



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Físicas

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos

**Diseño de abastecimiento de agua potable para el
edificio Multifamiliar Sostenible en Lima – Perú en el
año 2021**

MONOGRAFÍA TÉCNICA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

AUTOR

Marco Antonio FRANCO ACHARTE

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Franco, M. (2022). *Diseño de abastecimiento de agua potable para el edificio Multifamiliar Sostenible en Lima – Perú en el año 2021*. [Monografía técnica de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Marco Antonio Franco Acharte
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72181131
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4316-3486
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	(Sin asesor)
Tipo de documento de identidad	(Sin asesor)
Número de documento de identidad	(Sin asesor)
URL de ORCID	(Sin asesor)
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Emanuel Jesús Guzmán Zorrilla
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40420005
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Reuter Arturo Aliaga Díaz
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07229778
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Julio Jesús Quijano Vargas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	43073615
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.2.5.1. Energética
Grupo de investigación	
Agencia de financiamiento	PROPIA
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Santiago de Surco Latitud: 12°8' 13.08" Longitud: 76°58'43.83"
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021
URL de disciplinas OCDE	Mecánica aplicada http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.02



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
(Universidad del PERÚ, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

XIII CAP DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

**ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE LA MONOGRAFÍA TÉCNICA PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS, MODALIDAD DE
TITULACIÓN M-3 - POR SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Siendo las 14:00 horas del día viernes 30 de setiembre de 2022, en la Sala de Sesión Virtual de la Facultad de Ciencias Físicas, bajo la presidencia del Mg. Ing. EMANUEL JESÚS GUZMÁN ZORRILLA y con la asistencia de los miembros Ing. REUTER ARTURO ALIAGA DÍAZ y el Mg. Ing. JULIO JESÚS QUIJANO VARGAS, se dio inicio a la Sesión Pública Virtual de Sustentación de la Monografía Técnica para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, mediante la Modalidad de Titulación M-3 Por Suficiencia Profesional, del Bachiller:

MARCO ANTONIO FRANCO ACHARTE

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente, e invitó al Bachiller MARCO ANTONIO FRANCO ACHARTE, a realizar la Exposición del trabajo de la Monografía Técnica titulada "DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL EDIFICIO MULTIFAMILIAR SOSTENIBLE EN LIMA – PERÚ EN EL AÑO 2021".

Concluida la exposición del candidato y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado Examinador, el Presidente invitó al Bachiller a abandonar momentáneamente la sala de sesión para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado. Se procedió a promediar la nota final del curso de actualización y la nota de la sustentación para obtener la calificación final.

Al término de la deliberación del Jurado, se invitó al candidato a regresar a la sala de sesión para dar lectura a la calificación final obtenida por el Bachiller, la misma que fue:

..Dieciséis16.....

El Presidente del Jurado Mg. Ing. EMANUEL JESÚS GUZMÁN ZORRILLA, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller MARCO ANTONIO FRANCO ACHARTE Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 15:00 horas, del mismo día, se levantó la sesión.

Mg. Ing. EMANUEL JESÚS GUZMÁN ZORRILLA
PRESIDENTE DEL JURADO

Ing. REUTER ARTURO ALIAGA DÍAZ
MIEMBRO DEL JURADO

Mg. Ing. JULIO JESÚS QUIJANO VARGAS
MIEMBRO DEL JURADO



Firmado digitalmente por LOZANO
BARTRA Whualkuer Enrique FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 13.10.2022 10:32:45 -05:00

DR. WHUALKUER ENRIQUE LOZANO BARTRA
VICEDECANO ACADÉMICO FCF

Datos de la plataforma virtual institucional del acto de sustentación:

<https://us06web.zoom.us/j/84051876692?pwd=eEh1V3RQakVYK2d4emdYU3N6ODBQQT09>

ID: ID de reunión: 840 5187 6692

Código de acceso: 815622

Grabación archivada en el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/file/d/1Rjfokj1lkKhRDrPmlhUzF7nxuimV4ZaL/view?usp=sharing>

DEDICATORIA

La presente monografía se la dedico a mi padre Nicolás, a mi tío Alfonso, a mis abuelos, a mi madre, a mis hermanos y a mi familia en general, también a la empresa RAPM INGENIEROS, por permitirme participar en diversos proyectos, el cual uno de ellos se detalla en esta monografía.

INDICE DE CONTENIDO	
DEDICATORIA	i
INDICE DE CONTENIDO	ii
RESUMEN	vii
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCION	1
1.2. UBICACIÓN	2
1.3. IMPORTANCIA DEL TEMA	2
1.4. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	3
1.5. PROPUESTA DE SOLUCION	3
1.6. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICIOS	3
1.6.1. OJETIVO GENERAL	3
1.6.2. OBJETIVO ESPECIFICO	3
1.7. ALCANCE	3
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	4
2.1. ANTECEDENTES	4
2.2. BASES TEORICAS FUNDAMENTALES	7
2.2.1. ECUACIÓN DE CONTINUIDAD	7
2.2.2. VELOCIDAD DE FLUJO RECOMENDABLE EN TUBERÍAS Y DUCTOS	9
2.2.3. CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA - ECUACIÓN DE BERNOULLI	9
2.2.4. ECUACIÓN GENERAL DE LA ENERGÍA	12
2.2.5. NUMERO DE REYNOLDS	17
2.2.6. ECUACIÓN DE DARCY	18
2.2.7. PÉRDIDA DE FRICCIÓN EN EL FLUJO TURBULENTO	18
2.2.8. FORMULA DE HAZEN-WILLIAMS PARA EL FLUJO DE AGUA	21
2.2.9. PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN ACCESORIOS	22
2.2.10. COEFICIENTE DE RESISTENCIA EN ACCESORIOS	23
2.3. BASES TEORICAS DE INGENIERIA	25
2.3.1. SISTEMAS DE BOMBEO	25
2.3.2. SISTEMA A PRESIÓN CONSTANTE	27
2.3.3. SISTEMAS MULTIBOMBAS	29
2.3.4. TANQUE HIDRONEUMÁTICO	30
2.3.5. TUBERÍAS EN LOS EDIFICIOS PARA EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA	31
2.3.6. TIPOS DE EDIFICACIÓN	31
2.3.7. RED DE AGUA POTABLE: TIPOS DE ABASTECIMIENTO	33

2.3.8. CUARTO DE BOMBAS Y TANQUE DE ABASTECIMIENTO	34
CAPÍTULO III: DESARROLLO O PROCESO METODOLOGICO	35
3.1. ENFOQUE CUALITATIVO, DISEÑO Y ALCANCE	35
3.2. NORMATIVIDADES	35
3.2.1. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES	35
3.3. METODOLOGIA A UTILIZAR	36
3.4. CALCULOS DE INGENIERÍA	37
3.4.1. CÁLCULO DE LA DOTACION DE AGUA FRÍA	37
3.4.2. DISEÑO DE LA CISTERNA DE AGUA DE CONSUMO DOMESTICO	39
3.4.3. CALCULO DEL DIAMETRO DEL MEDIDOR DE CONEXIÓN DOMICILIARIA	41
3.4.4. CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN DESDE LA RED PÚBLICA	43
3.4.5. CALCULO DE LA MAXIMA DEMANDA SIMULTANEA	45
3.4.6. CALCULO DE PARAMETROS HIDRAULICOS DE LAS ELECTROBOMBAS	52
DISCUSION.....	53
CONCLUSIONES.....	55
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXOS	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Proyecto.....	2
Figura 2 La ecuación de continuidad para un flujo volumétrico constante cuando el diámetro de la tubería disminuye.....	8
Figura 3 Ecuación de Bernoulli.....	9
Figura 4 Elementos de fluido.	11
Figura 5 Sistema de flujo que ilustra la ecuación general de la energía 4.....	14
Figura 6 Comportamiento de la energía en el trayecto del flujo.	16
Figure 7 Representación de la rugosidad de la pared de un conducto o tubo.	19
Figura 8 Presiones de un sistema.....	25
Figura 9 Curva de la bomba vs Condición de operatividad	26
Figura 10 Boceto de instalación	28
Figura 11 Control en cascada estándar	29
Figura 12 Sensor de presión o Trasmisor.....	30
Figura 13 Accionar de un tanque hidroneumático.....	30
Figura 14 Cálculo para la dotación máxima de agua fría del edificio.....	38
Figura 15 Diseño de la cisterna.....	39
Figura 16 Corte trasversal de diseño de la cisterna.....	40
Figura 17 Rendición de Cuentas en el IV Trimestre del año 2021	41
Figura 18 Cálculo del diámetro medidor	42
Figura 19 Cálculo del diámetro de la tubería de entrada	44
Figura 20 Unidades Hunter de cada aparato sanitario	45
Figura 21 Conteo de los aparatos sanitarios por departamentos. Esto con el fin de hallar la máxima demanda simultánea.	47
Figura 22 Cálculo hidráulico para el punto más desfavorable.....	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Velocidades de flujo en tuberías.	9
Tabla 2 Rugosidad absoluta (ϵ) en tubos comerciales.	20
Tabla 3 Valor de Coeficiente Ch de Hazen Williams, según material de tubería	22
Tabla 4 Relación de longitud equivalente y diámetro del tubo (LeD).....	24
Tabla 5 Tabla de dotación en edificios multifamiliares.....	37
Tabla 6 Longitudes equivalentes de accesorios de PVC.....	43
Tabla 7 Caudal probable para la aplicación del método Hunter.....	46
Tabla 8 Velocidades máximas según el diámetro de tubería.	48
Tabla 9 Cuadro comparativo de las características de los proyectos similares a esta monografía.	53
Tabla 10 Cuadro comparativo del equipamiento de los proyectos similares a esta monografía.	54

**“DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
PARA EL EDIFICIO MULTIFAMILIAR SOSTENIBLE EN
LIMA – PERÚ EN EL AÑO 2021”**

RESUMEN

El presente trabajo monográfico consiste en el diseño de la red interna de agua potable de la edificación Multifamiliar Sostenible. ubicado en Jr. Cerro Rico N° 282 – 286 – Urbanización de San Ignacio de Monterrico - Santiago de Surco - Provincia y Departamento de Lima. Para lo cual se han usado los fundamentos básicos de la mecánica de fluidos y aplicado la norma IS010, impuesta en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE-2006) y algunas normas complementarias concerniente al almacenamiento, distribución y evacuación de agua potable a una edificación multifamiliar conformada por 02 sótanos, semisótano, 06 pisos y azotea, en el cual existen un total de 12 departamentos en la edificación a los que hay que dotarlos de agua potable a través de una tubería alimentadora de policloruro de vinilo (PVC) y ramales de distribución con tuberías de policloruro de vinilo (PVC). Para el diseño se ha determinado la dotación de agua potable del edificio, la ubicación del banco de medidores y aparatos sanitarios de cada departamento. La distribución del agua potable a la edificación se diseñó en dos partes: La primera para diseñar la línea de alimentador; la segunda, una línea para cada departamento, las cuales cada una de estas contara con un medidor. Al último, se discuten los resultados y conclusiones del diseño de la red interna de agua potabilizada.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCION

El agua potable y el saneamiento son derechos esenciales para la realización de todos los derechos humanos, que requieren el suministro de agua suficiente, saludable, aceptable y accesible para uso privado y doméstico. En consecuencia, el diseño de las instalaciones sanitarias es imperativo, ya que son necesarias para la satisfacción de las necesidades básicas y el logro de los derechos humanos.

“En la actualidad, muchas edificaciones multifamiliares de la ciudad de Lima están construidas para dar a sus habitantes una estancia confortable y placentera, ya sean apartamentos dúplex, pisos, micro apartamentos o habitaciones.” (Quevedo, 2014)

Entre estas necesidades de confort en sus residencias se encuentra una presión y flujo continuo de agua potable. Para ello es necesario un sistema de bombeo de agua fría a presión constante que suministre el caudal y la presión necesarios para el uso diario de cada uno de los equipos sanitarios actuales de las residencias mencionadas, dado que la presión suministrada por el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) no es la suficiente para abastecer a los puntos sanitarios más altos de la edificación. Para ello, se detallará en esta monografía un diseño particular. En relación con el sistema de bombeo, también podemos hablar del sistema de drenaje; sin embargo, este es un tema más amplio que requeriría un nuevo trabajo de investigación para explorarlo en su totalidad.

1.2. UBICACIÓN

El proyecto se ubica en Jr. Cerro Rico N° 282 – 286 – Urbanización de San Ignacio de Monterrico - Santiago de Surco - Lima.; con un área de 317.50 m2.

Figura 1

Ubicación del Proyecto



Fuente (Google Earth, s.f.)

1.3. IMPORTANCIA DEL TEMA

La monografía está basada en la realización del diseño del sistema de instalaciones de la red de agua potable en el edificio Multifamiliar Sostenible en la ciudad de Lima durante el año 2021, para un suministro óptimo de agua potable, en el cual el equipo de bombeo debe estar dimensionado en función de la demanda del edificio, garantizando una

disponibilidad constante de agua potable, esto siempre y cuando se realicen los mantenimientos preventivos anuales al sistema.

1.4. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

Debido al gran crecimiento demográfico de Lima, algunas viviendas multifamiliares se construyen sin el soporte técnico adecuado y basándose únicamente en la experiencia, por lo que, en ocasiones, las viviendas de las zonas urbanas carecen de agua en algún punto de sus hogares o experimentan baja presión en momentos en que la Empresa Prestadora de Servicio de Saneamiento (EPS) correspondiente, SEDAPAL, contrariamente indica que tienen la mayor presión.

1.5. PROPUESTA DE SOLUCION

Para asegurar una presión constante y el flujo necesario para cada aparato sanitario, cada residencia en la ciudad de Lima debe tener un sistema de suministro de agua potable bien diseñado (una dotación suficiente calculado con lo que rige la normativa IS010, un equipo de bombeo adecuado que cumpla con la presión y caudal requeridos por el sistema) y, algunas veces, como cuando la EPS no ofrezca el caudal y presión necesarias para la edificación, una cisterna y/o tanque elevado.

1.6. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICIOS

1.6.1. OJETIVO GENERAL

- Diseñar la red interna de agua potable del edificio Multifamiliar Sostenible

1.6.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Diseñar el sistema de distribución de agua potable para que funcione de forma continua, garantizando una presión constante y un caudal suficiente durante los picos de demanda.
- Determinar los parámetros hidráulicos para unas bombas adecuadas y así garantizar una presión y un caudal óptimos en cada aparato sanitario del edificio.

1.7. ALCANCE

El alcance de la presente monografía es el cálculo hidráulico y diseño de redes internas sanitarias únicamente de agua fría.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

La tesis “Diseño de instalaciones sanitarias para el costo óptimo de un proyecto de edificación multifamiliar-Cercado del Callao, 2018”

“Pretendió crear un diseño de instalaciones sanitarias para el beneficio de quienes habitan el edificio multifamiliar. Determinar el precio y diseño óptimo que tienen las instalaciones sanitarias para los usuarios del inmueble.

En función a esto, se determinó desarrollar dos tipos de sistemas de diseño de instalaciones sanitarias. La estructura multifamiliar, con una superficie total de 418,60 m², consta de un semisótano y seis plantas que incluyen tres pisos dúplex. La propuesta consiste en una estructura multifamiliar con 12 pisos y 3 unidades dúplex. Las viviendas de dos a tres dormitorios tienen un tamaño que oscila entre los 68,56 y los 99,36 metros cuadrados.

Para el abastecimiento de este edificio, se realizaron los siguientes cálculos: en el sistema Cisterna - tanque elevado, El suministro previsto era de 19,67 m³/d, incluyendo 15,00 m³ de capacidad de distribución de agua en la cisterna y 7.000 m³ en el depósito elevado. En el sistema de presión continua, el suministro se mantiene, pero la capacidad de distribución es de 19,7 m³.

Además, se ha estimado una cisterna con una capacidad útil de 56,78 m³ para el sistema de agua contra incendios, que dará servicio a todos los elementos del edificio instalados” (Quiroz, 2018)

La tesis “Determinar las pérdidas de carga en tuberías de PVC y accesorios de diámetros de 1" y 1 1/2" mediante un banco de pruebas en flujo presurizado”

“Determinó los cambios de las pérdidas de carga que se dan lugar en las tuberías y accesorios de flujo presurizado de PVC, para lo cual es necesario desarrollar un instrumento práctico, y entregar un Banco de Pruebas de Pérdidas de Carga en tuberías de 1" y 1 1/2" de diámetro que funcione para la formación de quienes ejercen en este laboratorio. Para alcanzar esta meta, hemos tenido que investigar primero el tema para comprender el método de medición de las pérdidas de carga. Se exploraron numerosos enfoques y fórmulas, como la ecuación general de la energía, la ecuación de Darcy Weisbach, el diagrama de Moody, etc. Se simularon caudales y se estimó la altura dinámica total (TDH) para determinar la potencia de la bomba utilizando los enfoques mencionados. Se llegaron a observar algunas diferencias de altura que son proporcionadas por el manómetro diferencial ya que se llegaron a instalar la cantidad de cinco sistemas de tuberías, además de un manómetro de columna de agua diferencial para el laboratorio de la universidad. Todo esto para crear un banco de pruebas. Debido a esto, fue posible calcular las pérdidas de carga que se producen en las tuberías de 1" y 1 1/2", así como los accesorios colocados en la trayectoria 5, para cada una de estas trayectorias. Además, se elaboró un manual práctico del Banco de Pruebas, que proporciona normas para el uso adecuado de dichos equipos. Además de comparar los resultados prácticos y teóricos, se ha diseñado, fabricado y puesto en marcha el banco de pruebas para pérdidas de energía en tuberías y accesorios de 1" y 1 1/2" de diámetro en flujo a presión. Los resultados empíricos de las pérdidas por rozamiento variaron entre un 3% y un 6% respecto a los valores teóricos. Las pérdidas experimentales debidas a los accesorios diferían hasta en un 88% de sus equivalentes teóricos” (Asto & Pereda , 2018)

La tesis “Diseño e implementación de sistema automatizado en cuarto de bombas para el suministro de agua potable en edificio Torres Paz”

“Tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de bombeo automatizado a presión constante para el edificio multifamiliar Torres Paz, en el distrito de Barranco, donde en principio el servicio se prestará únicamente en la sala de bombas desde la alimentación del tanque de almacenamiento hasta las salidas principales de las redes de abastecimiento de agua potable del edificio y el control del sistema se logrará a través de la automatización con accesorios de control tales como PLCs. Para el diseño e implementación del sistema de bombeo mecanizado en la sala de electrobombas del edificio, se esbozaron los siguientes problemas: La controlabilidad de los sistemas hidroneumáticos comúnmente utilizados para estos sistemas de bombeo de agua potable y el desarrollo e implementación de tableros de control para estos sistemas elaborados por la misma empresa que presta el servicio, en este caso la empresa Hydropumps S.A., y el cese de las solicitudes de servicio de estos tableros que quedaron sin atender hasta el diseño e implementación del sistema de bombeo automatizado. La solución propuesta incluye la implementación mecánica de tuberías de hierro galvanizado, la selección e instalación de electrobombas para el bombeo de agua potabilizada, y el desarrollo de un panel de control propio con el empleo de variadores de frecuencia y adaptación de un PLC propio, logrando así la conexión a la red de distribución de agua potabilizada, satisfaciendo la demanda de los huéspedes del edificio. Como consecuencia, hemos desarrollado un conjunto de tres equipos de bombeo y un panel de control vinculado a los sensores del interruptor de nivel del tanque de almacenamiento y a un transmisor de presión que avisará a las bombas para que se pongan en marcha y se detengan automáticamente. Por último, se hacen pruebas de funcionamiento para confirmar el buen funcionamiento de la red”

(Pahuara, 2020)

2.2. BASES TEORICAS FUNDAMENTALES

2.2.1. ECUACIÓN DE CONTINUIDAD.

La técnica para determinar la velocidad del flujo en un sistema de conductos cerrados depende del concepto de continuidad. Consideremos la tubería mostrada en la Figura N.º 2. Del tramo A1 – A2, el caudal volumétrico de un fluido es constante. En otras palabras, el volumen de fluido que se desplaza a través de un segmento dado en un período de tiempo determinado permanece constante. Por lo tanto, la masa de fluido que fluye a través de la parte 1 debe ser comparable a la masa de fluido que fluye a través de la sección 2. Esto se expresa como caudal másico en el siguiente formato: (Mott y otros, 2006,p.156)

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

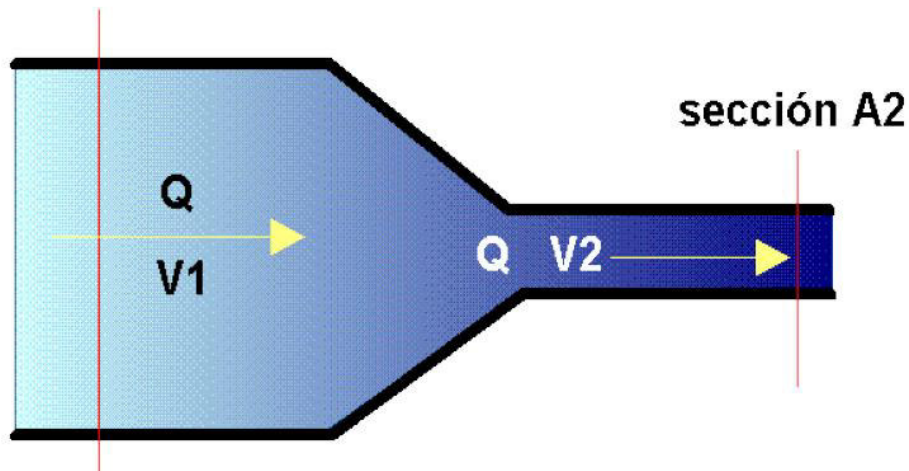
Ya que $\dot{m} = \rho \cdot A \cdot V$, se tiene la ecuación de conservación de masa para cualquier fluido:

$$\rho_1 \times A_1 \times V_1 = \rho_2 \times A_2 \times V_2 \quad \text{Ecuación 1}$$

Figura 2

La ecuación de continuidad para un flujo volumétrico constante cuando el diámetro de la tubería disminuye.

sección A1



La ecuación de continuidad es una consecuencia del principio de conservación de la masa. Para un flujo permanente, la masa de fluido que atraviesa cualquier sección de una corriente de fluido, por unidad de tiempo, es constante (Schaum y otros, 2005, p. 71).

