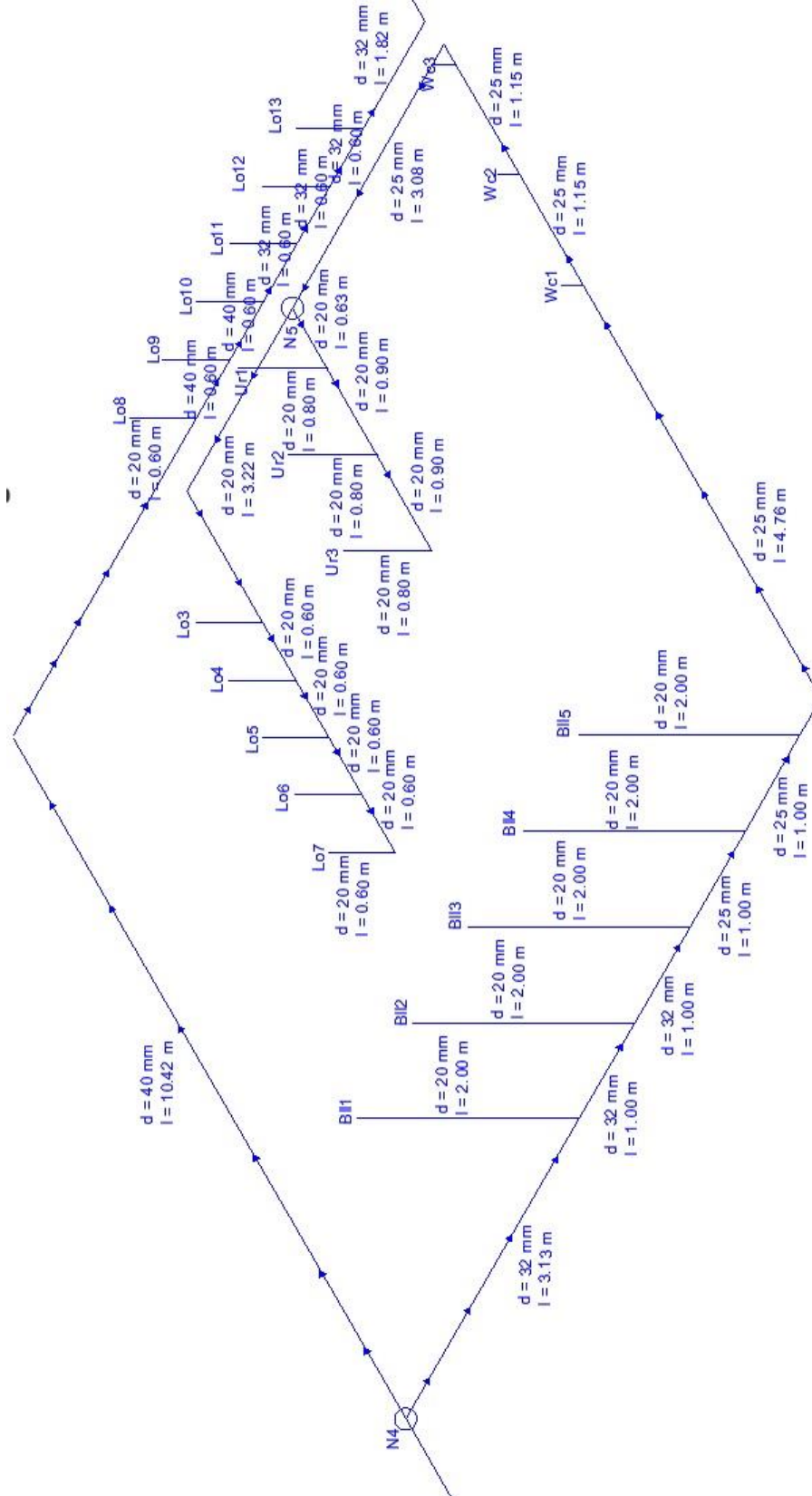
103

Img. 87: Vista en isométrico (AutoCAD) - Red de agua potable fría planta alta oficinas Andinexia



