

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



**“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN BANCO HIDRÁULICO
EN CIRCUITO CERRADO PARA EL ESTUDIO DE LAS
PÉRDIDAS DE CARGA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN
HIDRÁULICA. LABORATORIO DE MECÁNICA DE
FLUIDOS Y MÁQUINAS TÉRMICAS FIME – UNAC”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
EN ENERGÍA**

LIRIO FRUCTUOSO HANDY ROLLY

Callao, 2019

PERÚ

ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL MODALIDAD: TESIS SIN CICLO DE TESIS

A los **TRES** días del mes de **DICIEMBRE** del dos mil diecinueve, siendo las **3.00 pm.** se procedió a la instalación del **Jurado de Sustentación de Tesis** en la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (*Resolución N° 002-2019-D-FIME-FE-FEST*), conformado por los siguientes docentes:

- **PRESIDENTE** : **Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO**
- **SECRETARIO** : **Ing. ESTEBAN ANTONIO GUTIERREZ HERVIAS**
- **VOCAL** : **MSc. GUSTAVO ORDÓÑEZ CÁRDENAS**
- **ASESOR** : **Mg. JORGE LUIS ALEJOS ZELAYA**

Con el fin de dar inicio a la **SUSTENTACION DE LA TESIS**, presentada por el señor bachiller de Ingeniería en Energía **LIRIO FRUCTUOSO, Handy Rolly** quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el *Título Profesional* de **INGENIERO EN ENERGÍA**, sustentará la Tesis titulada: **"DISEÑO y FABRICACIÓN DE UN BANCO HIDRÁULICO EN CIRCUITO CERRADO PARA EL ESTUDIO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA. LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS y MÁQUINAS TÉRMICAS FIME - UNAC"**.

Con el quórum reglamentario de Ley se dio inicio a la Sustentación de Tesis de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente, luego de las preguntas formuladas y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó dar por Aprobado con el calificativo de CATORCE, al señor bachiller de Ingeniería en Energía **LIRIO FRUCTUOSO, Handy Rolly**.

Con lo que se dio por cerrada la sesión a las 4:20 del día 03 de Diciembre del 2019.


Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO
PRESIDENTE


MSc. GUSTAVO ORDÓÑEZ CÁRDENAS
VOCAL


Ing. ESTEBAN ANTONIO GUTIERREZ HERVIAS
SECRETARIO


Mg. JORGE LUIS ALEJOS ZELAYA
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres: Antonieta y Eusebio

Por su comprensión, amor, apoyo y esfuerzo en estos años, porque me enseñaron a ser perseverante y decidido en la vida, para perseguir mis objetivos y llegar hacer el profesional que me he convertido hoy, a ustedes se los dedico.

AGRADECIMIENTO

A Dios

Por guiarme a lo largo de mi camino en esta vida y bendecirme con sabiduría para afrontar momentos de debilidad y angustias.

A mi universidad

Porque que me formo en la vida profesional, brindándome la educación ingenieril necesaria en conjunto con mis profesores que hicieron posible mediante sus sabias enseñanzas, la materialización de la presente investigación y el cumplimiento de este sueño, a ustedes les doy las gracias.

ÍNDICE

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1 Descripción de la realidad problemática	11
1.2 Formulación del problema	11
1.2.1 Problema General	11
1.2.2 Problemas Específicos	11
1.3 Objetivos	12
1.3.1 Objetivo General	12
1.3.2 Objetivos Específicos	12
1.4 Límites de investigación	13
II. MARCO TEÓRICO	14
2.1 Antecedentes	14
2.1.1 Internacional	14
2.1.2 Nacional	15
2.2 Bases teóricas	16
2.3 Conceptual	31
2.4 Definición de términos básicos	33
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	36
3.1 Hipótesis	36
3.1.1 Hipótesis General	36
3.1.2 Hipótesis Específicos	36
3.2 Definición Conceptual de variables	36
3.2.1 Operacionalización de variable	38

IV. DISEÑO METODOLÓGICO.....	39
4.1 Tipo y diseño de la investigación	39
4.2 Método de investigación	39
4.3 Población y muestra	39
4.4 Lugar de estudio	39
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información ..	40
4.6 Análisis y procesamiento de datos	40
V. RESULTADOS.....	87
5.1 Resultados descriptivos	87
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	108
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	108
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares	109
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
ANEXOS	116