Si el fluido del tubo en la Figura N°2 se trata de un líquido incompresible, entonces la densidad en 1 y 2 en la Ecuación 1 son equivalentes. En consecuencia, la ecuación de continuidad para los líquidos se convierte en:

$$A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 = \text{constante} \quad \text{Ecuación 1.1}$$

Ya que $Q = A \times V$, tenemos

$$Q_1 = Q_2 = \text{constante} \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

V = Velocidad media de la sección (m/s)

A = Área de la sección de la tubería (m^2)

2.2.2. VELOCIDAD DE FLUJO RECOMENDABLE EN TUBERÍAS Y DUCTOS

Como demuestran las siguientes estadísticas, las velocidades de flujo resultantes de los diámetros prescritos en la **Tabla 1** suelen ser menores en los tubos pequeños que en los grandes (Mott y otros, 2006,p.161-162).

Tabla 1

Velocidades de flujo en tuberías.

flujo volumétrico		línea de succión			línea de descarga		
gal/min	m ³ /h	Diámetro de tub. (pulg)	Velocidad		Diámetro de tub. (pulg)	Velocidad	
			pie/s	m/s		pie/s	m/s
10	2.3	1	3.7	1.1	3/4	6.0	1.8
100	22.7	2 1/2	6.7	2.0	2	9.6	2.9
500	114.0	5	8.0	2.4	3 1/2	16.2	4.9
2000	454.0	8	12.8	3.9	6	22.2	6.8

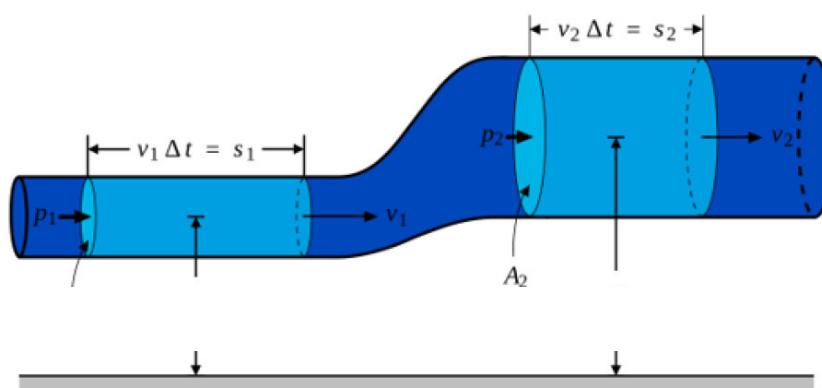
En esta tabla se muestran las velocidades de flujo requeridas para varios diámetros de tubería en función del caudal (Mott y otros, 2006,p.161-162).

2.2.3. CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA - ECUACIÓN DE BERNOULLI.

El estudio de una cuestión de tuberías similar a la que se muestra en la figura 3. Considera la energía completa dentro del sistema. Además, la energía no puede generarse ni destruirse; sólo puede transformarse. Este es el principio de conservación de la energía.

Figura 3

Ecuación de Bernoulli.



Si se enfoca en una dificultad de flujo en una tubería, hay tres tipos de energía que siempre se consideran: cinética, potencial y de flujo las cuales abarcaremos más adelante. Consideremos que un elemento fluido similar al que se observa en la Figura N°3 se encuentra dentro de un conducto en un sistema de flujo y está situado a una determinada altura (z), tiene una velocidad (v) y una presión (p).

2.2.3.1. ENERGÍA CINÉTICA

La energía cinética de la masa del fluido es la medida de la capacidad del flujo de hacer un trabajo en virtud de su velocidad. Su magnitud es comúnmente expresada en unidades de energía por unidad de peso (Yambombo, 2012, p.11). Esta fórmula representa la altura que el fluido se podría desplazar hacia arriba el fluido por acción de la velocidad.

$$E_C = \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

v = Velocidad media (m/s).

g = Aceleración de la gravedad del lugar (m/s²).

2.2.3.2. ENERGÍA POTENCIAL

"Debido a la elevación del elemento, su energía potencial relativa a algún nivel de referencia es.." (Mott y otros, 2006,p.166-167)

$$E_p = z \quad \text{Ecuación 3}$$

2.2.3.3. ENERGÍA DE FLUJO

Representa el trabajo requerido para mover un componente fluido de una masa dada contra una presión p (Mott y otros, 2006,p.166-167).

$$E_f = \frac{P}{\gamma} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

P = Presión en una sección cualquiera de la tubería (m).

γ = Peso específico del fluido(N/m³).

La suma de los tres tipos de energía que posee el elemento fluido es, pues, E .

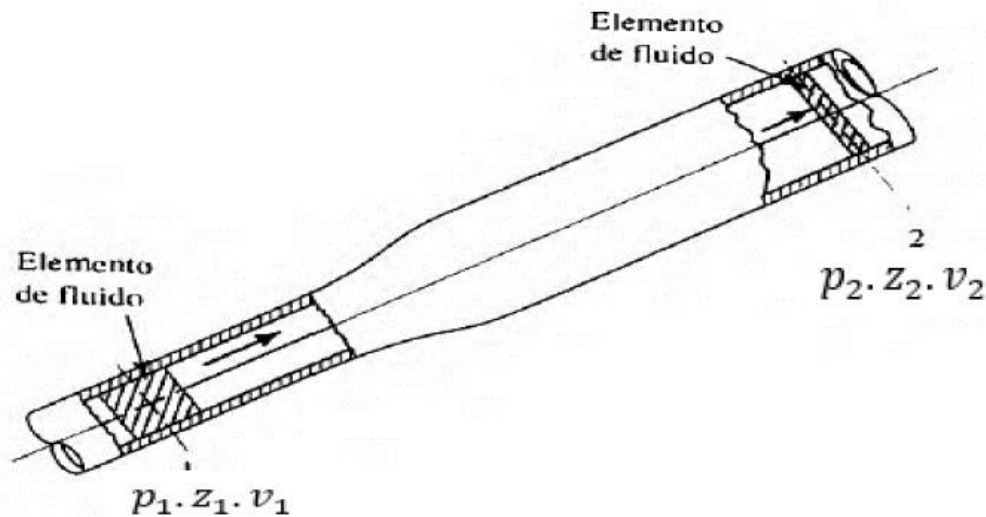
$$E = E_c + E_p + E_f \quad \text{Ecuación 5}$$

$$E = \frac{v^2}{2g} + z + \frac{P}{\gamma}$$

Ahora, examinando el elemento fluido de la Figura N°4, que fluye entre las secciones 1 a 2, los valores de p , z y v en cada sección es distinto. (Mott y otros, 2006,p.166-167)

Figura 4

Elementos de fluido.



Fuente (Mott y otros, 2006,p.166-167)

En la sección 1 la energía total es: $E_1 = \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + \frac{P_1}{\gamma}$

En la sección 2, la energía total es: $E_2 = \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + \frac{P_2}{\gamma}$

Si no se añade ni se pierde energía en las secciones 1 y 2, entonces se requiere en virtud del principio de conservación de la energía.

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{v_1^2}{2g} + z_1 + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + \frac{P_2}{\gamma}$$

Conocida como la ***Ecuación de Bernoulli***

2.2.4. ECUACIÓN GENERAL DE LA ENERGÍA

Por la ecuación de continuidad y la de Bernoulli, podremos determinar el caudal volumétrico, el caudal en peso y el caudal másico. (Mott y otros, 2006,p.199-202)

2.2.4.1. GANANCIAS Y PÉRDIDAS DE ENERGÍA.

En esta parte, proporcionaremos una descripción conceptual de los numerosos instrumentos que añaden o redimen energía a un fluido o crean pérdidas de fluido no deseadas (Mott y otros, 2006,p.199-202)

2.2.4.1.1. BOMBAS.

Un ejemplo típico de dispositivo mecánico que imparte energía a un fluido es una bomba. El eje giratorio de una bomba es accionado por un motor eléctrico o algún otro accesorio importante. La bomba transfiere esta energía cinética al fluido, haciendo que éste fluya y aumente la presión (Mott y otros, 2006,p.199-202)

2.2.4.1.2. MOTORES DE FLUIDO.

Los motores de fluidos, las turbinas y los actuadores rotativos y lineales son ejemplos de dispositivos que transforman la energía de los fluidos en trabajo haciendo girar un eje o moviendo un pistón (Mott y otros, 2006,p.199-202)

2.2.4.1.3. FRICCIÓN DEL FLUIDO.

Un fluido en movimiento ofrece resistencia por fricción al fluir. Una parte de la energía del sistema se convierte en energía térmica (calor), que se pierde a través de las paredes de la tubería por la que fluye. La cantidad de energía que se pierde depende de las características del fluido, la velocidad del flujo, el tamaño de la tubería, el acabado de las paredes y la longitud de la misma. En los próximos capítulos desarrollaremos técnicas para estimar esta pérdida de energía por fricción. (Mott y otros, 2006,p.199-202)

2.2.4.1.4. VÁLVULAS Y ACCESORIOS.

Es típico que los componentes que influyen en la dirección o el flujo volumétrico del fluido en un sistema provoquen turbulencias locales, lo que provoca la pérdida de energía en forma de calor. Estas pérdidas se producen siempre que hay una limitación, como un cambio en la velocidad o dirección del flujo. En un sistema grande, la cantidad de pérdidas a través de válvulas y accesorios suele ser insignificante en comparación con las pérdidas por fricción en las tuberías. Por lo tanto, estas pérdidas se conocen como pérdidas modestas. (Mott y otros, 2006,p.199-202)

2.2.4.2. NOMENCLATURA DE LAS GANANCIAS Y PÉRDIDAS DE ENERGÍA.

En un sistema determinado, la carga también se conoce como las ganancias y pérdidas de energía que se calculan en términos de energía por unidad de masa de fluido que lo atraviesa (Mott y otros, 2006,p.202)

Para las ganancias y pérdidas de energía, utilizaremos el símbolo h para abreviar la carga. En concreto, hablaremos de las siguientes palabras en los siguientes capítulos:

h_A = Energía agregada al fluido por un aparato mecánico (bomba); llamada también carga total de la electrobomba.

h_R = Energía extraída del flujo por un aparato mecánico (motor de fluido).

h_L = Energía perdida por el sistema como resultado del roce en las tuberías y otros accesorios.

La magnitud de la velocidad del fluido es proporcional al valor de la pérdida de energía causada por el rozamiento del fluido y demás accesorios. Esto se representa matemáticamente como sigue:

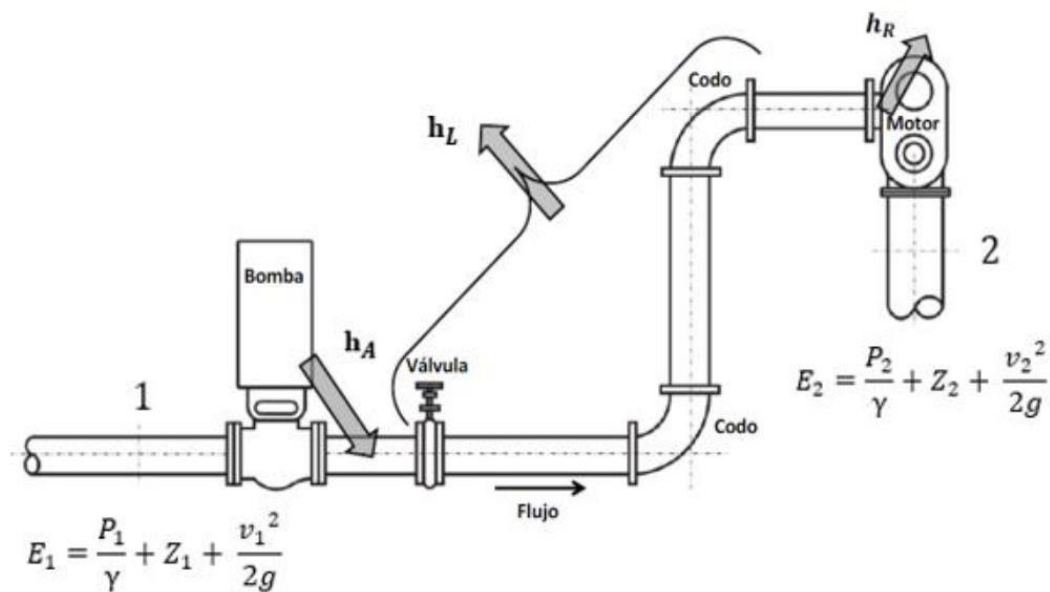
$$h_1 = k \frac{v^2}{2g}$$

K representa el coeficiente de arrastre. Utilizando la ecuación de Darcy, encontraremos el valor de K para el rozamiento de los fluidos en los siguientes apartados.

2.2.4.3. ECUACIÓN GENERAL DE LA ENERGÍA.

Figura 5

Sistema de flujo que ilustra la ecuación general de la energía 4



Como extensión de la ecuación de Bernoulli, la ecuación general de la energía permite resolver problemas que se relación con la ganancia y/o perdida de energía. En la figura anterior se muestra el análisis lógico correspondiente a la ecuación general de la energía. (Mott y otros, 2006,p.202-203)

De la figura N°5 se tiene las variables "E1" y "E2" las cuales representan la energía del flujo por unidad de masa en los sectores 1 y 2 de la figura. Además, muestra la energía añadida, restada y perdida h_A , h_R y h_L . El enunciado del principio de conservación de la energía para dicho sistema es". (Asto & Pereda , 2018, p. 23)

$$E_1 + h_A - h_R - h_L = E_2 \quad \text{Ecuación (6)}$$

La energía que posee el flujo por unidad de peso es:

$$E = \frac{v^2}{2g} + z + \frac{P}{\gamma} \quad \text{Ecuación (7)}$$

Luego, la ecuación (6) toma la siguiente forma:

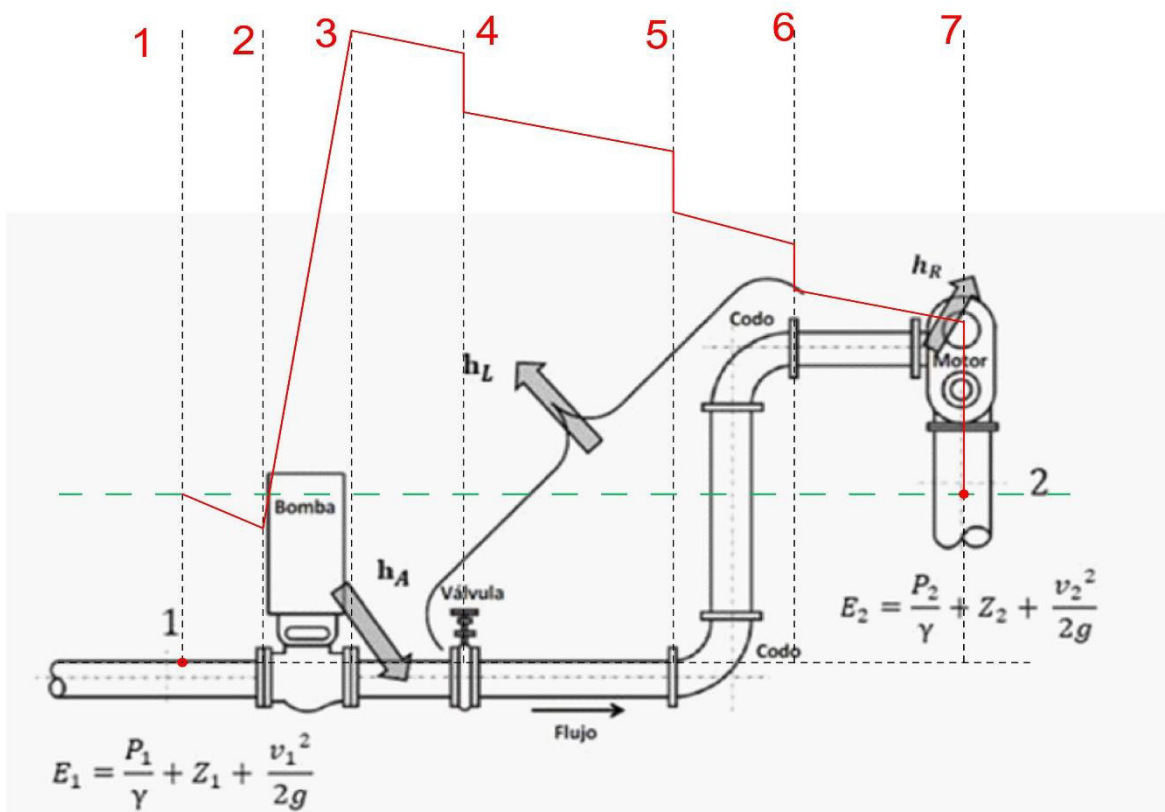
$$\frac{v_1^2}{2g} + z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + h_A - h_R - h_L = \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + \frac{P_2}{\gamma} \quad \text{Ecuación 8}$$

Obteniendo de esa forma la **ecuación general de energía**.

En la siguiente figura N°5 se muestra el comportamiento de la energía en todo el trayecto del flujo representado por una línea roja. Donde vemos que del punto 2 al punto 3 hay una inyección de energía, proporcionada por la bomba y en cada punto se observa una pérdida de carga por accesorio y de punto a punto una pérdida de carga por longitud.

Figura 6

Comportamiento de la energía en el trayecto del flujo.



2.2.5. NUMERO DE REYNOLDS

“Osborne Reynolds encontró que el criterio para la transición de flujo laminar a flujo turbulento en una tubería es el número de Reynolds, en el cual el parámetro de longitud es el diámetro de la tubería. En el experimento, el número de Reynolds se incrementó continuamente aumentando la velocidad. Sin embargo, esto podría haberse logrado al utilizar tuberías de diferentes diámetros o fluidos con viscosidades o densidades diferentes. Se ha encontrado que un número de Reynolds de aproximadamente 2,300 denota la inminencia de una transición de flujo laminar a flujo turbulento.” (Shames, 1995, p. 317)

Es la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas, si las fuerzas inerciales predominan sobre las fuerzas viscosas estamos ante un flujo turbulento, caso contrario si las fuerzas viscosas predominan sobre las fuerzas inerciales estamos ante un flujo laminar.

A continuación, se muestra la ecuación correspondiente a la definición fundamental del número de Reynolds:

$$Re = \frac{\textit{Fuerzas inerciales}}{\textit{Fuerzas viscosas}}$$

$$Re = \frac{V \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

D representa el diámetro de la tubería cuya unidad es en metros o pies.

V representa la velocidad promedio del flujo cuya unidad es en m/s o pies/s.

ν representa la viscosidad cinemática expresada en m²/s.