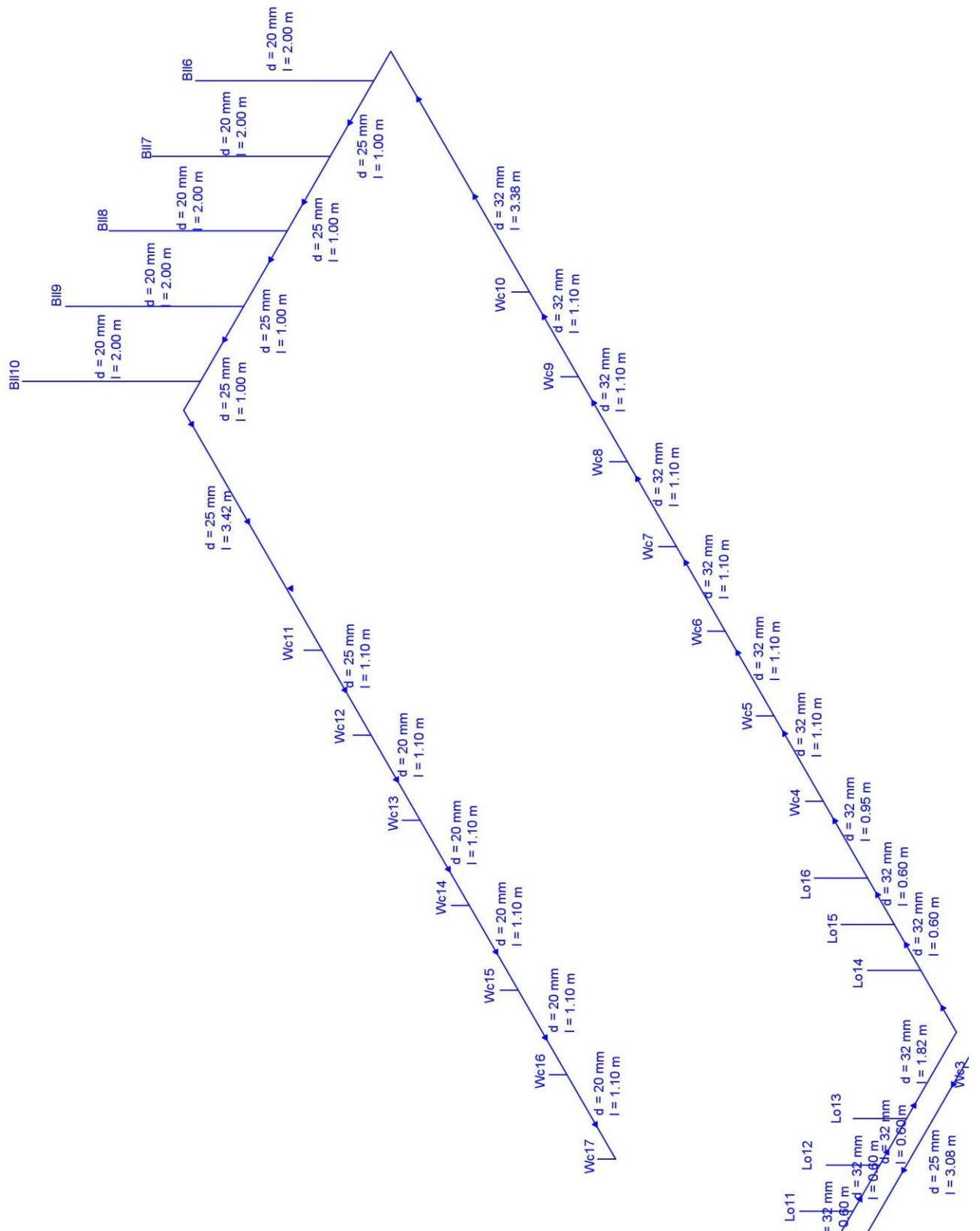
Fuente: Elaboración propia

Img. 88: Vista en isométrico - Red de agua potable fría planta alta oficinas Andinexia



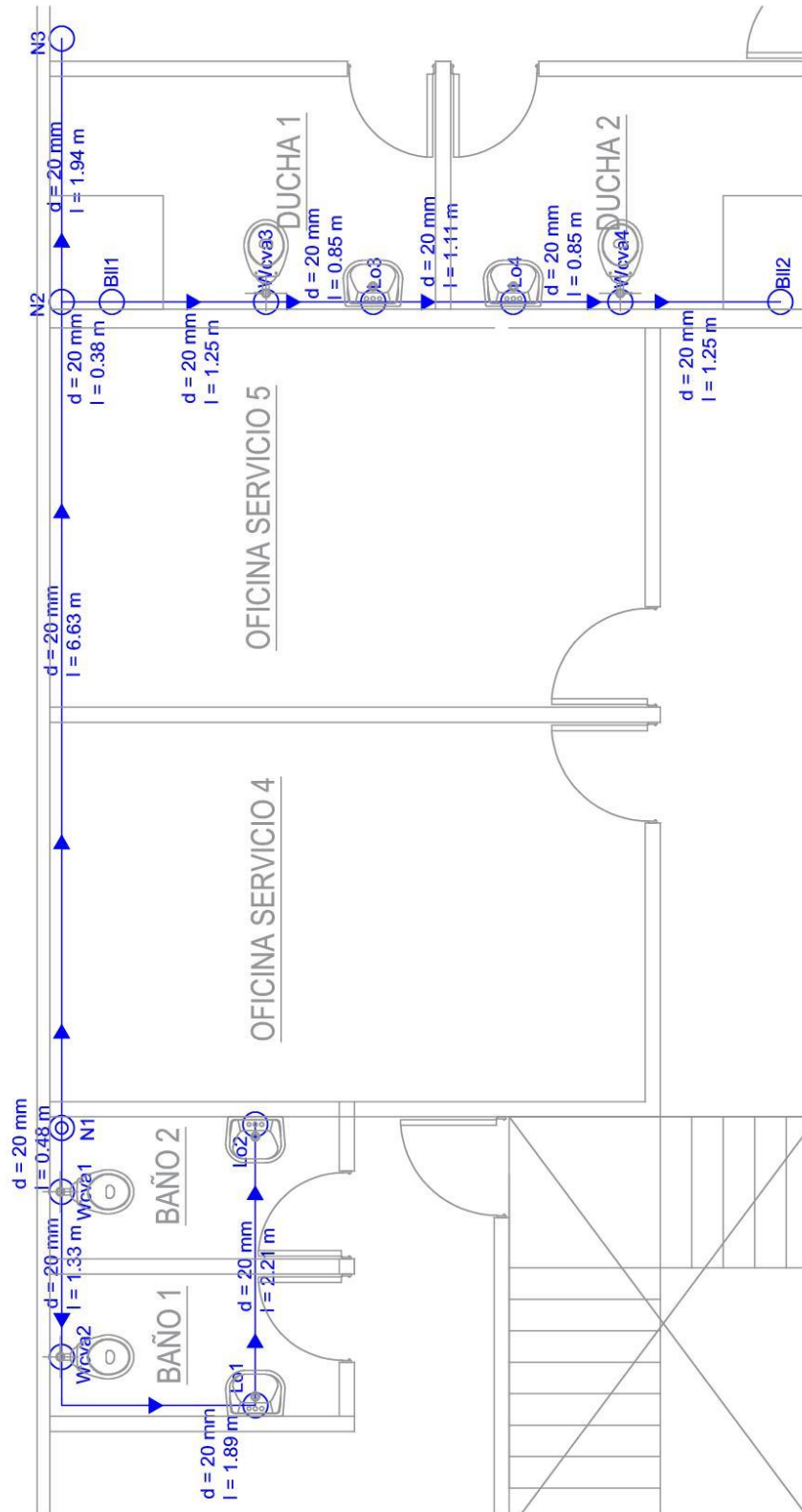
Fuente: Elaboración propia

Img. 89: Vista en isométrico (AutoCAD) - Red de agua potable fría planta alta oficinas Andinexia