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 3.1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE	38
TABLA N° 4.1: COEFICIENTE DE RESISTENCIA K DE LOS ACCESORIOS	49
TABLA N° 4.2: FICHA TÉCNICA DE ELECTROBOMBA CENTRIFUGA HUMBOLDT XCm 146	52
TABLA N° 4.3: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TUBERÍA GALVANIZADA SERIE LIVIANA II	58
TABLA N° 4.4: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TUBERÍA RÍGIDA DE COBRE TIPO M	60
TABLA N° 4.5: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TUBERÍA RÍGIDA DE COBRE TIPO L	60
TABLA N° 4.6: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TUBERÍA RÍGIDA DE COBRE TIPO K	61
TABLA N° 4.7: TUBERÍA DE SUCCIÓN Y DESCARGA.....	62
TABLA N° 4.8: TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE LAS LÍNEAS DE PRUEBA DEL BANCO HIDRÁULICO	64
TABLA N° 4.9: DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 1	76
TABLA N° 4.10: DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 2.....	76
TABLA N° 4.11: DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 3.....	77
TABLA N° 4.12: DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 4.....	77
TABLA N° 4.13: DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 5	78
TABLA N° 4.14: DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 6.....	78
TABLA N° 4.15: DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 7.....	79
TABLA N° 4.16: DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 8.....	79
TABLA N° 5.1: PERDIDA DE CARGA DEL CODO DE 90° RECTO DE ½" - LÍNEA N° 1.....	87
TABLA N° 5.2: PERDIDA DE CARGA DEL CODO DE 90° LARGO DE ½" - LÍNEA N° 1.....	88
TABLA N° 5.3: COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, CODO RECTO Vs CODO LARGO LÍNEA N° 1.....	89

TABLA N° 5.4: PERDIDA DE CARGA VÁLVULA CHECK DE ½"- LÍNEA N° 2	91
TABLA N° 5.5: PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA DE ½" - LÍNEA N° 2.....	92
TABLA N° 5.6: PERDIDA DE CARGA DE LA VÁLVULA DE COMPUERTA DE ½"- LÍNEA N° 2.....	93
TABLA N° 5.7: COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, CODO RECTO Vs CODO LARGO LÍNEA N° 1.....	94
TABLA N° 5.8: PERDIDA DE CARGA VÁLVULA DE BOLA DE ½"- LÍNEA N° 3.....	95
TABLA N° 5.9: COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, CODO RECTO Vs CODO LARGO LÍNEA N° 1.....	96
TABLA N° 5.10: PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA DE ¾" - LÍNEA N° 4.....	98
TABLA N° 5.11: PERDIDA DE CARGA DE UNA AMPLIACIÓN DE ¾" A 1" - LÍNEA N° 5	99
TABLA N° 5.12: PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA DE 1" - LÍNEA N° 5.....	100
TABLA N° 5.13: PERDIDA DE CARGA DE UNA REDUCCIÓN DE 1" A ¾" - LÍNEA N° 5	101
TABLA N° 5.14: COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, REDUCCIÓN Vs AMPLIACIÓN - LÍNEA N° 5.....	102
TABLA N° 5.15: PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE COBRE DE 5/8" - LÍNEA N° 6.....	104
TABLA N° 5.16: PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE BRONCE DE 1/2" - LÍNEA N° 7.....	105
TABLA N° 5.17: PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE BRONCE Vs COBRE - LÍNEA N° 6 y 7.....	106
TABLA N° 5.18: PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA ASOCIADA EN PARALELO DE 1/2" - LÍNEA N° 8	107