2.2.6. ECUACIÓN DE DARCY

“Al término h_L se definió como la pérdida de energía del sistema. La fricción en el fluido en movimiento contribuye a la pérdida de energía. Para el flujo en tuberías y tubos, la fricción está relacionada con la carga de velocidad del flujo y la relación entre la longitud del flujo y su diámetro, que se expresa matemáticamente como.” (Mott y otros, 2006,p.233)

A continuación, se muestra la ecuación 10 la cual representa la Ecuación de Darcy utilizada para determinar o hallar la cantidad de energía perdida:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

H_f representa la energía perdida debido al rozamiento, expresada en metros o pie.

L representa la longitud de la corriente del flujo, expresada en metros o pies.

D representa el diámetro del tubo, expresada en metros o pies.

v es la velocidad promedio del flujo, expresada en m/s o pies/s.

F es el factor de fricción el cual es adimensional.

Para el flujo laminar y turbulento, se utiliza la ecuación propuesta por Darcy para cuantificar la pérdida de energía debida al rozamiento en tramos rectos y largos de tubos circulares.

2.2.7. PÉRDIDA DE FRICCIÓN EN EL FLUJO TURBULENTO

Si ocurre un flujo turbulento en las tuberías, es mejor determinar mediante cálculo las pérdidas de energía debidas al rozamiento mediante la ecuación de Darcy. Un flujo turbulento es imprevisible y fluctúa continuamente. Por tanto, para estimar el valor de f , debemos utilizar datos que resultaron de experimentos. (Mott y otros, 2006,p. 235)

2.2.7.1. RUGOSIDAD RELATIVA

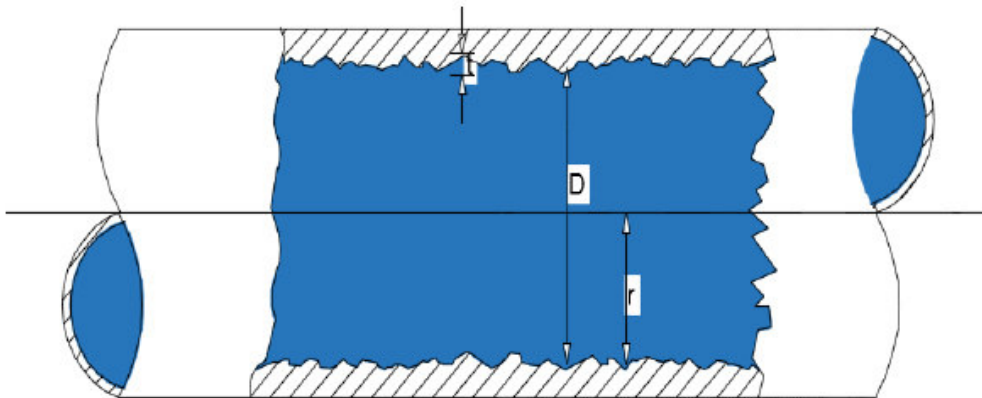
Es la relación entre la rugosidad media de la pared o la rugosidad absoluta (ϵ) y el diámetro interior del tubo (D_i). Debido a la naturaleza desigual de la rugosidad, se utilizarán valores medios.

Para su selección, hay que tener en cuenta lo siguiente

- Material como el que se fabrica la tubería (conducto).
- Método utilizada para la fabricación del conducto.
- Líquido a transportar
- Tiempo de duración.

Figure 7

Representación de la rugosidad de la pared de un conducto o tubo.



Según la Tabla N°2, se ha establecido el valor absoluto de la rugosidad (ϵ) para las tuberías disponibles en el mercado. Se trata de los precios típicos de las tuberías nuevas e impolutas. Después de que se haya usado durante un tiempo una tubería, es normal que se vea alterada la rugosidad ocasionada por la corrosión y a la deposición de depósitos en la pared de la tubería.

Tabla 2

Rugosidad absoluta (ϵ) en tubos comerciales.

TIPO DE MATERIAL	Rugosidad absoluta ϵ (mm)
Material tipo:vidrio	0.00030
Material tipo:Plástico (PVP), CPVC	0.00150
Material tipo: Amianto y concreto.	0.030
GRP	0.030
Material tipo:Acero	0.0460
Material tipo:Hierro forjado	0.060
CCP	0.120
Material tipo:Hierro fundido asfáltico	0.120
Material tipo:Hierro galvanizado	0.150
Material tipo:Arcilla vitrificada	0.03000
Material tipo:Hierro fundido	0.150
Material tipo:Hierro dúctil	0.250
Material tipo: Madera cepillada	0.180-0.09
Cemento	0.30-3.00
Acero inoxidable con bridas	0.90-90

Fuente (Mott y otros, 2006, p. 235)

2.2.8. FORMULA DE HAZEN-WILLIAMS PARA EL FLUJO DE AGUA

Para el diseño y estudio de sistemas hidráulicos, la fórmula de Hazen Williams para los caudales de agua en redes de tuberías es una de las más utilizadas. (Mott y otros, 2006,p.242)

La fórmula de Hazen-Williams es específica para cada unidad. En el sistema tradicional americano de unidades, aparece como sigue: (Mott y otros, 2006,p.242)

$$V = 1.32 \cdot C_h \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

V representa la velocidad media del flujo, expresada en metros o pies por segundo.

C_h representa el Coeficiente de Hazen-Williams el cual es un valor adimensional.

R es el radio del flujo del conducto hidráulico en metros o pies.

s es la relación hL/L : energía perdida y dividida por la longitud de la tubería expresada en pies/pies.

Tabla 3

Valor de Coeficiente *Ch* de Hazen Williams, según material de tubería

DESCRIPCION DE LA TUBERIA	VALOR DE C
Tuberías altamente lisas y tipo rectas	140.0
Tuberías de esmelter lisas.	130.0
Tuberías utilizadas para esmelter y de acero (roblón)	110.0
Tuberías para alcantarillado vidrioso	110.0
Tuberías de esmelter (usadas para servicio en años anteriores)	100.0
Tuberías de esmelter (mal estado)	80.0
Tuberías elaboradas de cemento	120.0
Tuberías de PVC	150.0
Tuberías elaboradas de cemento y amianto	140.0

Despejando la ecuación 11, se obtuvo la siguiente ecuación de Hazen y Williams para representar la pérdida por fricción en las tuberías.

$$h_L = 10.648 \left(\frac{Q}{C \cdot D^{2.63}} \right)^{1.852} \cdot L_{total} \quad \text{Ecuación 12}$$

2.2.9. PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN ACCESORIOS.

La pérdida de energía es proporcional a la velocidad del fluido cuando éste atraviesa un accesorio, un segmento de flujo en expansión o contracción, o una válvula. Normalmente, las mediciones experimentales de las pérdidas de energía se expresan en términos del coeficiente de resistencia *K*:

$$h_m = k \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

h_m = pérdida de energía de los accesorios (m).

k = es el coeficiente de resistencia.

V = caudal (m/s).

g = gravedad (m/s²)

Además, para algunas situaciones, hay posibilidad de que exista no solo una velocidad de flujo, por ejemplo, durante las contracciones y/o expansión de las tuberías. Es esencial conocer la velocidad adecuada para utilizar con cada coeficiente de resistencia. (Mott y otros, 2006,p.281)

2.2.10. COEFICIENTE DE RESISTENCIA EN ACCESORIOS.

“Para calcular el coeficiente de resistencia k , se tiene en cuenta la siguiente ecuación “(Mott y otros, 2006,p.297)

$$K = \frac{Le}{D} f$$

Ecuación 14

Donde:

Le representa longitud igual.

D representa el diámetro interior real de la tubería.

f es el coeficiente de roce entre la válvula y tubería o conexión.

Nota: el factor de roce se considera en la zona turbulenta para los ajustes.

La tabla 4 muestra el valor de LeD, también conocido como relación de longitudes equivalentes, que es constante para un ajuste específico.

Tabla 4

Relación de longitud equivalente y diámetro del tubo (LeD).

TIPO	LONGITUD EQUIVALENTE EN DIAMETRO DEL TUBO (Le/D)
Abierto completamente: Válvula tipo globo	349.0
Abierto completamente: Válvula tipo globo o de ángulo (entradas y salidas perpendiculares)	150.0
Abierto completamente: Válvula tipo compuerta	8.0
Válvula (abierta $\frac{3}{4}$)	35.0
Válvula (abierta $\frac{1}{2}$)	160.0
Válvula (abierta $\frac{1}{4}$)	900.0
Válvula tipo giratorio (verificación)	100.0
Válvula tipo bola (verificación)	150.0
Abierta completamente: Válvula tipo mariposa, de 2 a 8 pulgadas.	45.0
10-14 pulgadas.	35.0
16-24 pulgadas.	25.0
Válvula tipo disco de bisagra (pie)	420.0
Válvula tipo disco de vagasto (pie)	75.0
Codo normal o estándar de 90 grados	30.0
Codo forma curva: 90 grados	20.0
Codo forma rosca: 90 grados	50.0
Codo normal: 45 grados	16.0
Codo forma rosca: 45 grados	26.0
Vuelta cerrada en retorno	50.0
Te: flujo directo (estándar)	20.0
Te: flujo en el ramal	60.0

Fuente (Mott y otros, 2006,p.297)

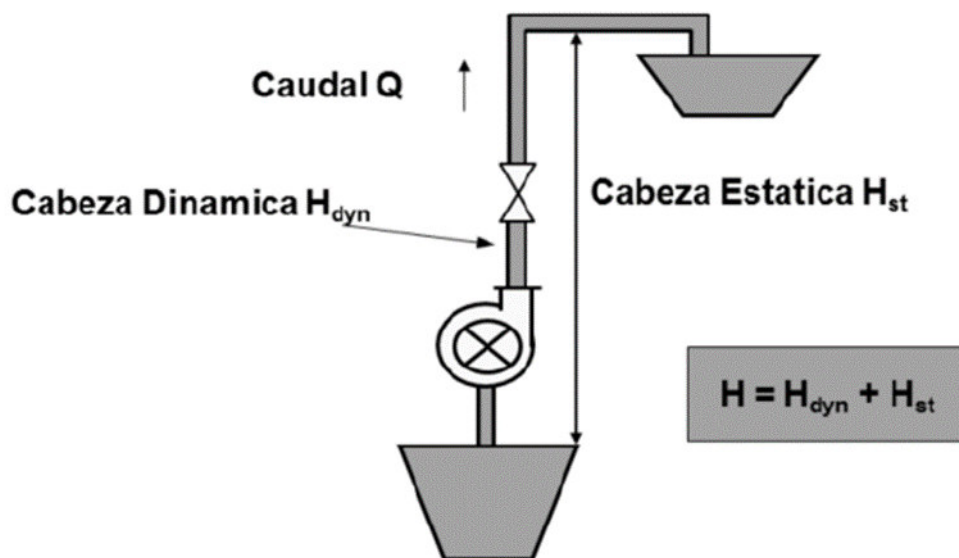
2.3. BASES TEORICAS DE INGENIERIA

2.3.1. SISTEMAS DE BOMBEO

Para cumplir un requisito de presión y caudal calculados, un sistema de bombeo debe contar con una o más electrobombas hidráulicas, un panel de control, una red de tuberías y otros accesorios auxiliares. El caudal debe ser suministrado por la bomba hidráulica y está diseñado para situaciones de máxima demanda. El método Hunter es uno de los muchos métodos para calcular el caudal. Al resolver el problema de la presión hay que tener en cuenta tanto la presión estática como la presión dinámica. La presión estática se refiere a la presión que trasmite la columna de agua, mientras que la segunda se refiere a la presión provocada por la velocidad del fluido. La presión total del sistema de bombeo, que es un sistema cerrado, es la suma de sus presiones estática y dinámica, excluyendo la presión ambiental. (Paredes, 2014, p. 4), tal y como se apoya en la figura 8.

Figura 8

Presiones de un sistema

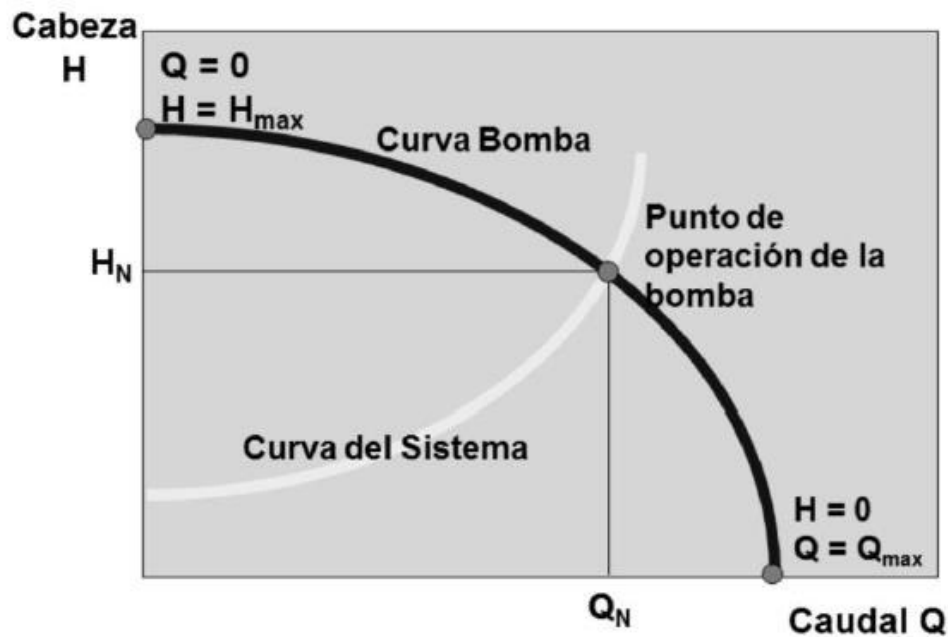


Fuente: Paredes A., 2014, p.4.

Por lo tanto, la elección de la bomba debe ajustarse a unos requisitos de caudal y presión muy estrictos. La figura 9 muestra el rendimiento de las bombas hidráulicas basándose en las curvas de caudal y presión creadas por los fabricantes durante las pruebas realizadas con la electrobomba girando a velocidad constante. (Paredes, 2014,p.4).

Figura 9

Curva de la bomba vs Condición de operatividad



Fuente: Paredes, 2014, p.4

Es necesario localizar, dentro de los gráficos de las curvas de rendimiento de las electrobombas hidráulicas, el punto en el que confluyen el caudal y la presión especificados por el diseño. Este punto, que se denomina punto de funcionamiento, es el centro de nuestra atención.

Además, la potencia de la electrobomba viene definida por la ecuación 14 de la siguiente manera: (Paredes, 2014,p.5)

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot d}{t} = \frac{m \cdot g \cdot d}{t} \times \frac{V}{V} = \frac{m \cdot g}{V} \times \frac{V}{t} \times d \quad \text{Ecuación 15}$$

$$\Rightarrow P = Q \times H$$

Con: W= trabajo, m= masa, p= peso específico, Q = caudal, H = altura y g=gravedad (Paredes, 2014,p.5)

Tanto la altura de presión como el caudal influyen en la cantidad de potencia disponible. Como muestra la validación proporcionada por la ecuación 15, la velocidad es proporcional a la potencia al cubo y proporcional al caudal. Esto se ajusta a las reglas de afinidad.

$$P \approx Q^3 H$$

Ecuación 16

Donde:

P: Potencia

Q: Caudal

H: Altura

2.3.2. SISTEMA A PRESIÓN CONSTANTE

Un sistema denominado de presión constante es aquel en el que la red de suministro de agua debe mantener un nivel de presurización constante en todo el sistema. Este sistema se compone de elementos fundamentales como el equipo de bombeo (electrobombas), la tubería de aspiración, el cuadro de control, las válvulas y la descarga.

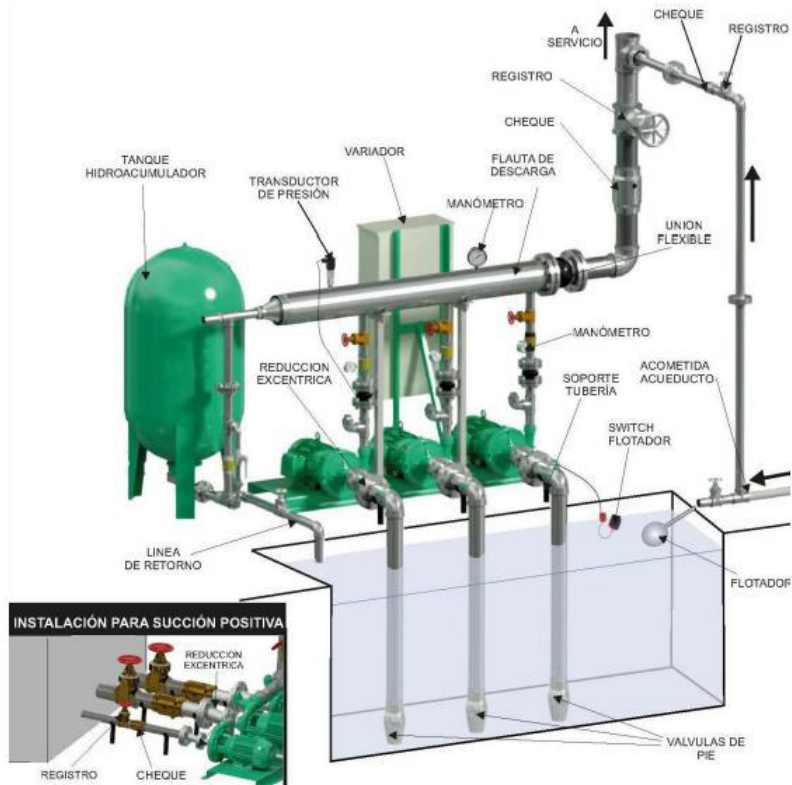
2.3.2.1. SISTEMA DE BOMBEO VELOCIDAD VARIABLE

Este sistema es aquel en el que varias bombas funcionan conjuntamente alterando la velocidad de giro del motor para proporcionar la cantidad de agua necesaria manteniendo una presión constante. En general, estos sistemas se utilizan en proyectos en los que hay una variación del caudal requerido. Como ejemplo, podemos mencionar generalmente los edificios en los que hay un número importante de aparatos sanitarios, lo que hará que el caudal requerido varíe continuamente.

Es fundamental considerar que para el desarrollo adecuado del sistema se necesita una placa de control un poco más compleja que las placas mostradas anteriormente. La representación de la figura 10 de esta placa ilustra cómo debe estar equipada con componentes electrónicos para permitir que las velocidades de rotación de los motores se ajusten en respuesta a las demandas de presión. (Pahuara, 2020,p.18)

Figura 10

Boceto de instalación



Fuente (BARNES DE COLOMBIA S.A, 2018)

2.3.3. SISTEMAS MULTIBOMBAS

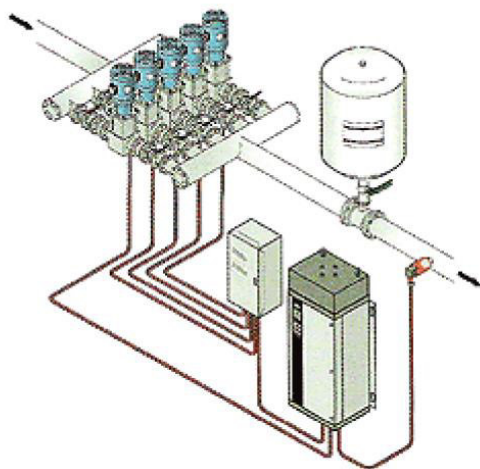
La presencia de más de una bomba en un sistema se denomina sistema multibomba. Estos sistemas están hechos para que cada bomba que funcione como bomba principal tenga un número igual de horas de funcionamiento diario. Esto asegura que las bombas eléctricas tendrán la misma cantidad de desgaste. (Paredes, 2014).

La figura 9 muestra un sistema de bombas múltiples. Este sistema funciona basándose en que hay una sola bomba que actúa como bomba principal y se activa siempre que hay demanda en la red. Una segunda bomba se encenderá si la primera no puede hacer frente a un aumento de la demanda, y así sucesivamente hasta que se satisfagan las necesidades del sistema. Hay que destacar que esto no asegura que el desgaste sea uniforme, ya que fluctúa en función de variables externas como los periodos de mayor demanda y otras. Para lograr un funcionamiento equilibrado a lo largo del día, y en función del número de bombas, cada una de ellas tiene un tiempo de funcionamiento primario.