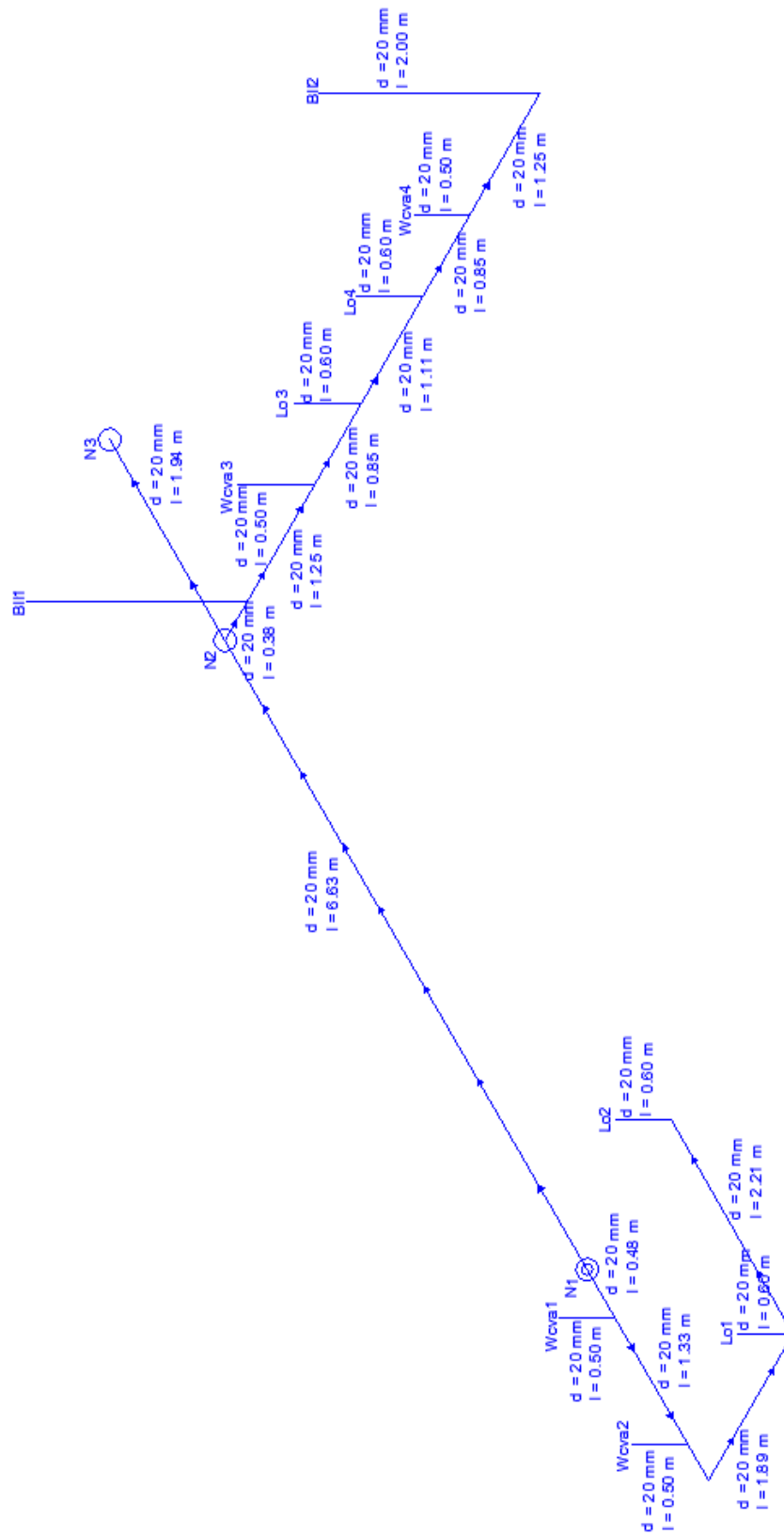
Fuente: Elaboración propia

Img. 90: Vista en planta (AutoCAD) - red de agua potable fría planta baja oficinas Andienxia



Fuente: Elaboración propia

Img. 91: Vista en isométrico (AutoCAD) - red de agua potable fría planta baja oficinas Andinexia