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO N° 4.1: ESQUEMA PRELIMINAR DEL BANCO HIDRÁULICO	41
GRAFICO N° 4.2: ESQUEMA PRELIMINAR DEL BANCO HIDRÁULICO	45
GRAFICO N° 4.3: FACTOR DE FRICCIÓN MEDIANTE EL DIAGRAMA DE MOODY	47
GRAFICO N° 4.4: COEFICIENTE DE RESISTENCIA K: CODO, TEE, VÁLVULA DE GLOBO	48
GRAFICO N° 4.5: COEFICIENTE DE RESISTENCIA K: PARA CONTRACCIÓN ...	48
GRAFICO N° 4.6: CURVA CARACTERÍSTICA CARGA CAPACIDAD DE BOMBA HUMBOLDT X _{Cm} 146.....	51
GRAFICO N° 4.7: CODO ROSCADO DE 90° GALVANIZADO DE 1"	53
GRAFICO N° 4.8: REDUCCIÓN DE TUBERÍA ROSCADA DE 1" A ¾"	53
GRAFICO N° 4.9: CONEXIÓN TEE DE TUBERÍA ROSCADA DE ¾" a ¾"	54
GRAFICO N° 4.10: VÁLVULA DE GLOBO PARA TUBERÍA ROSCADA DE 1"	54
GRAFICO N° 4.11: VÁLVULA DE BOLA, COMPUERTA Y DE COMPUERTA PARA TUBERÍA ROSCADA DE ½"	55
GRAFICO N° 4.12: ABRAZADERA Y GRAPAS METALICAS.....	55
GRAFICO N° 4.13: DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 1	66
GRAFICO N° 4.14: LÍNEA DE PRUEBA N° 1 PARA CODOS DE 90° DE ½"	67
GRAFICO N° 4.15: DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 2	67
GRAFICO N° 4.16: LÍNEA DE PRUEBA N° 2 PARA VÁLVULA DE COMPUERTA Y VÁLVULA CHECK DE ½" DE MATERIAL DE BRONCE	67
GRAFICO N° 4.17: DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 3	68
GRAFICO N° 4.18: LÍNEA DE PRUEBA N° 3 PARA VÁLVULA DE BOLA DE ½"	68
GRAFICO N° 4.19: DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 4	69
GRAFICO N° 4.20: LÍNEA DE PRUEBA N° 4 PARA TUBERÍA GALVANIZADA RECTA DE ¾", UNA AMPLIACIÓN DE ½" A ¾" Y UNA REDUCCIÓN DE ¾" A ½"	69
GRAFICO N° 4.21: DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 5	69

GRAFICO N° 4.22: LÍNEA DE PRUEBA N° 5 PARA TUBERÍA GALVANIZADA RECTA DE 1", UNA AMPLIACIÓN DE ¾" A 1" Y UNA REDUCCIÓN DE 1" A ¾"	70
GRAFICO N° 4.23: DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 6	70
GRAFICO N° 4.24: LÍNEA DE PRUEBA N° 6 PARA TUBERÍA DE COBRE RÍGIDO TIPO L DE 5/8" DE DIÁMETRO	70
GRAFICO N° 4.25: DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 7	71
GRAFICO N° 4.26: LÍNEA DE PRUEBA N° 7 PARA TUBERÍA DE BRONCE DE ½" DE DIÁMETRO	71
GRAFICO N° 4.27: LÍNEA DE PRUEBA N° 8 PARA TUBERÍA EN PARALELO DE ACERO GALVANIZADO DE ½" DE DIÁMETRO	71
GRAFICO N° 4.28: DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 8	72
GRAFICO N° 4.29: RED DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA	72
GRAFICO N° 4.30: ESQUEMA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA	80
GRAFICO N° 4.31: UNIONES DE SOLDADURA EN FILETE – ESTRUCTURA PARA LÍNEAS DE PRUEBA	81
GRAFICO N° 4.32: UNIONES DE SOLDADURA EN FILETE – ESTRUCTURA PARA TANQUE RESERVORIO	82
GRAFICO N° 4.33: CAÍDA DE PRESIÓN EN UN TRAMO DE TUBERÍA	83
GRAFICO N° 4.34: CAÍDA DE PRESIÓN EN UN ACCESORIO DE TUBERÍA TIPO VÁLVULA	84
GRAFICO N° 4.35: CAÍDA DE PRESIÓN EN UN ACCESORIO DE TUBERÍA TIPO CODO	85
GRAFICO N° 4.36: CAÍDA DE PRESIÓN EN UN ACCESORIO DE TUBERÍA TIPO CODO	86
GRAFICO N° 5.1: PERDIDA DE CARGA CODO 90° RECTO DE ½"-LÍNEA N° 1 ...	88
GRAFICO N° 5.2: PERDIDA DE CARGA CODO 90° LARGO DE ½"-LÍNEA N° 1 ...	89
GRAFICO N° 5.3: COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, CODO RECTO Vs CODO LARGO	90
GRAFICO N° 5.4: PERDIDA DE CARGA VÁLVULA CHECK DE ½"-LÍNEA N° 2	91
GRAFICO N° 5.5: PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA DE ½" - LÍNEA N° 2.....	92