Esto se hace para garantizar un funcionamiento equilibrado durante el día. Para que el sistema pueda llevar a cabo esta lógica, los paneles de control deben incluir controladores lógicos programables (PLC) y variadores de velocidad. (Pahuara, 2020,p. 19-20)

Figura 11

Control en cascada estándar



Fuente (Paredes, 2014, p.6)

Además, para este sistema en particular, es fundamental contar con un dispositivo electrónico que avise a la placa de control cada vez que se necesite una mayor demanda para satisfacer esta necesidad. Este artilugio, un transmisor de presión, posee un elemento elástico que se deforma como resultado de la presión, y la placa controladora es capaz de leer o detectar la señal que se genera como resultado de esta deformación. En la figura 10 se observa un transmisor de presión común. (Pahuara, 2020,p.20)

Figura 12

Sensor de presión o Trasmisor.



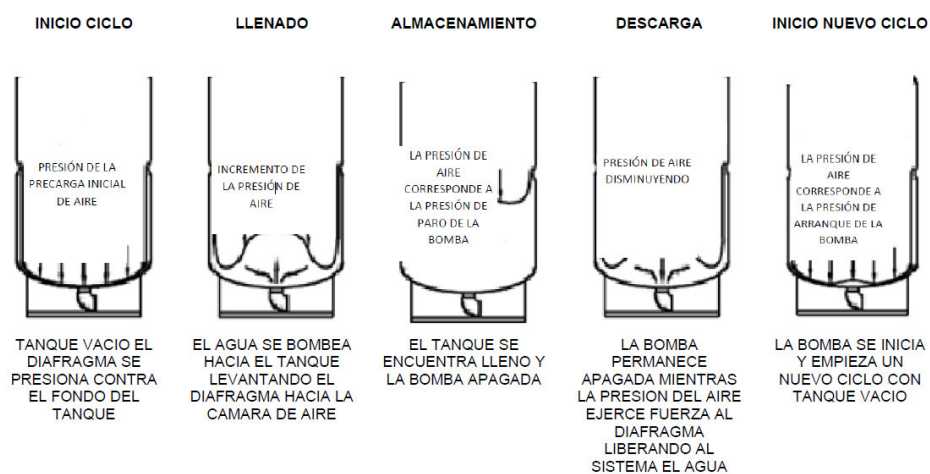
Fuente (Paredes, 2014, p.7.)

2.3.4. TANQUE HIDRONEUMÁTICO

La presente figura muestra la forma en la que el sistema de depósitos hidroneumáticos se basa sobre la idea volumétrica de la compresibilidad del aire a presión.

Figura 13

Accionar de un tanque hidroneumático



Fuente (Hidrostral-Champion, 2018, p.1.)

Un sistema hidroneumático depende de la entrada de agua en el tanque de almacenamiento desde cualquier fuente, incluyendo el suministro público de agua, para funcionar. Este suministro de agua está contenido en el tanque de almacenamiento, y se bombea al tanque hidroneumático mediante un equipo de bombeo. Cuando el agua entra en el tanque hidroneumático, el nivel del agua sube, lo que hace que el aire dentro del tanque se comprima y la presión aumente hasta un nivel predefinido. Una vez que el depósito alcanza la presión adecuada, el agua podrá entrar en el sistema de bombeo. Si la presión baja, es porque la placa controladora activa la bomba hidráulica para suministrar agua al interior del tanque debido al consumo de agua (Vargas, 2016)

2.3.5. TUBERÍAS EN LOS EDIFICIOS PARA EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA.

En el pasado, las tuberías de hierro galvanizado se utilizaban para la planificación e instalación de redes de agua en los edificios. Sin embargo, el uso de estas tuberías dio lugar a la formación de incrustaciones, lo que llevó a la adopción de las tuberías de PVC y CPVC en años posteriores. Hoy en día, las tuberías más utilizadas en la construcción de redes de agua son las de PVC y CPVC.

2.3.6. TIPOS DE EDIFICACIÓN

En general, las leyes no permiten un gran margen de maniobra para estandarizar las estructuras, a excepción de la estipulación de sistemas mínimos de fontanería y la cuantificación del uso diario. Sin embargo, es un factor importante en la evaluación y valoración del rendimiento histórico de un canal de distribución. El conocimiento de varias referencias permite la siguiente clasificación de las construcciones:

2.3.6.1. VIVIENDA DE TIPO UNIFAMILIAR

Son residencias de un piso o dos que son ocupadas principalmente por una sola familia, de ahí su nombre. La fuente de abastecimiento puede ser directa, elevada o un tanque mixto (Vargas, 2016)

2.3.6.2. CONJUNTO RESIDENCIAL DE EDIFICACIONES

Se convierten en residencias de uno o dos pisos con abastecimiento propio en relación con otras viviendas, en las que suele habitar un sistema unifamiliar; de ahí su nombre. En cuanto al abastecimiento, es factible que sea directo, a través de un gran depósito, o mixto (Vargas, 2016)

2.3.6.3. EDIFICACIONES DE TIPO MULTIFAMILIARES

De 1 a 4 pisos por planta en estructuras de entre 2 y 20 plantas. Si la fuerza del canal es suficiente, el suministro de agua puede ser directo en edificios de menos de cuatro plantas. De acuerdo con las leyes, las estructuras más grandes deben tener un depósito, por lo que se requieren procedimientos indirectos para el suministro de agua. (Vargas, 2016).

2.3.6.4. CENTROS COMERCIALES

Estas estructuras tienen una gran superficie. En países como Colombia, por ejemplo, suelen tener menos de cuatro pisos. Se construyen para su uso como centros comunitarios y espacios públicos. En su planificación, se tienen en cuenta elementos de ahorro de agua, como grifos de descarga y métodos de suministro indirecto. (Vargas, 2016).

2.3.6.5. INMUEBLES EDUCATIVOS

"Las grandes parcelas y las infraestructuras que soportan se utilizan para fines educativos; pueden ser de propiedad estatal o privada, pero debido a la cantidad de estudiantes, su oferta se considera de uso público. En la cadena de suministro son necesarios los enfoques indirectos". (Vargas, 2016).

2.3.6.6. EDIFICACIONES NO HABITABLES

"Estructuras diseñadas para servir como dependencias generalmente, constan de muchos pisos, y su uso de aseos difiere significativamente de la norma debido a la construcción que se realiza en sus terrenos. Si la fuerza de la canalización es suficiente, se puede utilizar la alimentación directa en edificios de menos de cuatro plantas. De acuerdo con las leyes, las grandes estructuras están obligadas a tener un depósito; por lo tanto, los procedimientos indirectos son necesarios para la entrega de agua " (Vargas, 2016).

2.3.7. RED DE AGUA POTABLE: TIPOS DE ABASTECIMIENTO

La forma de suministrar agua a un canal viene determinada por las circunstancias particulares de la obra que se va a construir, la presión mínima necesaria, los gastos típicos y la consistencia del suministro. La legislación peruana, en su mayor parte, no es suficientemente explícita en cuanto a las formas de abastecimiento; sin embargo, la experimentación de numerosos especialistas apunta a ambas categorías de abastecimiento:

2.3.7.1. ABASTECIMIENTO DIRECTO

Dejando de lado cualquier otra conexión para el suministro de agua o la extracción, este tipo de suministro se basa en la conexión directa entre el registro y el sistema interno que suministra los componentes del baño. El edificio debe tener una altura baja para este tipo de distribución, y el sistema más vital debe ser más fuerte que los niveles requeridos para el proyecto. La fuerza de servicio principal suele suministrar el sistema más crítico a 15 mca, es decir, alrededor de 20 lb/pul² (Vargas, 2016).

2.3.7.2. ABASTECIMIENTO INDIRECTO

Sin embargo, los depósitos de agua presentan oportunidades que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar la estimación y la planificación, según la norma RNE OS-040. El suministro no directo debe realizarse con equipos auxiliares para satisfacer las necesidades de suministro de la obra. En cuanto a los equipos de extracción, estimación y planificación, la legislación peruana no es clara. Es posible incorporar tanto la norma RNE OS-050 como las estaciones de bombeo en el diseño de los equipos de extracción. A la hora de separar el tipo de suministro que se pretende asegurar del que ofrece la norma, es fundamental utilizar la moderación. En la actualidad es posible considerar dos categorías diferentes de suministros no directos. (Pahuara, 2020)

2.3.8. CUARTO DE BOMBAS Y TANQUE DE ABASTECIMIENTO

Estos depósitos pueden ser a nivel de superficie, parcialmente subterráneos o a nivel del metro, y suelen encontrarse en la parte más baja del edificio. Su función principal es almacenar el agua más importante para el sistema; las bombas utilizan esta agua para abastecer a cada unidad.

Los siguientes elementos conforman un tanque de almacenamiento:

- Compuerta de acceso. Permite el acceso al interior del tanque, pero su composición debe estar formada por materiales impermeables y herméticos.
- Tubería de aducción. Es el origen del agua producida por la toma.
- Flotador. Componente que controla el nivel de agua en el depósito, dejando entrar agua cuando el nivel de agua disminuye y prohibiendo la entrada de agua cuando el nivel de agua supera el nivel de llenado.
- Desbordamiento de la tubería. Cuando una boya defeciona, se utiliza para drenar el agua sobrante. Para evitar la entrada de insectos, se cubre con una red.
- Limpieza de la tubería utilizada para drenar el tanque para que pueda ser limpiado o conservado.
- Una conexión de servicio o tubería. Es la porción de tubería que une el sistema de distribución interno con el tanque.

Los siguientes criterios sirven de norma para la planificación y el desarrollo de las piezas: Los tanques de almacenamiento de agua potabilizada deben estar adecuadamente separados, impermeabilizados, ventilados y cumplir con la superficie mínima de la conexión de ventilación en todos los proyectos. Todos los tanques deben tener un borde libre de por lo menos 0,20 m y deben encontrarse equipados con tuberías de desbordamiento debidamente protegidas y situadas a no menos de 150 mm por encima del nivel máximo de la lámina de agua. La cantidad utilizable del depósito de abastecimiento debe ser suficiente para garantizar un suministro mínimo de agua al día, y la cantidad que debe reservarse se determinará en función de la demanda total y del uso diario obtenido. La conexión de desbordamiento debe tener una superficie mínima que sea al menos dos veces mayor que la conexión de servicio. (Pahuara, 2020,p.53)

CAPÍTULO III: DESARROLLO O PROCESO METODOLOGICO

3.1. ENFOQUE CUALITATIVO, DISEÑO Y ALCANCE

Landeau (2007) Según la definición del autor, la investigación es aplicada ya que su objetivo es responder a cuestiones prácticas. La contribución al conocimiento teórico tiene un papel complementario.

3.2. NORMATIVIDADES

3.2.1. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

Es la norma técnica rectora en el territorio nacional que establece los derechos y responsabilidades de los actores que intervienen en el proceso edificatorio, con el fin de asegurar la calidad de la edificación.

3.2.1.1. NORMA IS 010 - INSTALACIONES SANITARIAS PARA EDIFICACIONES

Esta norma establece los estándares mínimos para el diseño de instalaciones sanitarias en todo tipo de edificios. En circunstancias no contempladas en esta norma, el ingeniero sanitario debe desarrollar todos los requerimientos esenciales para el proyecto particular, junto con la razón y la lógica de esos criterios, e incluirlos en la memoria descriptiva. (REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2006)

3.2.1.2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

El primer paso en el diseño del suministro de agua es determinar el sistema que se va a utilizar, y la incapacidad de la red pública de agua para mantener una presión adecuada en todo momento, de modo que el agua pueda llegar a los equipos menos deseados con una presión de salida mínima de 2 m.c.a., hace necesario el uso de sistemas indirectos o combinados.

Para el cálculo de la red de distribución se han tenido en cuenta los diámetros dentro del límite de velocidad especificado por la norma, así como las siguientes variables

- C = 150 para la tubería de distribución.
- Unidades Hunter
- Demanda máxima simultánea

- Pérdidas de carga

3.3. METODOLOGIA A UTILIZAR

En la presente monografía, se utilizarán programas informáticos especializados para ayudar al método de datos con el fin de maximizar la eficacia del diseño de la red interna de agua potable. Los programas informáticos seleccionados son los siguientes:

- AutoCAD 2019
- Microsoft Excel 2010

Debido a que la información proporcionada según el software brindará facilidad para su manipulación según las fórmulas, normativa y requerimientos otorgados por el Reglamento Nacional de Edificaciones, es inevitable que utilicemos softwares como AutoCAD para el procesamiento de datos de la presente monografía. Estos softwares nos permiten obtener datos numéricos del proyecto, lo cual es necesario para la presente investigación.

Por otro lado, podremos crear los cálculos necesarios para el proyecto con la ayuda del programa Microsoft Excel. Estos cálculos tendrán en cuenta las características y requisitos mínimos según la Norma IS.010. El uso de las diferentes herramientas tecnológicas nos ayudará a obtener el diseño de la red de agua potabilizada que se van a ubicar en el interior del edificio.

Por otro lado, también utilizaremos la información que hemos obtenido en el nivel de pregrado y estos conceptos se estudiarán en la construcción de esta monografía, y contaremos con la asistencia de un consultor de saneamiento capacitado para ayudarnos a alcanzar nuestro objetivo de crear un proyecto excepcional.

3.4. CALCULOS DE INGENIERÍA

3.4.1. CÁLCULO DE LA DOTACION DE AGUA FRÍA

Para realizar dicha evaluación se tomó como punto de partida lo descrito en el Reglamento Nacional de Edificaciones en la IS.010 referido a Instalaciones Sanitarias para Edificaciones en el punto 2.2.b. el cual proporciona la siguiente tabla N°5 indicando lo siguiente acerca de la dotación de agua potable para edificación multifamiliares:

Tabla N°5.

Tabla 5

Tabla de dotación en edificios multifamiliares.

Cantidad de dormitorios por departamento	Dotación por departamento, L/d
1	500
2	850
3	1200
4	1350
5	1500

Fuente (Norma IS.010 Instalaciones Sanitarias para Edificaciones, 2006).

Ahora, también se revisó el punto 2.2.u de la Norma IS.010 referido a la dotación de áreas verdes obteniéndose lo siguiente “La dotación de agua para áreas verdes será de 2 L/día por m²” (Norma IS.010 Instalaciones Sanitarias para Edificaciones, 2006)

Respecto a lo mencionado y en función a los planos de distribución (Anexo I) se elaboró los siguientes cuadros, que lo presentamos en la siguiente figura

Figura 14

Cálculo para la dotación máxima de agua fría del edificio

	N° DORMITORIOS (und.)	ÁREA (m ²)	DOTACIÓN		DEMANDA (l/día)
			(l/m ² /día)	(l/dpto./día)	
SEMISOTANO					
05 ESTACIONAMIENTOS		259.17	2.00		518.34
ÁREA VERDE		7.34	2.00		14.68
SÓTANO 01					
06 ESTACIONAMIENTOS		273.66	2.00		547.32
ALMACENAMIENTO DE BASURA		4.43	0.50		2.22
SÓTANO 02					
ESTACIONAMIENTOS		11.40	2.00		22.80
DEMANDA TOTAL SÓTANOS (ESTACIONAMIENTOS, DEPÓSITOS Y AREAS VERDES)					1,105.36 (l/día)
PLANTA 1ER PISO					
DESCRIPCIÓN	N° DORMITORIOS (und.)	ÁREA (m ²)	DOTACIÓN		DEMANDA (l/día)
			(l/m ² /día)	(l/dpto./día)	
ÁREA VERDE		37.15	2.00		74.3
DPTO 101	1.00			500.00	500
DPTO 102	3.00			1200.00	1200
DEMANDA TOTAL 1ER PISO					1,774.30 (l/día)
PLANTA 2DO PISO					
DESCRIPCIÓN	N° DORMITORIOS (und.)	ÁREA (m ²)	DOTACIÓN		DEMANDA (l/día)
			(l/m ² /día)	(l/dpto./día)	
DPTO 201	3.00			1200.00	1200
DPTO 202	3.00			1200.00	1200
DEMANDA TOTAL 2DO PISO					2,400.00 (l/día)
PLANTA 3ER PISO					
DESCRIPCIÓN	N° DORMITORIOS (und.)	ÁREA (m ²)	DOTACIÓN		DEMANDA (l/día)
			(l/m ² /día)	(l/dpto./día)	
DPTO 301	3.00			1200.00	1200
DPTO 302	3.00			1200.00	1200
DEMANDA TOTAL 3ER PISO					2,400.00 (l/día)
PLANTA 4TO PISO					
DESCRIPCIÓN	N° DORMITORIOS (und.)	ÁREA (m ²)	DOTACIÓN		DEMANDA (l/día)
			(l/m ² /día)	(l/dpto./día)	
DPTO 401	3.00			1200.00	1200
DPTO 402	3.00			1200.00	1200
DEMANDA TOTAL 4TO PISO					2,400.00 (l/día)
PLANTA 5TO PISO					
DESCRIPCIÓN	N° DORMITORIOS (und.)	ÁREA (m ²)	DOTACIÓN		DEMANDA (l/día)
			(l/m ² /día)	(l/dpto./día)	
DPTO 501	3.00			1200.00	1200
DPTO 502	3.00			1200.00	1200
DEMANDA TOTAL 5TO PISO					2,400.00 (l/día)
PLANTA 6TO PISO					
DESCRIPCIÓN	N° DORMITORIOS (und.)	ÁREA (m ²)	DOTACIÓN		DEMANDA (l/día)
			(l/m ² /día)	(l/dpto./día)	
DPTO 601(DUPLEX)	3.00			1200.00	1200
DPTO 602(DUPLEX)	3.00			1200.00	1200
DEMANDA TOTAL 6MO PISO					2,400.00 (l/día)
AZOTEA					
DESCRIPCIÓN	N° DORMITORIOS (und.)	ÁREA (m ²)	DOTACIÓN		DEMANDA (l/día)
			(l/m ² /día)	(l/dpto./día)	
ÁREA VERDE		112.46	2.00		224.92
DEMANDA TOTAL AZOTEA					224.92 (l/día)
DEMANDA TOTAL					15,105 (l/día)
DEMANDA TOTAL					15.10 (m³/día)

Como está presentado en la figura anterior la dotación máxima de agua fría es de 15.10 m³/día. Este dato se utilizó para diseñar las dimensiones de la cisterna de agua para el consumo de los usuarios.

3.4.2. DISEÑO DE LA CISTERNA DE AGUA DE CONSUMO DOMESTICO

Para evaluar las necesidades de almacenamiento de la cisterna, recurrimos a la Normativa Nacional de Edificación, IS.010, Instalaciones Sanitarias para Edificios, punto 2.4.d, que proporciona la siguiente información:

Quando solo exista cisterna, su capacidad será como mínimo igual a la dotación diaria, con un volumen no menor a 1000L (REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2006).

Ya se contaba con el área superficial destinada a la cisterna de agua para consumo doméstico en el plano de distribución (Anexo I) y se procedió a realizar el cálculo de la altura útil y borde libre siguiendo la normativa IS.010, de acuerdo a lo anterior descrito se obtuvo las siguientes dimensiones.

Figura 15

Diseño de la cisterna

ALMACENAMIENTO DE AGUA

	Vol ACD1 =	16.43	m ³ /día
BL	=	2.65	m
H _{util}	=	1.60	m
Área	=	10.27	m ²
V _{util dom}	=	16.43	m ³

3.4.3. CALCULO DEL DIAMETRO DEL MEDIDOR DE CONEXIÓN DOMICILIARIA

Con los datos que se mencionó en los puntos anteriores y tomando en cuenta lo que dice SEDAPAL en su Rendición de Cuentas en el IV Trimestre del año 2021, que es donde se realizó el diseño de este proyecto, publico los siguientes datos expresados en la siguiente figura

Figura 17

Rendición de Cuentas en el IV Trimestre del año 2021

Formato N° 2 Niveles de Presión en las Redes de Agua Potable 4to. Trimestre 2021			
Localidad/Sector	Nivel de Presión de Agua Potable (mca)	Calificación	Delimitación Geográfica
Centro de Servicios Comas	19.49	EXCELENTE	Comas, Carabaylo, Los Olivos, Rimac, San Martin de Porres, Puente Piedra y Independencia.
Centro de Servicios Callao	20.72	BUENO	Distritos: Callao, Bellavista, La Perla, La Punta, Carmen de la Legua - Reynoso, Ventanilla, Mi Perú, Santa Rosa y Ancón.
Centro de Servicios Ate Vitarte	24.62	EXCELENTE	Ate, El Agustino, La Molina, Lurigancho Chosica, San Luis, Cieneguilla, Chaclacayo, Santa Anita
Centro de Servicios Breña	16.23	EXCELENTE	Lima, Breña, Jesus Maria, La Victoria, Magdalena, Pueblo Libre, San Miguel
Centro de Servicios San Juan de Lurigancho	30.6	EXCELENTE	Distrito de San Juan de Lurigancho y Centro Poblado Menor Santa Maria de Huachipa.
Centro de Servicios Villa El Salvador	28.11	EXCELENTE	Villa El Salvador, San Juan de Miraflores, Villa Maria del Triunfo, Lurin, Pachacamac, Pucusana, San Bartolo, Punta Negra, Punta
Centro de Servicios Surquillo	17.94	SOBRESALIENTE	Barranco, Chorrillos, Lince, Miraflores, San Isidro, San Borja, Surco, Surquillo

(<http://cloud.sedapal.com.pe/owncloud/index.php/s/9UdcE1MRCVdgbkC#pdfviewer>)

De la figura anterior, se tomó el dato del nivel de presión en el distrito de Surco, que es donde se encuentra ubicado el edificio Multifamiliar Sostenible, 17.94 mca o 25.47PSI, por consiguiente, se tomó como presión de la red pública 20 PSI, por la fluctuación de la presión a lo largo del día.