Fuente: Elaboración propia

Img. 92: Tabla de cálculo (Excel) - Red de agua potable fría oficinas Andinexia

Tramo	Largo [m]	DN [mm]	Diámetro [mm]	Área [m2]	Qi [lts/min]	QMP [lts/min]	Velocidad [m/s]	Pérdida de Carga			Dif Piezométrica [mca]	Pérdida Total [mca]	Presión Inicial [mca]	Presión Disponible [mca]	
								J Unitario [m/m]	Coefficiente por accesorios	Pérdida Total [mca]					
N1	N2	6,00	40	36	0,00101788	501	126,11	2,06	0,13	0,00	0,78	0	0,78	20,00	1922
N2	N3	0,20	40	36	0,00101788	425	112,60	1,84	0,11	0,67	0,09	0	0,09	19,22	1913
N3	N4	6,37	40	36	0,00101788	397	107,43	1,76	0,10	2,62	0,88	0	0,88	19,13	1825
Lo8	Lo8	10,42	40	36	0,00101788	262	80,68	1,32	0,06	1,34	0,70	0	0,70	18,25	1756
Lo8	Lo9	0,60	40	36	0,00101788	254	78,97	1,29	0,06	0,67	0,07	0	0,07	17,56	1749
Lo9	Lo9	0,60	40	36	0,00101788	246	77,25	1,26	0,05	0,67	0,07	0	0,07	17,49	1742
Lo10	Lo11	0,60	32	28,4	0,00063347	238	75,51	1,99	0,16	1,40	0,33	0	0,33	17,42	1709
Lo11	Lo12	0,60	32	28,4	0,00063347	230	73,75	1,94	0,16	0,55	0,18	0	0,18	17,09	1691
Lo12	Lo13	0,60	32	28,4	0,00063347	222	71,97	1,89	0,15	0,55	0,17	0	0,17	16,91	1674
Lo13	Lo14	1,82	32	28,4	0,00063347	214	70,18	1,85	0,14	1,10	0,42	0	0,42	16,74	1632
Lo14	Lo15	0,60	32	28,4	0,00063347	206	68,36	1,80	0,14	0,55	0,16	0	0,16	16,32	1616
Lo15	Lo16	0,60	32	28,4	0,00063347	198	66,52	1,75	0,13	0,55	0,15	0	0,15	16,16	1601
Wc4	Wc4	0,95	32	28,4	0,00063347	190	64,65	1,70	0,12	0,55	0,19	0	0,19	16,01	1583
Wc5	Wc5	1,10	32	28,4	0,00063347	180	62,29	1,64	0,12	0,55	0,19	0	0,19	15,83	1564
Wc6	Wc6	1,10	32	28,4	0,00063347	170	59,88	1,58	0,11	0,55	0,18	0	0,18	15,64	1546
Wc7	Wc7	1,10	32	28,4	0,00063347	160	57,43	1,51	0,10	0,55	0,17	0	0,17	15,46	1529
Wc8	Wc8	1,10	32	28,4	0,00063347	150	54,93	1,45	0,09	0,55	0,15	0	0,15	15,29	1514
Wc9	Wc9	1,10	32	28,4	0,00063347	140	52,38	1,38	0,09	0,55	0,14	0	0,14	15,14	1500
Wc10	Wc10	1,10	32	28,4	0,00063347	130	49,78	1,31	0,08	0,55	0,13	0	0,13	15,00	1487
Bl16	Bl16	3,38	32	28,4	0,00063347	120	47,10	1,24	0,07	1,10	0,32	0	0,32	14,87	1455
Bl16	Bl17	1,00	25	22	0,00038013	110	44,36	1,95	0,22	1,05	0,44	0	0,44	14,55	1411
Bl17	Bl18	1,00	25	22	0,00038013	100	41,54	1,82	0,19	0,40	0,27	0	0,27	14,11	1384
Bl18	Bl19	1,00	25	22	0,00038013	90	38,63	1,69	0,17	0,40	0,24	0	0,24	13,84	1360
Bl19	Bl110	1,00	25	22	0,00038013	80	35,62	1,56	0,15	0,40	0,21	0	0,21	13,60	1339
Bl110	Wc11	3,42	25	22	0,00038013	70	32,49	1,42	0,13	0,80	0,53	0	0,53	13,39	1287
Wc11	Wc12	1,10	25	22	0,00038013	60	29,22	1,28	0,10	0,40	0,16	0	0,16	12,87	1271
Wc12	Wc13	1,10	20	17	0,00022698	50	25,77	1,89	0,28	0,79	0,54	0	0,54	12,71	1218
Wc13	Wc14	1,10	20	17	0,00022698	40	22,09	1,62	0,22	0,29	0,30	0	0,30	12,18	1187
Wc14	Wc15	1,10	20	17	0,00022698	30	18,12	1,33	0,15	0,29	0,21	0	0,21	11,87	1166
Wc15	Wc16	1,10	20	17	0,00022698	20	13,70	1,01	0,09	0,29	0,13	0	0,13	11,66	1153
Wc16	Wc17	1,10	20	17	0,00022698	10	8,50	0,62	0,04	0,29	0,06	0	0,06	11,53	1147