Por las condiciones de diseño que se mencionó en el punto 3.3 se obtuvo los datos del medidor, expuestos en la siguiente figura.

Figura 18

Cálculo del diámetro medidor

A) Datos:	$P_r =$	20.00	lb/pul ²
1. Presión en la red pública	$P_s =$	2.00	m
2. Presión mínima de agua a la salida de la cisterna	$h_1 =$	-10.00	m
3. Desnivel entre la red pública y el punto de entrega a la cisterna (NPT-1.00)	$L =$	40.00	m
4. Longitud de la línea de servicio	$T =$	12.00	horas
5. Tiempo de llenado de la cisterna	$V =$	16.43	m ³
6. Volumen de la cisterna			

B) Cálculo del caudal de entrada:

$$Q = V/T$$

$Q =$	0.38	lps
$Q =$	6.02	gpm
$Q =$	1.37	m ³ /h

C) Cálculo de la carga disponible:

$$H = P_r - h_1 - P_s$$

$H =$	31.36	lb/pul ²
$H =$	22.08	m

D) Selección del medidor:

Siendo la máxima pérdida de carga del medidor el 50% de la carga disponible, se tiene:

$H_m =$	15.68	lb/pul ²
$H_m =$	11.04	m

En el ábaco de medidores se tiene:

DIAMETRO	PERDIDA DE CARGA			Perdida maxima(m)	OK OK OK
	lb/pul ²	m			
1/2	2.56	1.80		11.04	OK OK OK
3/4	0.99	0.70			
1	0.55	0.39			
SI LA PERDIDA DE CARGA ES MENOR A LA PERDIDA MAXIMA, ENTONCES EL DIAMETRO ES VALIDO					

Dando como resultado la selección de un medidor de ¾ “de diámetro, dado que es más comercial que el medidor de ½” y más económico que el medidor de 1”

3.4.4. CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN DESDE LA RED PÚBLICA

Se tomó como referencia las longitudes equivalentes de los accesorios de PVC para los diferentes diámetros expuestos en la Tabla N°6

Tabla 6

Longitudes equivalentes de accesorios de PVC

Accesorios	Diámetros												
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6	8	10	12
Codo 90°	0.532	0.777	1.023	1.309	1.554	2.045	2.577	3.068	4.091	6.136	8.182	10.227	12.273
Tee pase directo	0.354	0.518	0.682	0.873	1.036	1.364	1.718	2.045	2.727	4.091	5.454	6.818	8.182
Tee salida lateral	1.064	1.554	2.045	2.618	3.109	4.091	5.154	6.136	8.182	12.273	16.364	20.454	24.545
Válvula compuerta	0.112	0.164	0.216	0.276	0.328	0.432	0.544	0.648	0.864	1.295	1.727	2.159	2.591
Reducción a 1/2"	N.E.	0.164	0.375	0.611	0.725	0.954	1.203	1.432	N.E.	N.E.	N.E.	0.070	0.060
Reducción a 3/4"	N.E.	N.E.	0.216	0.480	0.570	0.954	1.203	1.432	N.E.	N.E.	N.E.	0.093	0.078
Reducción a 1"	N.E.	N.E.	N.E.	0.276	0.570	0.750	1.203	1.432	N.E.	N.E.	N.E.	0.119	0.101
Reducción a 1 1/4"	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	0.328	0.750	0.945	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	0.154	0.130
Reducción a 1 1/2"	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	0.432	0.945	1.125	N.E.	N.E.	N.E.	0.176	0.149
Reducción a 2"	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	0.544	1.125	1.500	N.E.	N.E.	0.219	0.185
Reducción a 2 1/2"	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	0.648	1.500	N.E.	N.E.	0.267	0.226
Reducción a 3"	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	0.864	N.E.	N.E.	0.324	0.274
Reducción a 4"	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	2.250	N.E.	0.418	0.353
Reducción a 6"	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	1.727	0.615	0.520

En función a los datos anteriores de la tabla presentada, se obtuvo los siguientes datos sobre longitud equivalente, estos para el cálculo del diámetro de la tubería de alimentación desde la red pública, y se plasmaron en la siguiente figura.

Figura 19

Cálculo del diámetro de la tubería de entrada

E) Selección del diámetro de tubería:

Carga disponible

$$H_d = H - H_m$$

Asumiendo un diámetro de 3/4"

15 codos 3/4"x90	11.655
01 Tee 3/4"	0.518
03 valv com 3/4"	0.492
Le	12.665
L_{t1}	52.67

Asumiendo un diámetro de 1"

15 codos 1"x90	15.345
01 Tee 1"	0.682
03 valv com 1"	0.648
Le	16.675
L_{t1}	56.68

Asumiendo un diámetro de 1 1/2"

15 codos 1 1/2"x90	19.635
01 Tee 1 1/2"	0.873
03 valv com 1 1/2"	0.828
Le	21.336
L_{t1}	61.34

Determinamos la pérdida de carga total:

Caudal (lps)	D (pulg)	V (m/s)	H _f (m)	Perdida máxima(m)
0.38	3/4	1.33	5.87	11.04
0.38	1	0.75	1.56	
0.38	1 1/2	0.33	0.23	

OK
OK
OK

SI LA PERDIDA DE CARGA ES MENOR A LA PERDIDA MAXIMA, ENTONCES EL DIAMETRO ES VALIDO

F) Conclusión:

Diámetro del medidor: 3/4"

Diámetro de la tubería de entrada: 1"

Dando como resultado la selección de una tubería de entrada de 1 "de diámetro, dado que es más comercial que el medidor de 3/4" y más económico que el medidor de 1 1/2"

3.4.5. CALCULO DE LA MAXIMA DEMANDA SIMULTANEA

En esta parte, nos remitimos al R.N.E. de la IS.010 ANEXO 1 (Aparatos de Uso Privado), que daba las unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua fría (MÉTODO HUNTER), tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Figura 20

Unidades Hunter de cada aparato sanitario

Aparato sanitario	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Inodoro	Con tanque – descarga reducida.	1,5	1,5	-
Inodoro	Con tanque.	3	3	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática.	6	6	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida.	3	3	-
Bidé		1	0,75	0,75
Lavatorio		1	0,75	0,75
Lavadero		3	2	2
Ducha		2	1,5	1,5
Tina		2	1,5	1,5
Urinario	Con tanque	3	3	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática.	5	5	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida.	2,5	2,5	-
Urinario	Múltiple (por m)	3	3	-

Fuente (REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2006)

En función a las unidades hunter de los aparatos y habiéndose tomado como referencia los planos de arquitectura se elaboró el siguiente cuadro.

Adicionalmente se tuvo en cuenta lo indicado en el R.N.E. en la IS.010 que nos proporcionó la siguiente tabla

Tabla 7

Caudal probable para la aplicación del método Hunter.

N° de unidades	Gasto Probable		N° de unidades	Gasto Probable		N° de unidades	Gasto Probable
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula		
3	0,12	-	120	1,83	2,72	1100	8,27
4	0,16	-	130	1,91	2,80	1200	8,70
5	0,23	0,91	140	1,98	2,85	1300	9,15
6	0,25	0,94	150	2,06	2,95	1400	9,56
7	0,28	0,97	160	2,14	3,04	1500	9,90
8	0,29	1,00	170	2,22	3,12	1600	10,42
9	0,32	1,03	180	2,29	3,20	1700	10,85
10	0,43	1,06	190	2,37	3,25	1800	11,25
12	0,38	1,12	200	2,45	3,36	1900	11,71
14	0,42	1,17	210	2,53	3,44	2000	12,14
16	0,46	1,22	220	2,60	3,51	2100	12,57
18	0,50	1,27	230	2,65	3,58	2200	13,00
20	0,54	1,33	240	2,75	3,65	2300	13,42
22	0,58	1,37	250	2,84	3,71	2400	13,86
24	0,61	1,42	260	2,91	3,79	2500	14,29
26	0,67	1,45	270	2,99	3,87	2600	14,71
28	0,71	1,51	280	3,07	3,94	2700	15,12
30	0,75	1,55	290	3,15	4,04	2800	15,53
32	0,79	1,59	300	3,32	4,12	2900	15,97
34	0,82	1,63	320	3,37	4,24	3000	16,20
36	0,85	1,67	340	3,52	4,35	3100	16,51
38	0,88	1,70	380	3,67	4,46	3200	17,23
40	0,91	1,74	390	3,83	4,60	3300	17,85
42	0,95	1,78	400	3,97	4,72	3400	18,07
44	1,00	1,82	420	4,12	4,84	3500	18,40
46	1,03	1,84	440	4,27	4,96	3600	18,91

Nota: Los valores de gastos están en l/s y hacen referencia a un ajuste de la tabla original del Método de Hunter.

Para el desarrollo en el proyecto se calculó 213 UH (Unidades de Hunter) y viendo que la tabla N°7 no se encontró un valor exacto, así que se tuvo que realizar una interpolación entre los valores de 210UH y 220UH, y se obtuvo así un **CALCULO DE PERDIDAS DE CARGA**

Figura 21

Conteo de los aparatos sanitarios por departamentos. Esto con el fin de hallar la máxima demanda simultánea.

TOTAL MULTIFAMILIAR SOSTENIBLE - UNIDADES HUNTER - TOTAL DPTOS: 12													
DEPARTAMENTO	INODORO	UH	LAVATORIO	UH	DUCHA/TINA	UH	LAVADERO ROPA	UH	LAVADERO COCINA	UH	URINARIO	UH	TOTAL UD
PISO 6													45
DPTO 601(DUPLEX)	3	3	3	1	3	2	0	3	1	3	0	5	21
DPTO 602(DUPLEX)	3	3	3	1	3	2	1	3	1	3	0	5	24
PISO 5													33
DPTO 501	2	3	2	1	2	2	0	3	1	3	0	5	15
DPTO 502	2	3	2	1	2	2	1	3	1	3	0	5	18
PISO 4													33
DPTO 401	2	3	2	1	2	2	0	3	1	3	0	5	15
DPTO 402	2	3	2	1	2	2	1	3	1	3	0	5	18
PISO 3													33
DPTO 301	2	3	2	1	2	2	0	3	1	3	0	5	15
DPTO 302	2	3	2	1	2	2	1	3	1	3	0	5	18
PISO 2													33
DPTO 201	2	3	2	1	2	2	0	3	1	3	0	5	15
DPTO 202	2	3	2	1	2	2	1	3	1	3	0	5	18
PISO 1													33
DPTO 101	2	3	2	1	2	2	0	3	1	3	0	5	15
DPTO 102	2	3	2	1	2	2	1	3	1	3	0	5	18
SOTANO 1													3
CUARTO DE BASURA	0	3	0	1	0	2	1	3	0	3	0	5	3
TOTAL	26	3	26	1	26	2	7	3	12	3	0	5	213
CAUDAL CALCULADO (L/s)												2.55	

3.4.5.1. CALCULO HIDRAULICO EN EL PUNTO MAS DESFAVORABLE

En el plano de arquitectura y con los trazos de sistema de agua fría ya realizados, se seleccionó el punto más desfavorable, siendo este el aparato sanitario más alejado de la cisterna de agua para consumo doméstico (ANEXO III) y aplicando la ecuación 12, se obtuvieron las pérdidas de carga en cada tubería.

Adicionalmente a ello para determinar las velocidades en cada tramo de tubería se empleó el RNE en la norma IS.010 sobre Instalaciones Sanitarias para edificaciones en el punto 2.3.f, el cual proporcionó la siguiente información:

para el cálculo de las tuberías de distribución, la velocidad mínima será de 0.60m/s y la velocidad máxima según la siguiente tabla (REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2006)

Tabla 8

Velocidades máximas según el diámetro de tubería.

Diámetro(mm)	Velocidad máxima(m/s)
15 (1/2")	1.90
20 (3/4")	2.20
25 (1")	2.48
32 (1 1/4")	2.85
40 y mayores (1 1/2" y mayores)	3.00

Con lo anterior mencionado se realizó los cálculos hidráulicos en la ruta crítica, esta ruta crítica representa la presión en el punto más desfavorable y así se garantizó una buena presión en los demás puntos.

- PERDIDA DE CARGA (H_f) EN EL TRAMO DEL INODORO HASTA EL PUNTO A.

Se empezó determinando las unidades de hunter para los aparatos sanitarios de ese punto, en este caso únicamente del inodoro, después por la tabla de valores se obtiene un caudal de 0.12 lt/s.

Se selecciono un diámetro de ½" y por la ecuación de caudal

$$Q = A.V$$

Se obtiene lo siguiente

$$Q = \frac{4x\left(\frac{0.12}{1000}\right)}{\pi x\left(\frac{15.8}{1000}\right)^2} = 0.61 \text{ m/s}$$

A continuación, se obtiene, de la Tabla 6, las longitudes equivalentes para el diámetro elegido y los accesorios que van a presentarse en dicho tramo. Estas longitudes suman 2.66m y a su vez esta longitud se suma a la longitud de la tubería obteniéndose así una longitud total de $L_t=4.66\text{m}$, ahora se aplicó la ecuación 12, para hallar la perdida de carga local. Considerando de la Tabla 3 el coeficiente C de Hazen Williams para tuberías de PVC ($C=150$)

$$h_L = 10.648\left(\frac{Q}{C \cdot D^{2.63}}\right)^{1.852} \cdot L_{total}$$

$$h_L = 10.648\left(\frac{\frac{0.12}{1000}}{150 \cdot \left(\frac{15.8}{1000}\right)^{2.63}}\right)^{1.852} \cdot 4.66$$

$$h_L = 0.151$$

A esta pérdida de carga local se le suma la diferencia de alturas que existe en el recorrido, dado así una perdida altura de carga total de

$$h_T = 0.65$$

- PERDIDA DE CARGA (H_f) EN EL TRAMO DEL PUNTO A HASTA EL PUNTO B

Se determino las unidades de hunter para los aparatos sanitarios de este tramo, cinco (5) unidades de hunter, después por la tabla de valores se obtiene un caudal de 0.23 lt/s.

Se selecciono un diámetro de $\frac{3}{4}$ " y por la ecuación de caudal

$$Q = A.V$$

Se obtiene lo siguiente

$$Q = \frac{4x\left(\frac{0.23}{1000}\right)}{\pi x\left(\frac{20.1}{1000}\right)^2} = 0.72 \text{ m/s}$$

A continuación, se obtiene, de la Tabla 6, las longitudes equivalentes para el diámetro elegido y los accesorios que van a presentarse en dicho tramo. Estas longitudes suman 2.495m y a su vez esta longitud se suma a la longitud de la tubería obteniéndose así una longitud total de $L_t=4.495\text{m}$, ahora se aplicó la ecuación 12, para hallar la perdida de carga local. Considerando de la Tabla 3 el coeficiente C de Hazen Williams para tuberías de PVC ($C=150$)

$$h_L = 10.648\left(\frac{Q}{C.D^{2.63}}\right)^{1.852} \cdot L_{total}$$

$$h_L = 10.648\left(\frac{\frac{0.23}{1000}}{150 \cdot \left(\frac{20.1}{1000}\right)^{2.63}}\right)^{1.852} \cdot 4.495$$

$$h_L = 0.151$$

A esta pérdida de carga local se le suma la diferencia de alturas que existe en el recorrido y a partir de este punto se suma las pérdidas de cargas anteriores dado así una perdida altura de carga total de

$$h_T = 0.80$$

Y así de una manera correlativa, aplicando las mismas ecuaciones se obtiene el siguiente conjunto de datos, mostrados en la siguiente figura.

Estos datos servirán para que se obtenga la HDT para la selección del equipo de bombeo.

Figura 22

Cálculo hidráulico para el punto más desfavorable

CALCULO HIDRAULICO DE LA RED DE AGUA FRIA															
Tramo (x - y)	U.H.	Q (lt/s)	Ø (pulg)	Di (mm)	V (m/s)	Long de tub equiv de accesorios				L Acc (m)	L Tub (m)	L Tot (m)	ΔH _{s-v} (m)	hf (m)	Py (m)
						Accesorios	Leg	Cant	Lacc						
INODORO - A (Dpto 602 Duplex)	3	0.12	1/2	15.8	0.61	Codo 90°	0.532	3	1.596	2.660	2.000	4.660	0.500	0.151	15.7
						Reduccion a 1/2"	N.E.		0.000						
						Tee salida lateral	1.064	1	1.064						
						Valvula compuerta	0.112		0.000						
A - B	5	0.23	3/4	20.1	0.72	Codo 90°	0.777	1	0.777	2.495	2.000	4.495	0.000	0.151	15.8
						Reduccion a 1/2"	0.164	1	0.164						
						Tee salida lateral	1.554	1	1.554						
						Valvula compuerta	0.164		0.000						
B - C	6	0.25	3/4	20.1	0.79	Codo 90°	0.777	4	3.108	4.990	3.500	8.490	0.000	0.332	16.1
						Reduccion a 1/2"	0.164	1	0.164						
						Tee salida lateral	1.554	1	1.554						
						Valvula compuerta	0.164	1	0.164						
C - D	6	0.25	3/4	20.1	0.79	Codo 90°	0.777	2	1.554	3.108	4.000	7.108	2.550	0.278	19.0
						Reduccion a 3/4"	N.E.		0.000						
						Tee salida lateral	1.554	1	1.554						
						Valvula compuerta	0.164		0.000						
D - E	18	0.50	1	25.8	0.96	Codo 90°	1.023		0.000	2.261	0.500	2.761	0.000	0.115	19.1
						Reduccion a 3/4"	0.216	1	0.216						
						Tee salida lateral	2.045	1	2.045						
						Valvula compuerta	0.216		0.000						
E - F	21	0.56	1	25.8	1.07	Codo 90°	1.023		0.000	2.420	3.500	5.920	0.000	0.305	19.4
						Reduccion a 1/2"	0.375	1	0.375						
						Tee salida lateral	2.045	1	2.045						
						Valvula compuerta	0.216		0.000						
F - G	24	0.61	1	25.8	1.17	Reduccion a 3/4"	0.216	6	1.296	1.512	10.500	12.012	0.000	0.726	20.1
						Reduccion a 1 1/4"	N.E.		0.000						
						Tee salida lateral	2.045		0.000						
						Valvula compuerta	0.216	1	0.216						
G -H(Banco de Medidores)	45	1.02	1 1/4	34.4	1.10	Codo 90°	1.309	1	1.309	4.203	1.000	5.203	0.000	0.201	20.3
						Reduccion a 3/4"	0.480		0.000						
						Tee salida lateral	2.618	1	2.618						
						Valvula compuerta	0.276	1	0.276						
(Banco de Medidores) - I (Piso)	45	1.02	1 1/4	34.4	1.10	Codo 90°	1.309		0.000	2.618	2.550	5.168	2.550	0.199	23.1
						Reduccion a 1 1/4"	N.E.		0.000						
						Tee salida lateral	2.618	1	2.618						
						Valvula compuerta	0.276		0.000						
I(Piso 5) - J (Piso 4)	78	1.43	1 1/2	39.8	1.15	Codo 90°	1.554		0.000	3.109	2.550	5.659	2.550	0.201	25.8
						Reduccion a 1 1/4"	0.328		0.000						
						Tee salida lateral	3.109	1	3.109						
						Valvula compuerta	0.328		0.000						
J (Piso 4) - K (Piso 3)	111	1.76	2	50.6	0.88	Reduccion a 2"	N.E.		0.000	4.091	2.550	6.641	2.550	0.107	28.5
						Reduccion a 1 1/4"	0.750		0.000						
						Tee salida lateral	4.091	1	4.091						
						Valvula compuerta	0.432		0.000						
K (Piso 3) - L (Piso 2)	144	2.01	2	50.6	1.00	Codo 90°	2.045		0.000	4.091	2.550	6.641	2.550	0.137	31.2
						Reduccion a 1 1/4"	0.750		0.000						
						Tee salida lateral	4.091	1	4.091						
						Valvula compuerta	0.432		0.000						
L(Piso 2) - M (Piso 1)	177	2.27	2	50.6	1.13	Reduccion a 1 1/2"	0.432		0.000	4.091	2.550	6.641	2.550	0.172	33.9
						Reduccion a 1 1/4"	0.750		0.000						
						Tee salida lateral	4.091	1	4.091						
						Valvula compuerta	0.432		0.000						
M(Piso 1) - Semisotano	210	2.53	2	50.6	1.26	Codo 90°	2.045		0.000	4.091	2.700	6.791	2.70	0.215	36.8
						Reduccion a 1 1/2"	0.432		0.000						
						Tee salida lateral	4.091	1	4.091						
						Valvula compuerta	0.432		0.000						
Semisótano - Sotano 1	210	2.53	2	50.6	1.26	Codo 90°	2.045		0.000	4.091	2.800	6.891	2.800	0.218	39.8
						Reduccion a 1 1/4"	0.750		0.000						
						Tee salida lateral	4.091	1	4.091						
						Valvula compuerta	0.432		0.000						
Sotano 1 - Sotano 2	213	2.55	2	50.6	1.27	Codo 90°	2.045		0.000	4.091	2.800	6.891	2.80	0.221	42.8
						Reduccion a 1 1/4"	0.750		0.000						
						Tee salida lateral	4.091	1	4.091						
						Valvula compuerta	0.432		0.000						
Sotano 2 - CISTERNA	213	2.55	2	50.6	1.27	Codo 90°	2.045		0.000	4.091	1.350	5.441	1.35	0.175	44.4
						Reduccion a 1 1/4"	0.750		0.000						
						Tee salida lateral	4.091	1	4.091						
						Valvula compuerta	0.432		0.000						

Este cálculo hidráulico se realizó con la finalidad de obtener la presión necesaria que necesita el punto más alejado, por ende, la presión máxima que debe requerir el sistema obteniéndose 44.4 m.

3.4.6. CALCULO DE PARAMETROS HIDRAULICOS DE LAS ELECTROBOMBAS

3.4.6.1. CAUDAL DE LAS ELECTROBOMBAS

En el punto 3.5.5 con los cálculos de las Unidades de Hunter se obtuvo un caudal simultaneo de 2.55 L/s, como el valor obtenido no representa un valor comercial se tomará como caudal total de bombeo 3.00 L/s

3.4.6.2. PRESION DE EQUIPO DE BOMBEO

En el punto 3.5.6 se observó como la suma de altura geométrica, más la perdida de presión por fricción en el punto más desfavorable, más la presión requerida a la salida de dicho punto dieron como resultado 44 m, los cuales se usaron para determinar la altura dinámica total que se requirió para cada bomba

3.4.6.3. POTENCIA DE ELECTROBOMBA A EMPLEARSE

Se utilizo la ecuación 16 para determinar la potencia de cada bomba a emplearse y por fines comerciales se tuvo que dividir el producto entre una eficiencia estimada del 60% y se obtuvo la siguiente ecuación.

$$P_{aprox} = \frac{1,50.45}{75.0,6}$$

$$P_{aprox} = 1.50HP \approx 2.00HP$$

DISCUSION

Como se puede observar en la Tabla N°9 en una comparativa de esta monografía con los trabajos usados en antecedentes, son estos los que mas se asemejan en cantidad de pisos.

Sin embargo, encontramos algunos vacíos tales como, en la tesis “Diseño de instalaciones sanitarias para el costo óptimo de un proyecto de edificación multifamiliar-Cercado del Callao, 2018” del autor Joel Adass Aaron Quiroz Gonzales, se ha considerado un tipo de almacenamiento mixto, y esto ocasiona que el costo sea mayor a medida que se instalan más tuberías y accesorios y tanques de almacenamiento adicionales. En esta monografía, se realizó el dimensionamiento correcto evitándose sobrecostos como un tanque elevado.

Tabla 9

Cuadro comparativo de las características de los proyectos similares a esta monografía.

TRABAJO DE INVESTIGACION	AUTOR	DOTACION (m3/d)	PISOS	UNIDADES DE HUNTER (UH)	ALMACENAMIENTO
“Diseño de instalaciones sanitarias para el costo óptimo de un proyecto de edificación multifamiliar-Cercado del Callao, 2018”	Joel Adass Aaron Quiroz Gonzales	19.67	6 pisos y 1 SS	401	MIXTO
Diseño e Implementación de Sistema Automatizado en Cuarto de Bombas para el Suministro de Agua Potable en Edificio Torres Paz	Franks Christian Pahuara Rojas	-	7 pisos y 1 SS	717	CISTERNA
“Diseño de abastecimiento de agua potable para el edificio multifamiliar sostenible en Lima - Perú en el año 2021”	Marco Antonio Franco Acharte	15.01	6 pisos y 1 SS	213	CISTERNA

En la siguiente tabla, Tabla N°10, podemos observar que la obtención de los parámetros hidráulicos para cada caso fue diferente, esto por que al ser similares en cantidad de pisos no garantiza que cuenten con un equipamiento similar, dado que como observamos en la Tabla N°9 las Unidades de Hunter varían en cada caso y con esto el caudal simultaneo, valor con el cual se calcula el equipamiento del edificio.

Se puede observar en la Tabla N°9 que en el trabajo "Diseño e Implementación de Sistema Automatizado en Cuarto de Bombas para el Suministro de Agua Potable en Edificio Torres Paz" del autor Franks Christian Pahuara Rojas no se encuentra la dotación del edificio, dado que, en su tesis el autor indica que se confió en los cálculos realizados por otra profesional. En esta monografía se realizaron los cálculos desde el inicio y de manera personal, teniendo así el valor de la dotación presente en todo el proceso de diseño.

Tabla 10

Cuadro comparativo del equipamiento de los proyectos similares a esta monografía.

TRABAJO DE INVESTIGACION	AUTOR	CANTIDAD DE BOMBAS	CAUDAL C/B (L/s)	ALTURA DINAMICA C/B (m)	POTENCIA APROX C/B (HP)
"Diseño de instalaciones sanitarias para el costo óptimo de un proyecto de edificación multifamiliar-Cercado del Callao, 2018"	Joel Adass Aaron Quiroz Gonzales	3	3.98	22.33	2.00
Diseño e Implementación de Sistema Automatizado en Cuarto de Bombas para el Suministro de Agua Potable en Edificio Torres Paz	Franks Christian Pahuara Rojas	3	4.00	45.00	5.00
"Diseño de un sistema de suministro de agua potable sostenible para un óptimo aprovisionamiento del inmueble multifamiliar en Lima - Perú en el año 2021"	Marco Antonio Franco Acharte	3	1.50	45.00	2.00

CONCLUSIONES

- Los resultados de los cálculos para el suministro diario de agua del edificio fueron de 15,01 m³/día para el edificio. Estos datos se utilizaron para calcular la capacidad de la cisterna, el diámetro del agua que entraba en la cisterna, el tiempo de llenado y el contador de conexión de agua. Estos resultados se ajustaron a la norma IS.010 del Reglamento Nacional de Edificación.
- De acuerdo con la Norma IS.010 del Reglamento Nacional de Edificación, se determinó el caudal de diseño mediante la curva de Hunter, dando como resultado 2,55 l/s para el edificio, que es la Demanda Máxima de Caudal que ayuda a calcular el diámetro de descarga, las pérdidas en las tuberías y el caudal de las electrobombas. Para este proyecto se ha utilizado un margen de seguridad, por lo que se emplearán 3,00 l/s como caudal, además de ser un caudal comercial.
- De los cálculos de la altura dinámica total del edificio se obtuvo 44 m; por lo tanto, se utilizó la ADT= 45 m como referencia para el edificio porque representa la presión más alta.
- Se comprobó que el edificio necesitaría tres bombas (dos en funcionamiento y una en espera), debido a que no se le pone dos porque cada bomba debería de bombear el caudal total para el suministro de la edificación y no se le pone cuatro por un tema económico y cada una con un punto de funcionamiento de $Q = 1,50 \text{ l/s}$, $ADT = 45 \text{ m}$ y $P_{\text{aprox}} = 2\text{HP}$. Encontrando así un balance entre lo técnico y lo económico

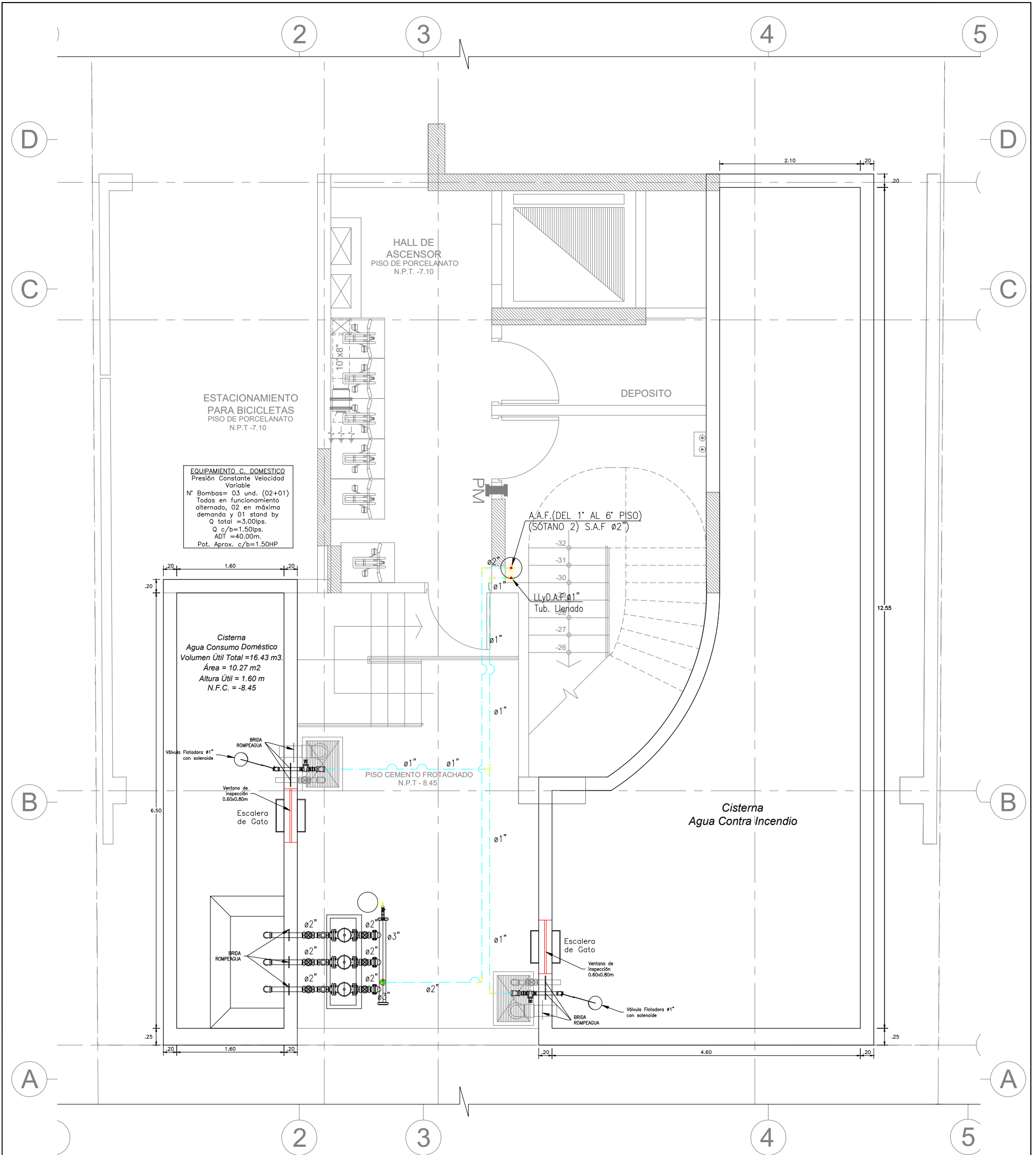
BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, W., & Gil, M. (2019). *Diseño de sistema de agua y red de alcantarillado sanitario - predio San Idelfonso - Sector Alto California - Virú - La Libertad*. Obtenido de Repositorio Digital Institucional Universidad César Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/47314>
- Alvarez, B. (2015). *Diseño hidrosanitario del Conjunto Habitacional Esmirna*. Obtenido de Repositorio Digital USFQ: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4173>
- Asto, E., & Pereda, A. (2018). *Determinar las pérdidas de carga en tuberías de PVC y accesorios de diámetros de 1" y 1 1/2" mediante un banco de pruebas en flujo presurizado*. Obtenido de Repositorio Digital de la Universidad Privada Antenor Orrego: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4442>
- BARNES DE COLOMBIA S.A. (2018). *Sistema de presión AQUA-PRESS*. Obtenido de Sistema de presión AQUA-PRESS: Recuperado por <https://www.barnes.com.co/sistemas-de-presion-aqua-press-2/>
- Camones, W., & Yanac, P. (2018). *Análisis técnico e implementación de un sistema de elevación de agua para edificios verticales evaluando los sistemas de bombeo en succión positiva y negativa con conexiones en serie y paralelo en la ciudad de Huaraz - Ancash - periodo 2016*. Obtenido de Repositorio Institucional UNASAM: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2372>
- Google Earth. (s.f.). *Google Earth*. Obtenido de Google Earth: Recuperado por <https://earth.google.com/>
- Landeau, R. (2007). *Elaboración de trabajos de investigación*. ALFA.
- Mott, R. L., Enriquez, J., & Leon, J. (2006). *Mecánica de fluidos (6ª ed.)*. Pearson.
- Norma IS.010 Instalaciones Sanitarias para Edificaciones. (2006). En *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Pahuara, F. (2020). *Diseño e implementación de sistema automatizado en cuarto de bombas para el suministro de agua potable en edificio Torres Paz*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Tecnológica del Perú: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/3608>
- Paredes, Y. (2014). *Diseño e implementación de un módulo demostrativo de control por variadores de velocidad para sistemas de presión constante multibombas*. Obtenido de Repositorio Institucional Pontificia Universidad Católica del Perú: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6062>
- Quevedo, R. (2014). *Diseño de abastecimiento de agua potable para el edificio multifamiliar Javier Prado Los Robles*. Obtenido de Cybertesis Repositorio de Tesis Digitales UNMSM: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/12759>
- Quiroz, J. (2018). *Diseño de instalaciones sanitarias para el costo óptimo de un proyecto de edificación multifamiliar-Cercado del Callao, 2018*. Obtenido de Repositorio Digital Institucional Universidad César Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35276>
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. (2006). Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Rojas, D. (2017). *Diseño del sistema de bombeo para el abastecimiento óptimo de agua potable del distrito de Huancán-Huancayo*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Nacional del Centro del Perú: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3677>
- Saldarriaga, J. G. (1998). *Hidráulica de Tuberías*. McGRAW-HILL.
- Schaum, R., Evett, J., & Liu, C. (2005). *Mecánica de los fluidos e hidráulica*. McGraw-Hill.

- Shames, I. (1995). *Mecánica de fluidos*. McGRAW-HILL.
- Soto, J. (2010). *Evaluación de los problemas post-construcción para mejorar el desempeño de las instalaciones sanitarias en edificaciones multifamiliares*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Nacional de Ingeniería: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3261>
- Ticona, E., & Venegas, J. (2015). *Diseño del Sistema de Abastecimiento Indirecto de Agua Potable por Bombeo en Edificaciones*. Obtenido de Repositorio de Tesis Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/80>
- Ushiña, V., & Tixi, L. (2014). *Diseño hidro – sanitario de un edificio de vivienda*. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Central del Ecuador : <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3018>
- Vargas, C. (2016). *Consideraciones de diseño y cálculo de las instalaciones hidráulicas en una red de distribución de agua potable*. Obtenido de Repositorio Digital Escuela colombiana de Ingeniería Julio Garavito: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/443>
- Yambombo, J. (2012). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para ensayos de pérdidas de carga en tuberías y accesorios*. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/325>

ANEXOS

ANEXO I: PLANOS DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR SOSTENIBLE



AGUA POTABLE- PLANTA CISTERNA
ESCALA: 1/25

LEYENDA - AGUA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA DE AGUA FRIA
	TUBERIA DE AGUA CALIENTE
	TEE
	CODO 90°
	TEE SUBE
	TEE BAJA
	CODO 90 SUBE
	CODO 90 BAJA
	MEDIDOR DE AGUA
	VÁLVULA ESFÉRICA
	CALENTADOR ELÉCTRICO

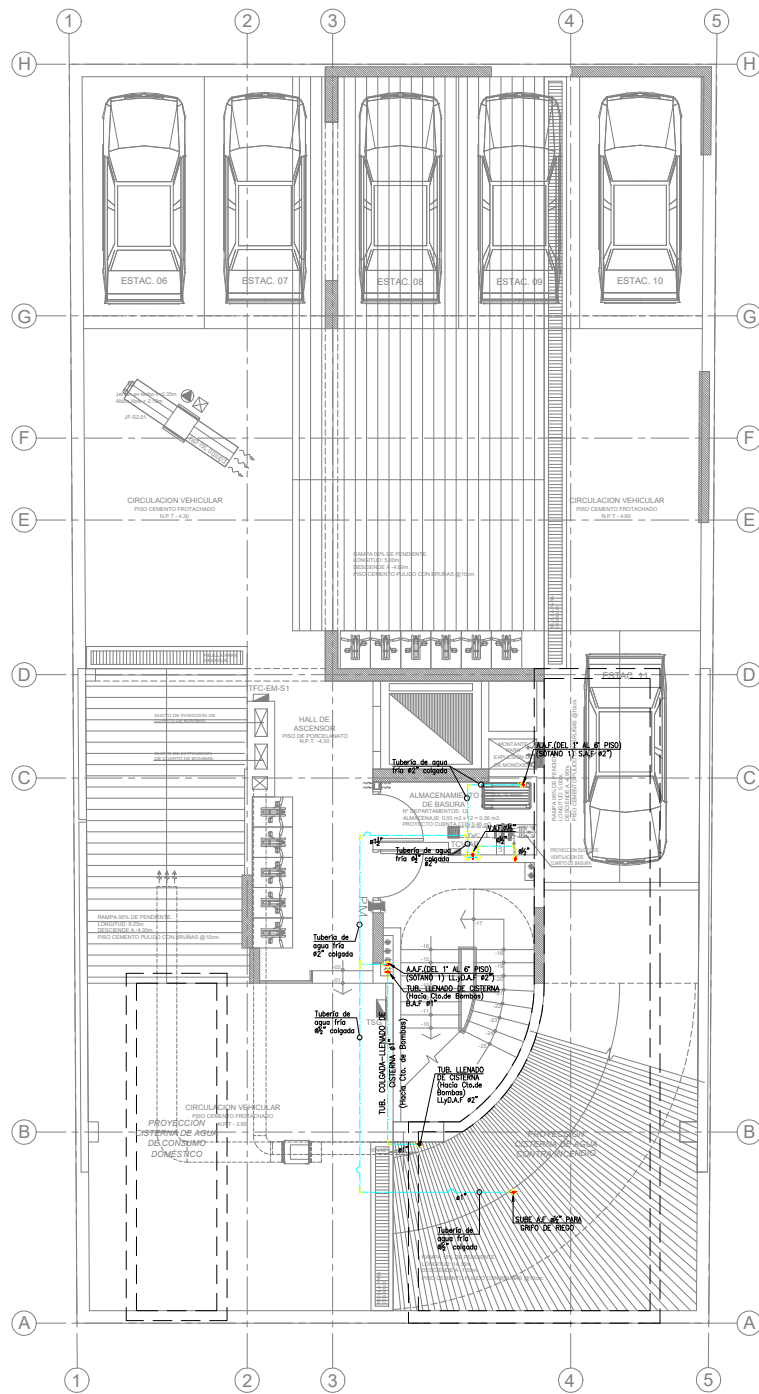
NOTAS:
 V.A.F.: VÁLVULA AGUA FRIA
 M.A.C.I.: MONTANTE AGUA CONTRA INCENDIO
 L.L.Y.S.A.C.I.: LLEGA Y SUBE AGUA CONTRA INCENDIO
 L.L.A.C.I.: LLEGA AGUA CONTRA INCENDIO
 S.A.C.I.: SUBE AGUA CONTRA INCENDIO
 L.L.Y.D.A.C.I.: LLEGA Y DOBLA AGUA CONTRA INCENDIO
 B.D.A.C.I.: BAJA DRENAJE DE AGUA CONTRA INCENDIO
 L.L.A.F.: LLEGA AGUA FRIA
 A.A.F.: ALIMENTADOR DE AGUA FRIA
 L.L.Y.D.A.F.: LLEGA Y DOBLA AGUA FRIA
 G.C.I.: GABINETE AGUA CONTRA INCENDIO
 V.A.C.G.B.V.P.: VÁLVULA ANGULAR PARA CUERPO GENERAL BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL PERÚ.