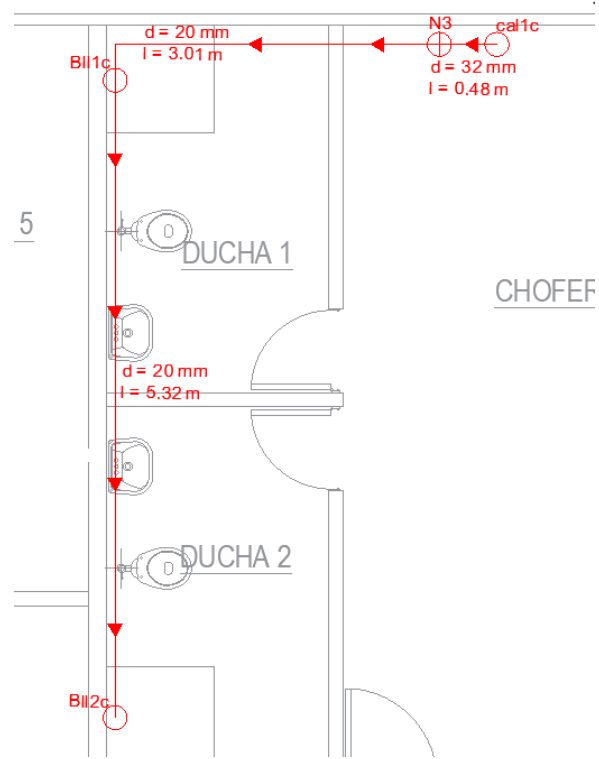
Fuente: Elaboración propia

Img. 93: Tabla de cálculo (Excel) - Red de agua potable fría oficinas Andinexia

N3	Wcva1	0,52	20	17	0,00022698	28	17,28	1,27	0,14	1,26	0,25	0	0,25	19,13	18,88
Wcva1	Wcva2	1,32	20	17	0,00022698	22	14,63	1,07	0,11	0,29	0,17	0	0,17	18,88	18,71
Wcva2	Lo1	4,78	20	17	0,00022698	16	11,75	0,86	0,07	0,87	0,41	0	0,41	18,71	18,31
Lo1	Lo2	0,74	20	17	0,00022698	8	7,29	0,54	0,03	0,29	0,03	0	0,03	18,31	18,27
N4	BII1	3,13	32	28,4	0,00063347	135	51,09	1,34	0,08	1,4	0,37	0	0,37	18,25	17,88
BII1	BII2	1,00	32	28,4	0,00063347	125	48,45	1,27	0,07	0,55	0,12	0	0,12	17,88	17,77
BII2	BII3	1,00	32	28,4	0,00063347	115	45,74	1,20	0,07	0,55	0,10	0	0,10	17,77	17,66
BII3	BII4	1,00	25	22	0,00038013	105	42,96	1,88	0,20	1,05	0,42	0	0,42	17,66	17,24
BII4	BII5	1,00	25	22	0,00038013	95	40,10	1,76	0,18	0,4	0,25	0	0,25	17,24	16,99
BII5	Wc1	4,76	25	22	0,00038013	85	37,14	1,63	0,16	0,8	0,88	0	0,88	16,99	16,11
Wc1	Wc2	1,15	25	22	0,00038013	75	34,07	1,49	0,14	0,4	0,21	0	0,21	16,11	15,90
Wc2	Wc3	1,15	25	22	0,00038013	65	30,87	1,35	0,11	0,4	0,18	0	0,18	15,90	15,72
Wc3	N5	3,08	25	22	0,00038013	55	27,52	1,21	0,09	0,8	0,36	0	0,36	15,72	15,36
N5	Lo3	3,22	20	17	0,00022698	40	22,09	1,62	0,22	1,08	0,93	0	0,93	15,36	14,43
Lo3	Lo4	0,60	20	17	0,00022698	32	18,95	1,39	0,17	0,29	0,15	0	0,15	14,43	14,28
Lo4	Lo5	0,60	20	17	0,00022698	24	15,54	1,14	0,12	0,29	0,10	0	0,10	14,28	14,18
Lo5	Lo6	0,60	20	17	0,00022698	16	11,75	0,86	0,07	0,29	0,06	0	0,06	14,18	14,11
Lo6	Lo7	0,60	20	17	0,00022698	8	7,29	0,54	0,03	0,29	0,03	0	0,03	14,11	14,09
N5	Ur1	0,63	20	17	0,00022698	15	11,24	0,83	0,07	0,79	0,09	0	0,09	15,36	15,27
Ur1	Ur2	0,90	20	17	0,00022698	10	8,50	0,62	0,04	0,29	0,05	0	0,05	15,27	15,22
Ur2	Ur3	0,90	20	17	0,00022698	5	5,27	0,39	0,02	0,29	0,02	0	0,02	15,22	15,20
N2	N1	-3,00	25	22	0,00038013	76	34,38	1,51	0,14	1,05	-0,27	-3	-3,27	19,22	22,49
N1	Wcva1	0,48	20	17	0,00022698	28	17,28	1,27	0,14	1,26	0,25	0	0,25	22,49	22,25
Wcva1	Wcva2	1,33	20	17	0,00022698	22	14,63	1,07	0,11	0,29	0,17	0	0,17	22,25	22,08
Wcva2	Lo1	1,89	20	17	0,00022698	16	11,75	0,86	0,07	0,58	0,18	0	0,18	22,08	21,90
Lo1	Lo2	2,21	20	17	0,00022698	8	7,29	0,54	0,03	0,29	0,08	0	0,08	21,90	21,82
N1	N2	6,63	20	17	0,00022698	48	25,05	1,84	0,27	1,26	2,13	0	2,13	22,49	20,36
N2	N3	1,94	20	17	0,00022698	0	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0	0,00	20,36	20,36
N2	BII1	0,38	20	17	0,00022698	48	25,05	1,84	0,27	0,29	0,18	0	0,18	20,36	20,18
BII1	Wcva3	1,25	20	17	0,00022698	38	21,33	1,57	0,20	0,29	0,31	0	0,31	20,18	19,87
Wcva3	Lo3	0,85	20	17	0,00022698	32	18,95	1,39	0,17	0,29	0,19	0	0,19	19,87	19,68
Lo3	Lo4	1,10	20	17	0,00022698	24	15,54	1,14	0,12	0,29	0,16	0	0,16	19,68	19,52
Lo4	Wcva4	0,85	20	17	0,00022698	16	11,75	0,86	0,07	0,29	0,08	0	0,08	19,52	19,43
Wcva4	BII2	1,25	20	17	0,00022698	10	8,50	0,62	0,04	0,29	0,06	0	0,06	19,43	19,37

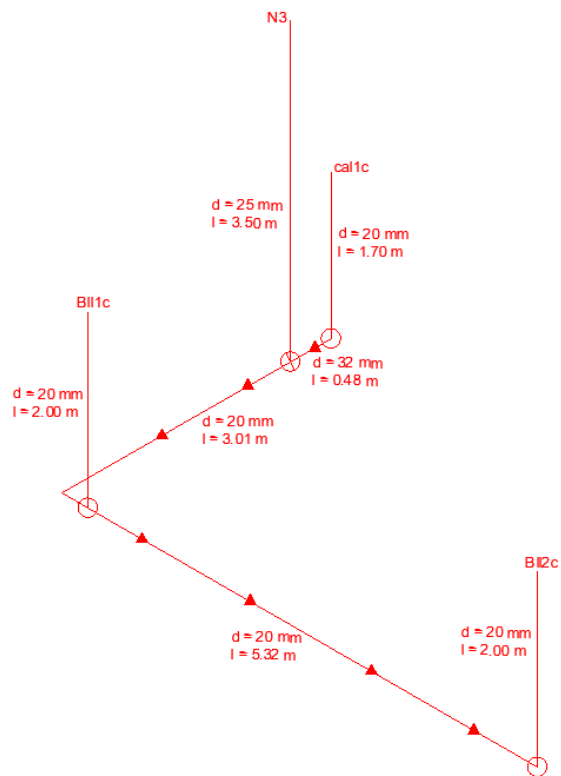
Fuente: Elaboración propia

Img. 94: Vista en planta (AutoCAD) - Red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia



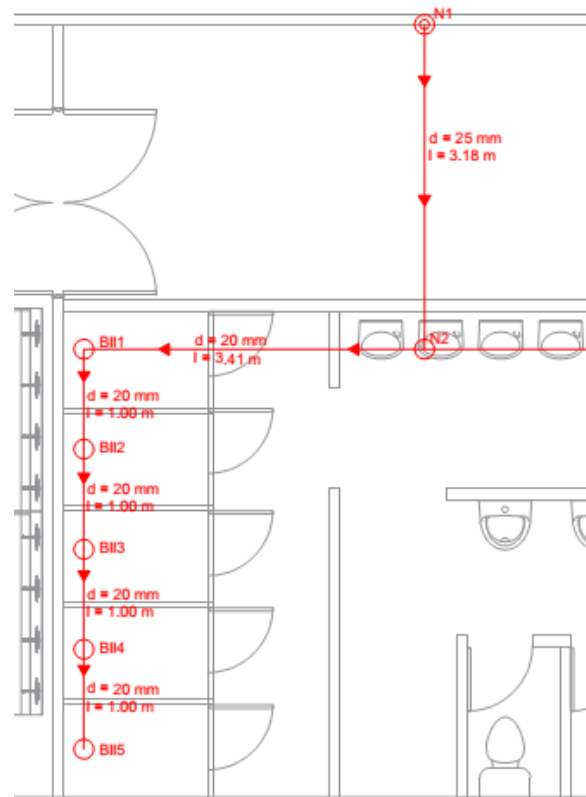
Fuente: Elaboración propia

Img. 95: Vista en isométrico (AutoCAD) - Red de agua potable caliente planta baja oficinas Andinexia



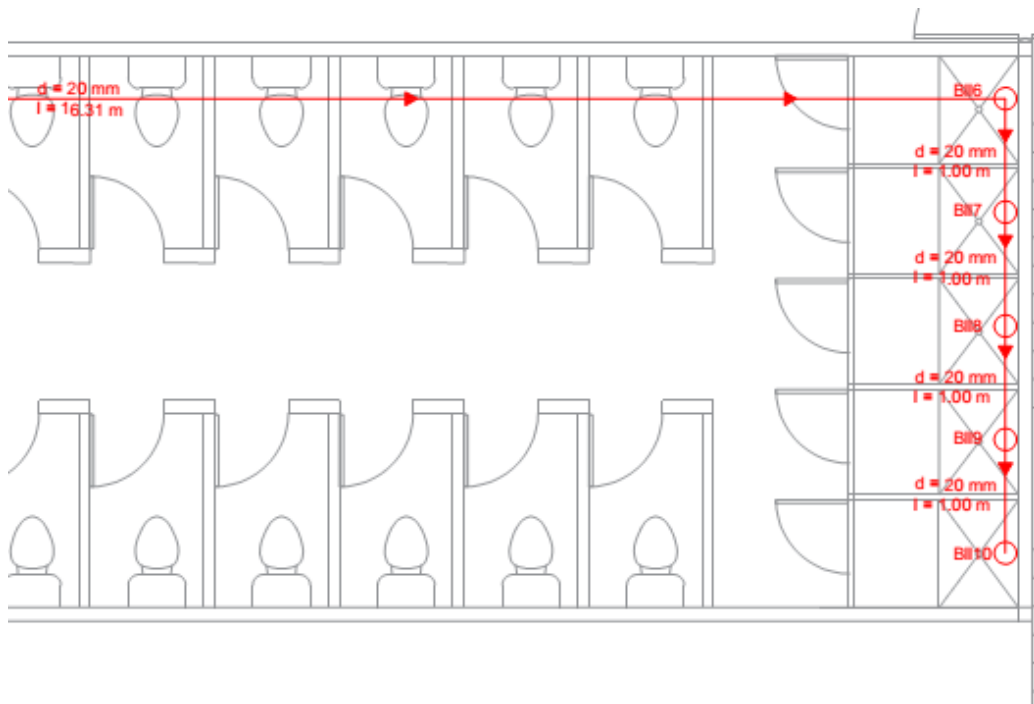
Fuente: Elaboración propia

Img. 96: Vista en planta (AutoCAD) - Red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia



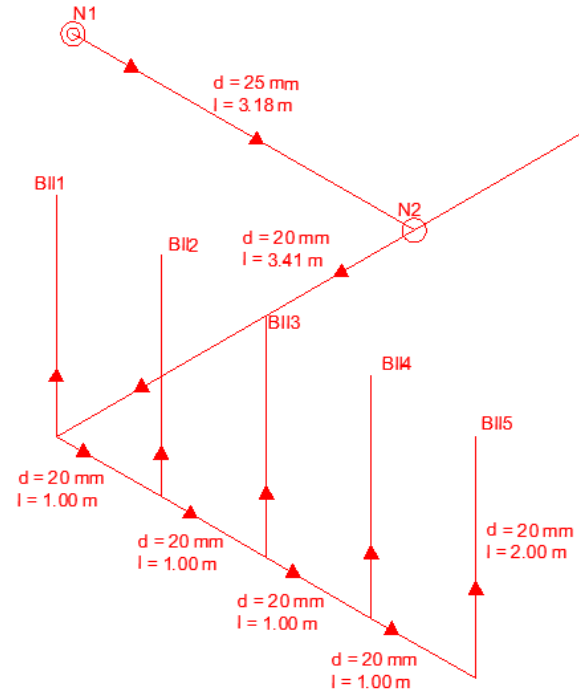
Fuente: Elaboración propia

Img. 97: Vista en planta (AutoCAD) - Red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia



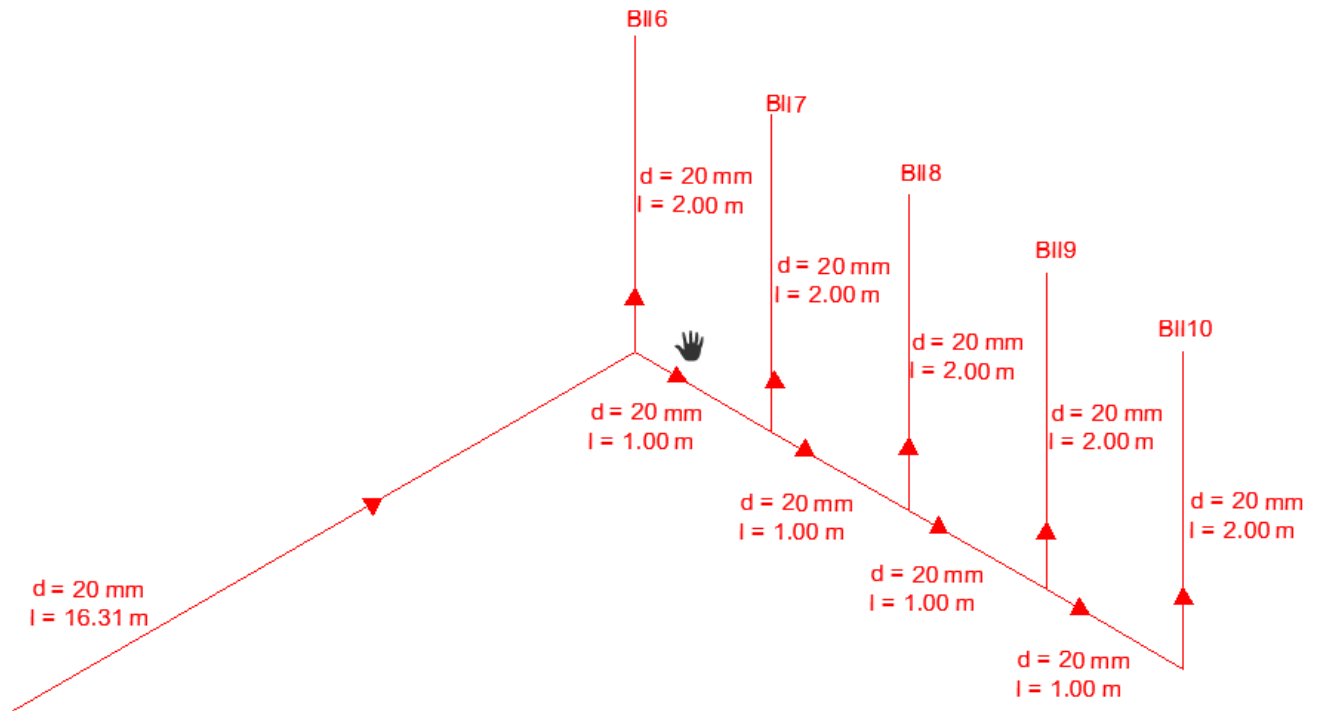
Fuente: Elaboración propia

Img. 98: Vista en isométrico (AutoCAD) - Red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia



Fuente: Elaboración propia

Img. 99: Vista en isométrico (AutoCAD) - Red de agua potable caliente planta alta oficinas Andinexia



Fuente: Elaboración propia

Img. 100: Tabla de cálculos (Excel) - Red de agua potable caliente oficinas Andinexia

Tramo	Inicial	Final	Largo [m]	DN [mm]	Diámetro [mm]	Area [m ²]	Qi [lts/min]	QMP [lts/min]	Velocidad [m/s]	Pérdida de Carga			Dif Piezométrica [mca]	Pérdida Total [mca]	Presión Inicial [mca]	Presión Disponible [mca]
										J Unitario [m/m]	Coefficiente por accesorios [mts extra]	Pérdida Total [mca]				
cal1c	N3	B11c	0,48	32	28,4	0,00063347	120	47,10	1,24	0,06	1,40	0,11	0	0,11	17,73	17,62
	N3	B11c	3,01	20	17	0,00022698	20	13,70	1,01	0,08	1,08	0,31	0	0,31	17,62	17,31
	B11c	B12c	5,32	20	17	0,00022698	10	8,50	0,62	0,03	0,29	0,18	0	0,18	17,31	17,13
N3	N1	N2	3,00	25	22	0,00038013	100	41,54	1,82	0,15	1,05	0,63	3	3,63	17,62	14,00
	N1	N2	3,18	25	22	0,00038013	100	41,54	1,82	0,15	0,40	0,55	0	0,55	14,00	13,44
	N2	B11c	3,41	20	17	0,00022698	50	25,77	1,89	0,23	0,79	0,96	0	0,96	13,44	12,48
	B11c	B12c	1,00	20	17	0,00022698	40	22,09	1,62	0,17	0,29	0,23	0	0,23	12,48	12,26
	B12c	B13c	1,00	20	17	0,00022698	30	18,12	1,33	0,12	0,29	0,16	0	0,16	12,26	12,10
	B13c	B14c	1,00	20	17	0,00022698	20	13,70	1,01	0,08	0,29	0,10	0	0,10	12,10	12,00
	B14c	B15c	1,00	20	17	0,00022698	10	8,50	0,62	0,03	0,29	0,04	0	0,04	12,00	11,96
	N2	B16c	16,31	20	17	0,00022698	50	25,77	1,89	0,23	0,79	3,91	0	3,91	13,44	9,53
	B16c	B17c	1,00	20	17	0,00022698	40	22,09	1,62	0,17	0,29	0,23	0	0,23	9,53	9,31
	B17c	B18c	1,00	20	17	0,00022698	30	18,12	1,33	0,12	0,29	0,16	0	0,16	9,31	9,15
B18c	B18c	B19c	1,00	20	17	0,00022698	20	13,70	1,01	0,08	0,29	0,10	0	0,10	9,15	9,05
	B19c	B110c	1,00	20	17	0,00022698	10	8,50	0,62	0,03	0,29	0,04	0	0,04	9,05	9,01

Fuente: Elaboración propia

A partir de la información mencionada, se considera totalmente necesario realizar los siguientes comentarios, con el propósito de expresar de la manera más fidedigna la información entregada.

- Se debe considerar la configuración del programa Plumber tanto para el material empleado, que en este caso son tuberías de PVC con un coeficiente de roce de Hazen-Williams de 150 así como también para los diámetros que se utilizan en el proyecto.
- Para diseñar la red de agua potable caliente en Plumber, es necesario tener un montante interior de agua fría y un aparato calentador, lo cual tiene lógica, ya que una instalación de agua potable caliente, debe ser abastecida por un arranque que le entregue agua fría en primera instancia.
- Al igual que el caso anterior, se presenta una diferencia entre las planillas de cálculo de Plumber y Excel, esto se explica al método de cálculo utilizado, el cual corresponde a las fórmulas de Hazen-Williams en el primer caso y Fair-Whipple-Hsiao para el segundo caso. En esta misma línea, al ser la instalación de mayor envergadura, se aumenta la diferencia, siendo de 1.14 [mca] en el caso de los cálculos del artefacto de la red de agua potable fría y 0.29 [mca] para el artefacto más desfavorable en la red de agua potable caliente.
- En cuanto a la capacidad de Plumber de realizar instalaciones de agua potable caliente de más de dos niveles, esto no es posible por características propias del programa, sin embargo, esto se encuentra en proceso de desarrollo por parte de los desarrolladores del software.
- Finalmente, en cuanto a los tiempos de trabajo empleados, se ha utilizado 329 minutos en desarrollar el proyecto con los software Excel y AutoCAD, mientras que ocupando el programa Plumber, el tiempo de ejecución es de 96 minutos.

Capítulo 6:

CONCLUSIONES

En este capítulo, se muestran de manera breve y concisa las conclusiones que han sido obtenidas tras las pruebas realizadas.

A partir de la información expuesta anteriormente, se pueden realizar las siguientes conclusiones al respecto.