ESPECIFICACIONES GENERALES AGUA Y ACI

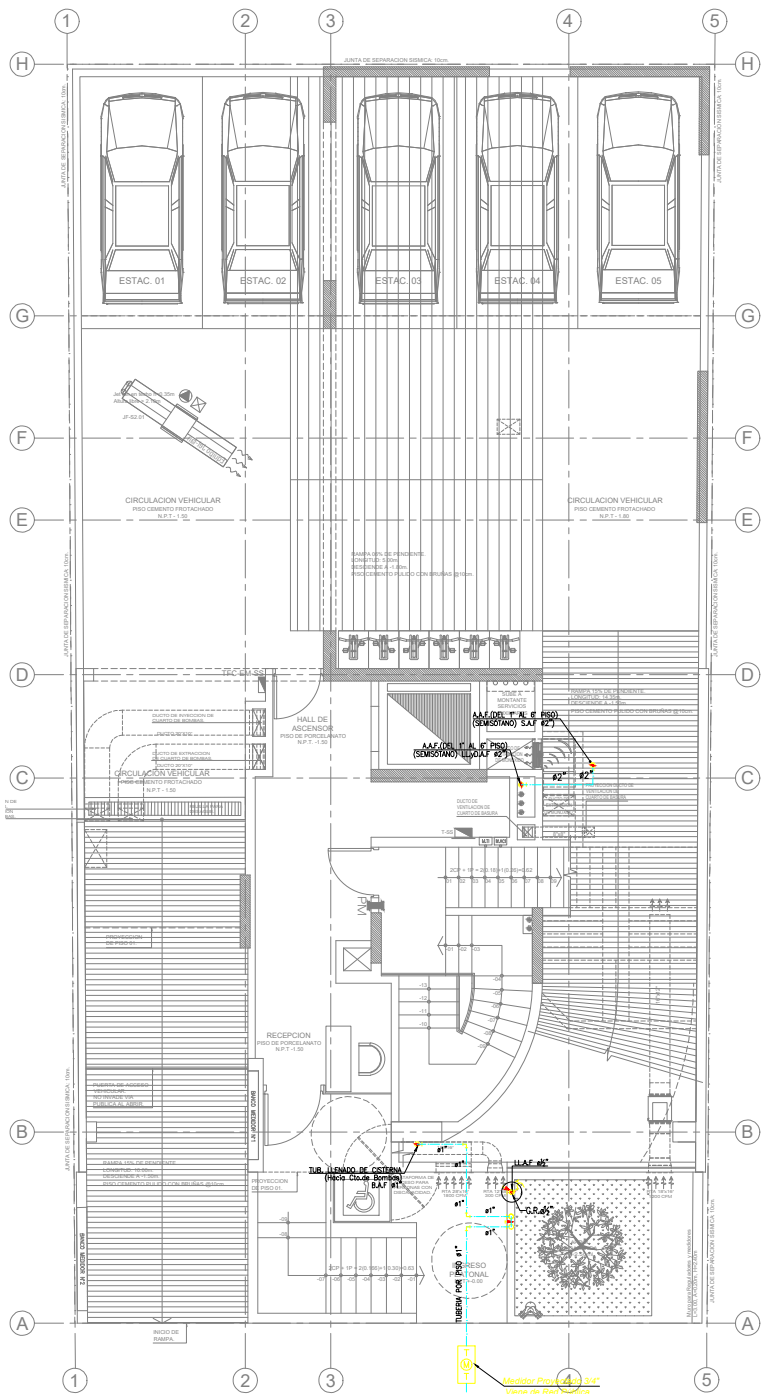
1. LAS TUBERIAS Y ACCESORIOS DE AGUA FRIA SERAN DE PVC CLASE 10 CON UNION CON PEGAMENTO, SALVO EN LOS LUGARES INDICADOS, TALES COMO CUARTO DE BOMBAS DONDE SERAN DE FGO, PESADO 150 PSI. DEBEN CUMPLIR CON LA NORMA TECNICA PERUANA NTP 399.166.
2. LAS TUBERIAS Y ACCESORIOS DE AGUA CONTRA INCENDIO SERAN DE ACERO SCH-40 (CEDULA 40), UNION ROSCADA HASTA 1 1/2" Y SOLDADA DE 2" A 6".
3. LAS VÁLVULAS DE COMPUERTA SERAN DE BRONCE PARA 150 PSI E IRAN ENTRE UNIONES UNIVERSALES DE FGO, SE USARAN ADAPTADORES, SEGUN DETALLE.
4. EN LA VÁLVULA CHECK SE DEBERA VERIFICAR LA CORRECTA POSICION CON RESPECTO AL SENTIDO DEL FLUJO.
5. EN TODOS LOS PUNTOS O SALIDAS DE AGUA PARA APARATO SANITARIO EL ACCESORIO EMPOTRADO A PARED SERA DE FGO.
6. LAS TUBERIAS DE AGUA CUYO DIAMETRO NO SE INDICA SERAN #1/2".
7. CONSULTAR ESPECIFICACIONES EN DETALLE EN EL PLIEGO DE MEMORIA DESCRIPTIVA Y ESPECIFICACIONES TECNICAS QUE FORMA PARTE DEL PRESENTE PROYECTO.

LEYENDA - ACI	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA DE AGUA CONTRA INCENDIO
	TEE
	CODO 90°
	TEE SUBE
	TEE BAJA
	CODO 90 SUBE
	CODO 90 BAJA
	GABINETE CONTRA INCENDIO
	VÁLVULA ANGULAR PARA EL CUERPO GENERAL DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL PERÚ
	COLGADOR TIPO GOTA / SOPORTE ANTISISMICO DE 4 VÍAS
	ROCIADOR DE RESPUESTA RÁPIDA, COBERTURA ESTANDAR K=5.6 gpm/psi ^{1/2} TEMPERATURA DE RUPTURA BULBO: 68°C HACIA ARRIBA (Up Right)= DEPÓSITOS ESTACIONAMIENTOS, ZONAS SIN CIELO RASO) HACIA ABAJO (Pendent)= AMBIENTES CON CIELO RASO.
	ESTACION DE CONTROL DE ROCIADORES
	VÁLVULA SIAMESA

PROYECTO:	EDIFICIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR EDIFICACION SOSTENIBLE. ORD. 595-MSS	ESCALA:	INDICADA
UBICACION:	JR. CERRO RICO MZ. "R", LOTE 09. URB. SAN IGNACIO DE MONTECRICO - LOYOLA, SANTIAGO DE SURCO	FECHA:	OCTUBRE 2021
PLANO:	INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUA PLANTA - CISTERNA	ESTADO:	ENTREGA PARA REVISION MUNICIPAL
REALIZADO POR:	BACH. MARCO ANTONIO FRANCO ACHARTE	DIBUJADO:	M.F.A.
Consultoría, Proyectos y Supervisión		LÁMINA:	IS-01
		NÚMERO:	01/10

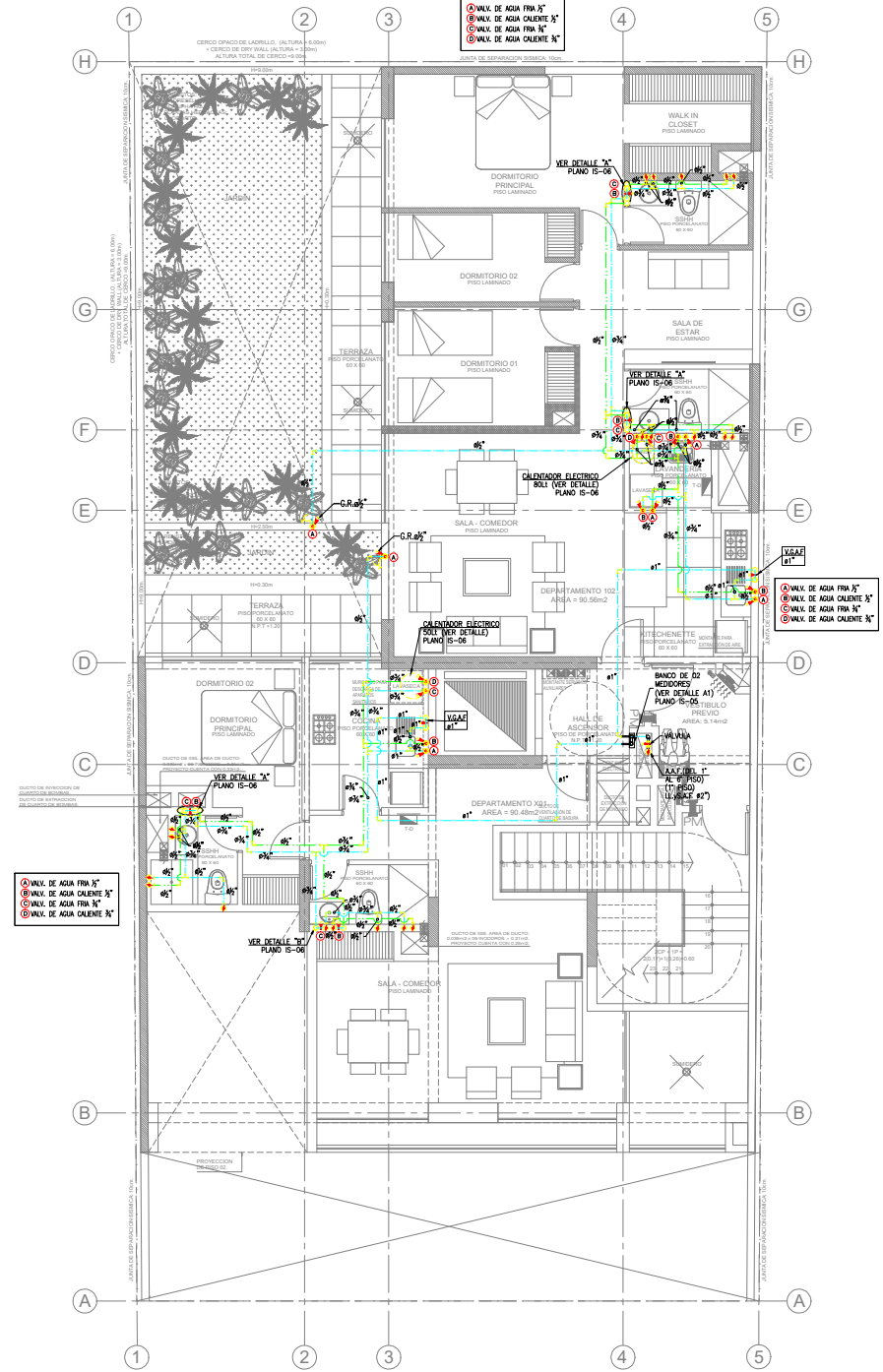


AGUA POTABLE- SOTANO 01*
ESCALA: 1/50



AGUA POTABLE- PLANTA SEMISOTANO
ESCALA: 1/50

(VIENE DE LA RED)



AGUA POTABLE- PLANTA PISO 01*
ESCALA: 1/50

LEYENDA - ACI	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA DE AGUA CONTRA INCENDIO
	TEE
	CODO 90°
	TEE SUBE
	TEE BAJA
	CODO 90 SUBE
	CODO 90 BAJA
	G.C.I. GABINETE CONTRA INCENDIO
	VALVULA ANGULAR PARA EL CUERPO GENERAL DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL PERU
	COLGADOR TIPO GOTA Y SOPORTE ANTISISMICO DE 4 VAS
	ROCADOR DE RESPUESTA RAPIDA, COBERTURA ESTANDAR 4x4.8 gpm/100'2 TEMPORALIDAD DE RUPTURA BAJA, MPC, HACIA ARRIBA (O RIGID) - GORRITOS, ESTACIONAMIENTOS, ZONAS SIN CIELO RASO, HACIA ABAJO (PANEL) - AMBIENTES CON CIELO RASO.
	ESTACION DE CONTROL DE ROCADORES
	VALVULA SAMESA

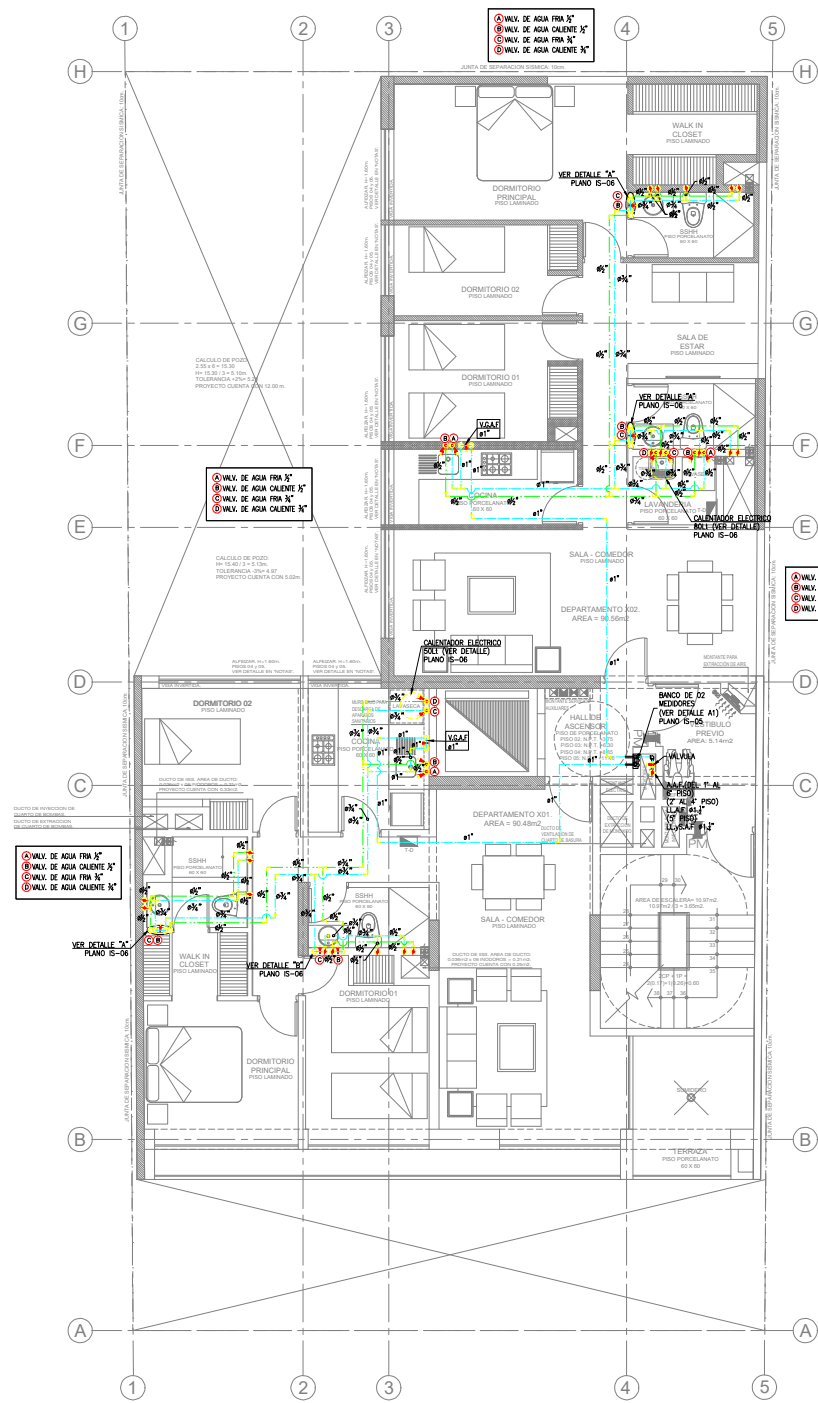
ESPECIFICACIONES GENERALES AGUA Y ACI

1. LAS TUBERIAS Y ACCESORIOS DE AGUA FRIA SERAN DE PVC CLASE 10 CON UNION CON PEGAMENTO, SALVO EN LOS LUGARES INDICADOS, TALES COMO CUARTO DE BOMBAS DONDE SERAN DE PPOB. PESADO 150 PSI. DEBEN CUMPLIR CON LA NORMA TECNICA PERUANA NTP 399.146.
2. LAS TUBERIAS Y ACCESORIOS DE AGUA CONTRA INCENDIO SERAN DE POLIPROPILENO, UNION TERMOSTIGMATA.
3. LAS VALVULAS DE COMPUERTA SERAN DE BRONCE PARA 150 PSI E IRAN ENTRE UNIONES UNIVERSALES DE 1/2", SE USARAN ADAPTADORES, SEGUN DETALLE.
4. EN LA VALVULA CHECK SE DEBERA VERIFICAR LA CORRECTA POSICION CON RESPECTO AL SENTIDO DEL FLUJO.
5. EN TODOS LOS PUNTOS O SALIDA DE AGUA PARA APARATO SANITARIO EL ACCESORIO EMPOTRADO A PARED SERA DE Fe.066.
6. LAS TUBERIAS DE AGUA OJO DIAMETRO NO SE INDICA SERAN 1/2".
7. CONSULTAR ESPECIFICACIONES EN DETALLE EN EL PLIEGO DE MEMORIA DESCRIPTIVA Y ESPECIFICACIONES TECNICAS QUE FORMA PARTE DEL PRESENTE PROYECTO.

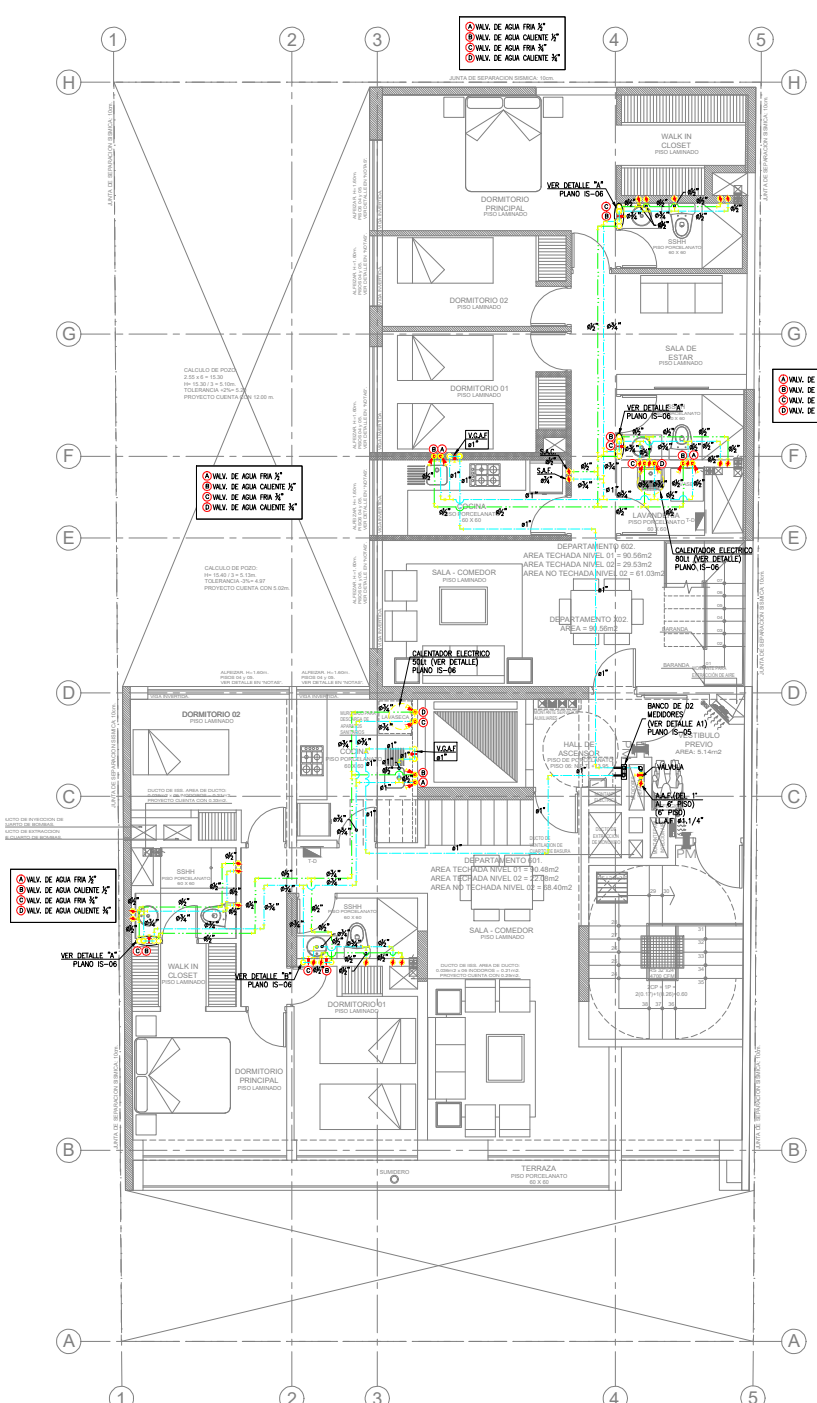
LEYENDA - AGUA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA DE AGUA FRIA
	TUBERIA DE AGUA CALIENTE
	TEE
	CODO 90°
	TEE SUBE
	TEE BAJA
	CODO 90 SUBE
	CODO 90 BAJA
	MEDIDOR DE AGUA
	VALVULA ESFERICA
	CALENADOR ELECTRICO

NOTAS:
 V.A.F.: VALVULA AGUA FRIA
 M.A.C.I.: MONTANTE AGUA CONTRA INCENDIO
 L.A.C.I.: LLEGA Y SUBE AGUA CONTRA INCENDIO
 L.A.C.L.: LLEGA AGUA CONTRA INCENDIO
 S.A.C.I.: SUBE AGUA CONTRA INCENDIO
 L.V.A.C.I.: LLEGA Y DOBLA AGUA CONTRA INCENDIO
 L.V.A.F.: LLEGA AGUA FRIA
 L.A.F.: LLEGA Y DOBLA AGUA FRIA
 G.C.I.: GABINETE AGUA CONTRA INCENDIO
 V.A.C.S.V.P.: VALVULA ANGULAR PARA CUERPO GENERAL BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL PERU.