- Se demuestra con creces que el tiempo empleado en diseñar una red de agua potable es menor ocupando el programa Plumber, en comparación con lo que se emplea tradicionalmente en ocupar AutoCAD y Excel. Específicamente, para efectos de las pruebas realizadas corroboran lo propuesto en un inicio, tal caso es el ejemplo del proyecto sanitario de la vivienda unifamiliar, en que la diferencia es de 128 minutos, los cuales se explican principalmente dada la lentitud al momento de tener que ocupar el programa AutoCAD y tener que escribir cada etiqueta de cada artefacto y de cada tubería de forma manual, así como también, tener que ingresar los datos a la planilla Excel. En la misma línea, esta diferencia se potencia al momento de realizar el diseño para las oficinas de la empresa Andinexia, en donde se tuvieron que ocupar 233 minutos extras realizando la instalación en forma tradicional. La medición de los tiempos de trabajo para un proyectista es fundamental, ya que a partir de esta información es posible estimar aproximadamente la fecha de entrega de un proyecto a un mandatario. A partir de la información expuesta en este punto, se corrobora y comprueba la hipótesis inicial, demostrando tajantemente que ocupando Plumber, el tiempo de trabajo empleado es menor.
- En cuanto a la versatilidad del programa, es necesario recalcar que, en el mismo sentido del punto anterior, resulta bastante sencillo extraer isometrías y dibujos de la planta de las instalaciones, pero por sobre todo, la facilidad para exportar a otras plataformas, incluso a AutoCAD y a formatos PDF. Del mismo modo, la capacidad de modificar la instalación en cuanto a su materialidad, longitudes de los tramos, o secciones de tuberías y ser calculada en forma casi instantánea facilita considerablemente la labor de un proyectista. De este modo, resulta sencillo obtener valores como caudales, presiones, listas de materiales y velocidades. Esto junto con ser una gran ventaja ya que el proceso iterativo de cálculo se desarrolla automáticamente, la facilidad para exportar a Excel o bien de imprimir directamente, facilita considerablemente el trabajo con la información.
- Es necesario previo a cada proyecto a realizar, revisar la configuración del programa, tanto para la materialidad, como para los diámetros nominales, reales y los coeficientes de longitud equivalente para los fittings. Esto se debe a que a partir de las mismas pruebas realizadas, si no se realiza correcta puesta a punto de todos estos factores, los resultados se vuelven irregulares e incongruentes.
- En cuanto a las diferencias de presiones disponibles presentadas, si bien es cierto los resultados de las presiones calculadas no son iguales para uno y otro caso de estudio, esto se explica principalmente por las fórmulas de pérdida de carga unitarias empleadas por cada caso. Del mismo modo, para efectos de la vivienda unifamiliar la diferencia entre uno y otro procedimiento no es superior a 0.5 mca y para el caso de las oficinas de la empresa Andinexia es apenas superior a 1 mca. Dada la cantidad de artefactos instalados en el segundo caso, sumando más de 500 litros de caudal instalado, se acepta este error, proponiendo como alternativa compensar el error con métodos estadísticos de análisis de datos.

- Una limitación del programa es que no es capaz de proyectar instalaciones para redes de más de dos niveles, lo cual se encuentra en modificación por parte de los desarrolladores del programa, ya que para las versiones anteriores, esto sí era posible, pero que según los mismos, generaban errores en las planillas de cubicación, por lo que decidieron descartar la opción en la tercera versión, para perfeccionarla.
- Cabe destacar lo económico del software, dado que la licencia para dos computadores tiene un valor de US\$175.00, monto que vuelve muy accesible su obtención. Si esto se compara con licencia de otros programas, cuyo precio oscila aproximadamente los US\$1500 se obtiene una relación precio calidad bastante buena.
- Finalmente, a pesar del punto anterior presentado, se recomienda el uso del software basándose en la facilidad de uso, la rapidez de la obtención de los resultados y la capacidad de adaptarse a diferentes materiales y diferentes secciones de tuberías. En cuanto a la discrepancia entre los resultados de presiones obtenidas y según información de los mismos desarrolladores del software, se encuentra en desarrollo una nueva versión del programa, el cual puede agregar opciones o metodologías de cálculo, teniendo la consideración que el programa recién se encuentra en su tercera versión.

REFERENCIAS

- Hidrasoftware. Cómo Realizar el Diseño de Instalaciones Sanitarias en Edificios con Plumber. <<https://www.hidrasoftware.com/como-realizar-el-diseno-de-instalaciones-sanitarias-en-edificios-con-plumber/#administradorpiezassanitarias>>. [consulta: 02 de Enero de 2019]
- Instituto Nacional de Normalización (Chile). Instalaciones domiciliarias de agua potable – Diseño, cálculo y requisitos de las redes interiores. NCh2485.Of2000. Santiago, 2000.
- Domínguez, Francisco Javier. “Curso de Hidráulica”, 2da ed, Universidad de Chile, 1945, 553p.
- Ministerio de Obras Públicas (Chile). Reglamento de instalaciones domiciliarias de agua potable y alcantarillado. RIDAA. Santiago, 2003.
- Streeter, Victor “Mecánica de los fluidos”, 4ta ed. Estados Unidos, McGraw-Hill, 1970, 739p.
- Hunter, Roy B. “Methods of estimating load in Plumbing Systems”. 1era ed. Estados Unidos, National Bureau of Standards, 1940, 26p
- Martín Domingo, Agustín, “Apuntes de mecánica de fluidos”, 1era ed. España, Departamento de Física e Instalaciones, Universidad Politécnica de Madrid, 1997, 101p.
- Castro N., Garzón J., Ortiz R. “Aplicación de los métodos para el cálculo de caudales máximos probables instantáneos, en edificaciones de diferente tipo” en Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua, SEREA, 2006.
- Mott, Robert, “Mecánica de fluidos”, 6ta ed. Estados Unidos, Pearson, 2006
- Instituto Nacional de Normalización (Chile). Tuberías de agua potable – Requisitos. NCh.951/1.Of.2005. Santiago, 2005.
- Instituto Nacional de Normalización (Chile). Agua Potable – Conducción, regulación y distribución. NCh.691.Of98. Santiago, 1998.