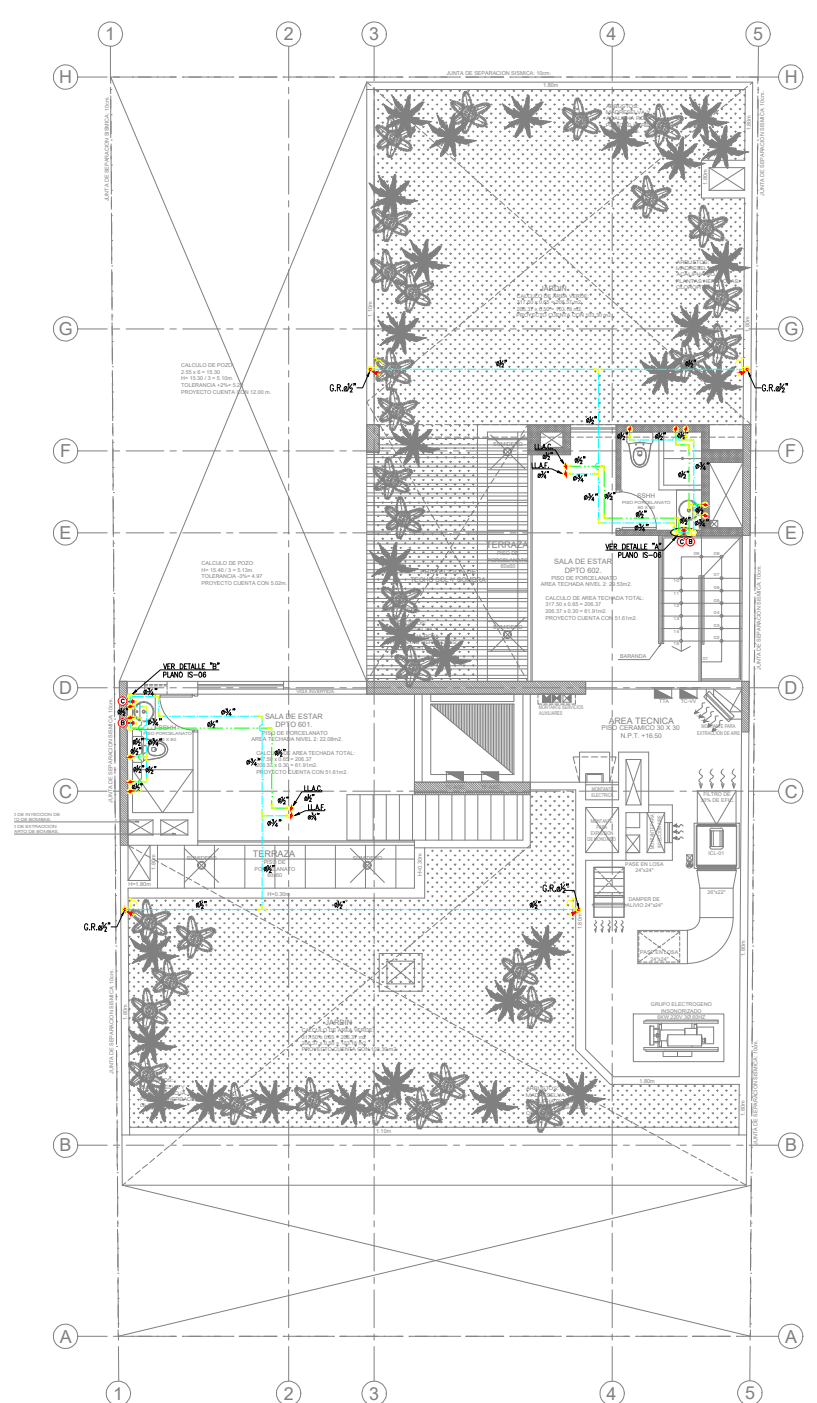
PROYECTO:	EDIFICIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR EDIFICACION SOSTENIBLE. ORD. 595-MSS	ESCALA:	INDICAR
UBICACION:	JR. CERRO RICO MZ. "R", LOTE 09. URB. SAN IGNACIO DE MONTECRICO - LOYOLA, SANTIAGO DE SURCO	FECHA:	OCTUBRE 2021
PLANO:	INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUA PLANTA - SOTANO 01*, SEMISOTANO Y PISO 1*	ESTADO:	ENTREGA PARA REVISION MUNICIPAL
REALIZADOR POR:	BACH. MARCO ANTONIO FRANCO ACHARTE	NUMERO:	IS-03
Consultoria, Proyecto y Supervision:			03/10



AGUA POTABLE - PLANTA PISO 02° AL 05°
ESCALA: 1/50



AGUA POTABLE - PLANTA PISO 06°
ESCALA: 1/50



AGUA POTABLE - PLANTA AZOTEA VERDE
ESCALA: 1/50

LEYENDA - AGUA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA DE AGUA FRIA
	TUBERIA DE AGUA CALIENTE
	TEE
	CODO 90°
	TEE SUBE
	TEE BAJA
	CODO 90° SUBE
	CODO 90° BAJA
	MEDIDOR DE AGUA
	VÁLVULA ESFERICA
	CALENTADOR ELECTRICO

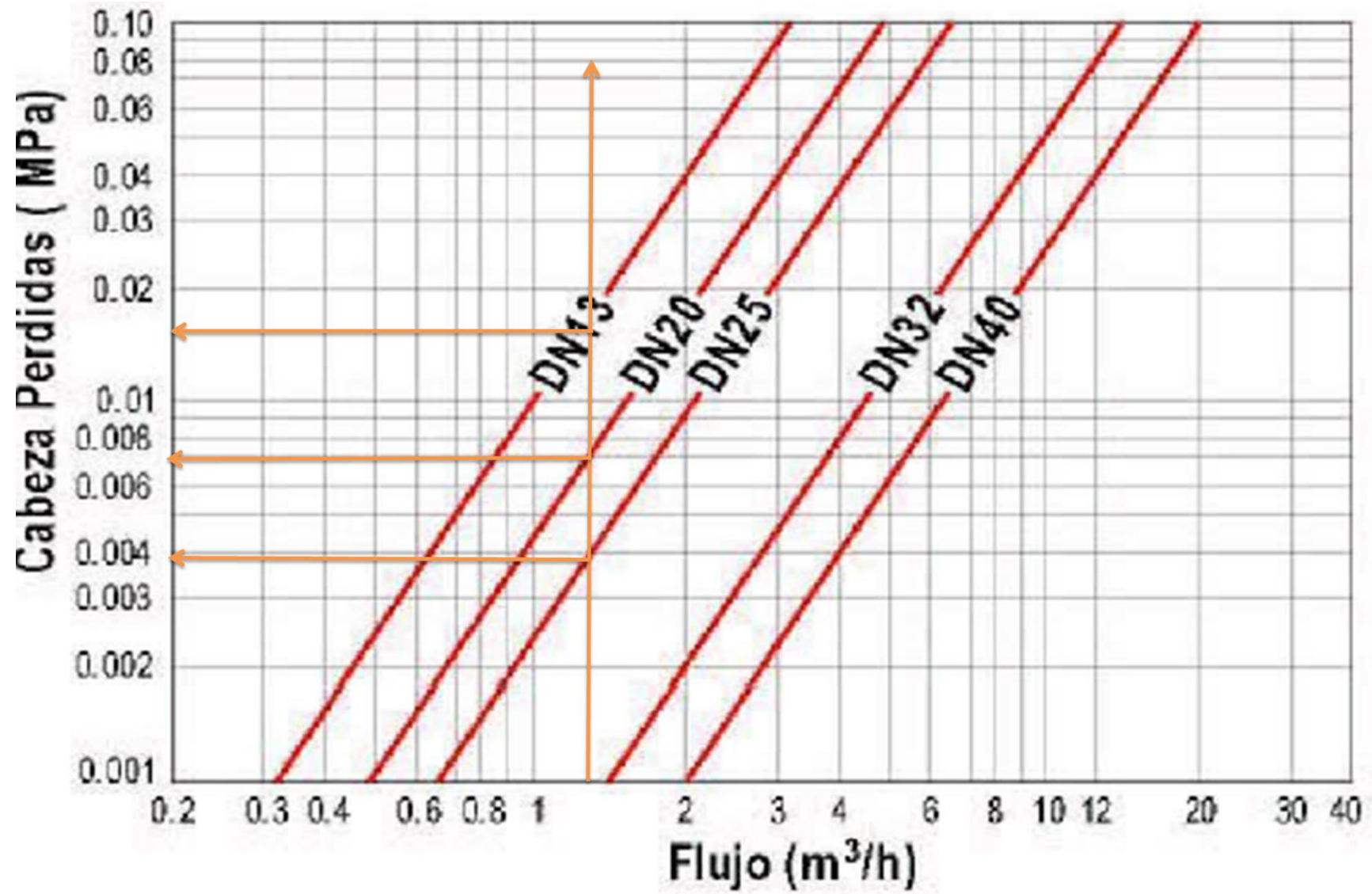
NOTAS:
V.A.F.: VÁLVULA AGUA FRIA
M.A.C.I.: MONTAJE AGUA CONTRA INCENDIO
L.S.A.C.I.: LLEGA Y SUBE AGUA CONTRA INCENDIO
L.L.A.C.I.: LLEGA AGUA CONTRA INCENDIO
S.A.C.I.: SUBE AGUA CONTRA INCENDIO
L.D.A.C.I.: LLEGA Y DORNA AGUA CONTRA INCENDIO
B.D.A.C.I.: BAJA DORNA DE AGUA CONTRA INCENDIO
L.A.F.: LLEGA AGUA FRIA
A.A.F.: ALIMENTADOR DE AGUA FRIA
L.D.A.F.: LLEGA Y DORNA AGUA FRIA
G.C.I.: GABINETE AGUA CONTRA INCENDIO
V.A.C.C.S.V.P.: VÁLVULA ANGULAR PARA CUERPO GENERAL BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL PERU.

ESPECIFICACIONES GENERALES AGUA Y ACI

1. LAS TUBERIAS Y ACCESORIOS DE AGUA FRIA SERAN DE PVC CLASE 10 CON UNION CON PERMUTADO, SALVO EN LOS LUGARES INDICADOS, TALES COMO CUARTO DE BOMBAS DONDE SERAN DE F066, PESADO 150 PSI, DEBE CUMPLIR CON LA NORMA TECNICA PERUANA NTP 399.166.
2. LAS TUBERIAS Y ACCESORIOS DE AGUA CONTRA INCENDIO SERAN DE ACERO SCH-40 (CEDULA 40), UNION ROSCADA HASTA 1 1/2" Y SOLDADA DE 2" A 6".
3. LAS VÁLVULAS DE COMPUESTA SERAN DE BRONCE PARA 150 PSI E IRAN ENTRE UNIONES UNIVERSALES DE PVC, SE USARAN ADAPTADORES, SEGUN DETALLE.
4. EN LA VÁLVULA CHECK SE DEBERA VERIFICAR LA CORRECTA POSICION CON RESPECTO AL SENTIDO DEL FLUJO.
5. EN TODOS LOS PUNTO O SALIDAS DE AGUA PARA APARATO SANITARIO EL ACCESORIO EMPOTRADO A PARED SERA DE F066.
6. LAS TUBERIAS DE AGUA CUYO DIAMETRO NO SE INDICA SERAN 1/2".
7. CONSULTAR ESPECIFICACIONES EN DETALLE EN EL PLEJO DE MEMORIA DESCRIPTIVA Y ESPECIFICACIONES TECNICAS QUE FORMA PARTE DEL PRESENTE PROYECTO.

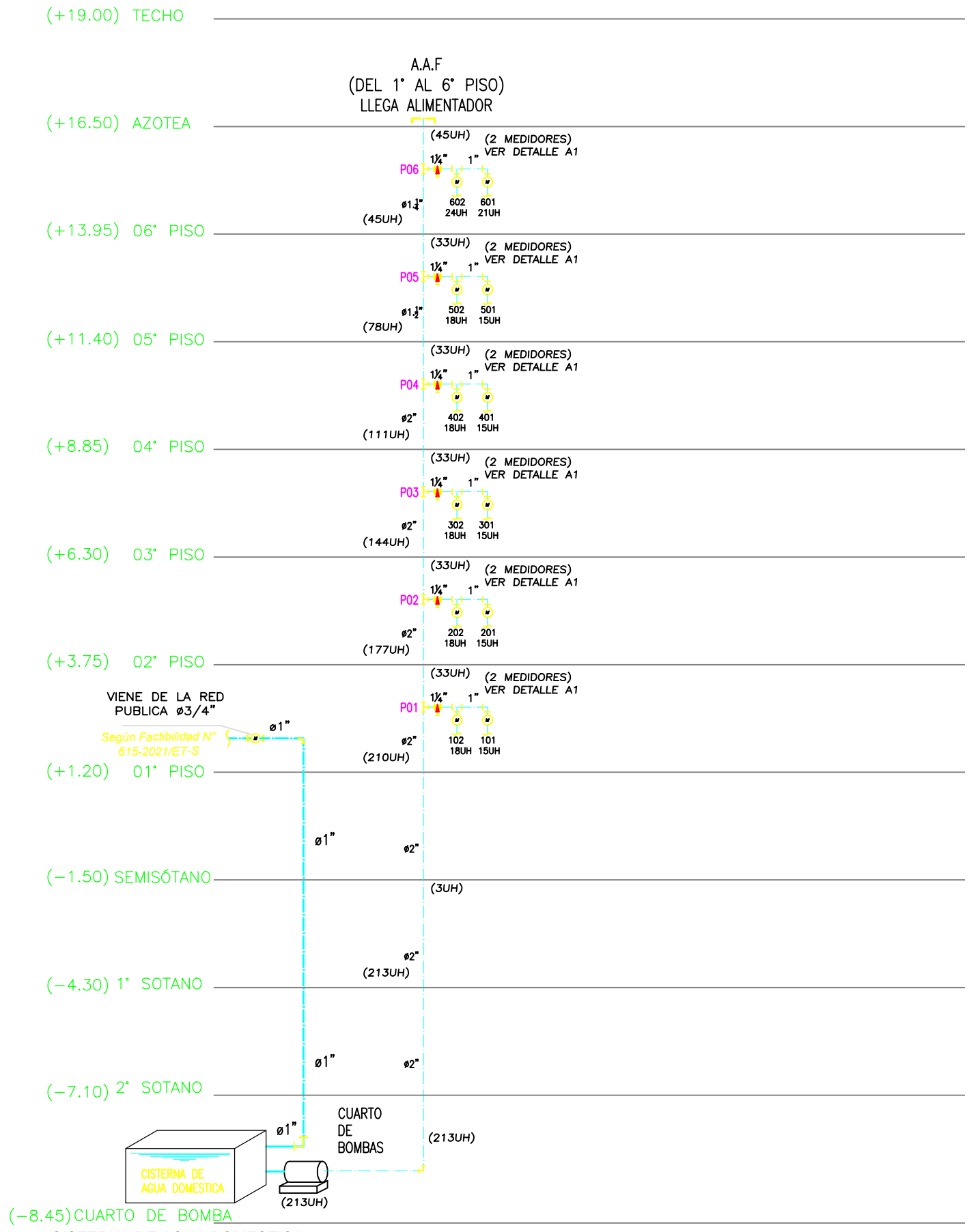
PROYECTO:	EDIFICIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR EDIFICACION SOSTENIBLE. ORD. 595-MSS	ESCALA:	INDICADA
FECHA:		ESTADO:	OCTUBRE 2021
UBICACION:	JR. CERRO RICO MZ. "R", LOTE 09, URB. SAN IGNACIO DE MONTERRICO - LOYOLA, SANTIAGO DE SURCO	ENTREGA PARA:	REGION MUNICIPAL
PLANO:	INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUA PLANTA - PISOS TIPOICOS DEL 02° AL 05°, PISO 06° Y AZOTEA	DEBIDO:	M.F.A.
REALIZADO POR:	BACH MARCO ANTONIO FRANCO ACHARTE	LAMINA:	IS-04
Consultor, Proyecto y Supervision:		NUMERO:	04/10

ANEXO II: ABACO DE **MEDIDORES**



Fuente: HIDROMEDICION, 2012

**ANEXO III: RUTA CRITICA PARA EL
CALCULO HIDRAULICO**

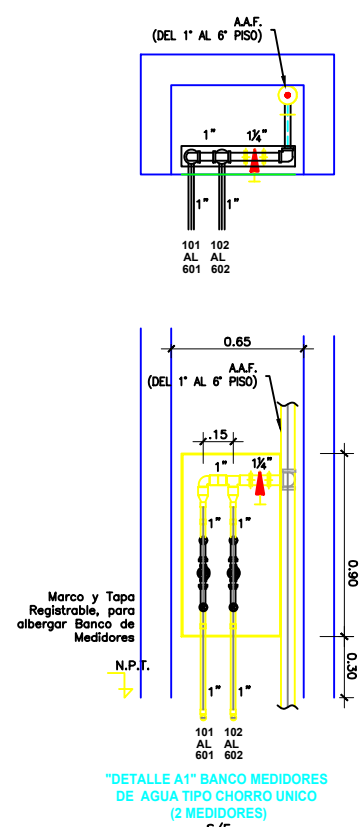


CISTERNA DE AGUA DOMESTICA

Cisterna
 Agua Consumo Doméstico
 Volumen Útil Total = 16.43 m³.
 Área = 10.27 m²
 Altura Útil = 1.60 m
 N.F.C. = -8.45

EQUIPAMIENTO ACD
 Presión Constante Velocidad Variable
 N° Bombas= 03 und. (02 + 01)
 02 Funcionamiento Alternado y 01 stand by
 Q total = 3.00 lps.
 Q c/b = 1.50 lps.
 ADT = 40 m.
 Pot. Aprox. c/b = 1.5 HP

AGUA POTABLE- ESQUEMA DE AGUA
 ESCALA: S/E



PROYECTO:	EDIFICIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR EDIFICACIÓN SOSTENIBLE. ORD. 595-MSS	ESCALA:	INDICADA
UBICACIÓN:	JR. CERRO RICO MZ. "R" LOTE 09, URB. SAN IGNACIO DE MONTERRICO - LOYOLA, SANTIAGO DE SURCO	FECHA:	OCTUBRE 2021
PLANO:	INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUA Y ACI ESQUEMA DE AGUA Y ACI	ESTADO:	ENTREGA PARA REVISIÓN MUNICIPAL
REALIZADO POR:	BACH. MARCO ANTONIO FRANCO ACHARTE	DIBUJO:	M.F.A.
Consultoría, Proyectos y Supervisión		LÁMINA:	IS-05
		NÚMERO:	05 /10