GRAFICO N° 5.6: PERDIDA DE CARGA DE LA VÁLVULA DE COMPUERTA DE ½"- LÍNEA N° 2.....	93
GRAFICO N° 5.7: COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, CODO RECTO Vs CODO LARGO	94
GRAFICO N° 5.8: PERDIDA DE CARGA DE LA VÁLVULA BOLA DE ½"- LÍNEA N°3	96
GRAFICO N° 5.9: COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, VÁLVULA DE BOLA Vs VÁLVULA DE COMPUERTA Vs VÁLVULA CHECK – LÍNEA 2 y 33	97
GRAFICO N° 5.10: PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA DE ¾" - LÍNEA N° 4.....	98
GRAFICO N° 5.11: PERDIDA DE CARGA DE UNA AMPLIACIÓN DE ¾" A 1" - LÍNEA N° 5.....	99
GRAFICO N° 5.12: PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA DE 1" - LÍNEA N° 5.....	100
GRAFICO N° 5.13: PERDIDA DE CARGA DE UNA REDUCCIÓN DE 1" A ¾" - LÍNEA N° 5.....	101
GRAFICO N° 5.14: COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, REDUCCIÓN Vs AMPLIACIÓN - LÍNEA N° 5	102
GRAFICO N° 5.15: COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, TUBERÍA GALVANIZADA DE 1/2" Vs 3/4" Vs 1" - LÍNEA N° 2, N° 4, N° 5....	103
GRAFICO N° 5.16: PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE COBRE DE 5/8" - LÍNEA N° 6.....	104
GRAFICO N° 5.17: PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE BRONCE DE 1/2" - LÍNEA N° 7.....	105
GRAFICO N° 5.18: PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE BRONCE Vs COBRE - LÍNEA N° 6 y 7.....	106
GRAFICO N° 5.19: PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA ASOCIADA EN PARALELO DE 1/2" - LÍNEA N° 8.....	107

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Diseño y Fabricación de un Banco Hidráulico en Circuito Cerrado para el Estudio de las Pérdidas de Carga en Redes de Distribución Hidráulica. Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas FIME – UNAC”, tuvo como propósito de implementar a la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao con un módulo experimental para realizar estudios respecto a las pérdidas de energía en tuberías, accesorios y redes de distribución sometidas a presión, para ello fue necesario procesar información documental sobre los tratados de la mecánica de fluidos incompresibles, con la finalidad de realizar cálculos hidráulicos que permitan el dimensionamiento de la unidad y la selección de los accesorios de la red hidráulica, para luego proceder a la fabricación, la cual se realizó mediante el procesamiento de los resultados de la etapa de diseño, procediendo con la construcción de la estructura de soporte del banco, la bandeja y posteriormente con el armado y conexionado de tuberías, válvulas y demás accesorios, para finalmente poner el equipo en funcionamiento y realizar un análisis y procesamiento de los datos de prueba para pérdidas primarias y secundarias.

El tipo de investigación es del tipo tecnológica con un Diseño no Experimental ya que es un estudio en donde no se realiza la manipulación deliberada de las variables. El Método utilizado es el inductivo, por otro lado la presente investigación consideró como población a los módulos experimentales existentes en otras instituciones de educación superior y antecedentes de la problemática en el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica sometidas a presión, tomando como muestra al banco hidráulico diseñado y fabricado, y la técnica utilizada fue la documental, con la cual se pudo recabar información formada por documentos de diferentes tipos: libros, tesis donde puedan existir antecedentes del problema objeto de estudio.

Palabras claves: Diseño, Fabricación, Banco Hidráulico, Pérdidas de Carga, Redes de Distribución, Modulo Experimental.

ABSTRACT

This research work entitled "Design and Manufacture of a Hydraulic Bank in Closed Circuit for the Study of Load Losses in Hydraulic Distribution Networks". Laboratory of Fluid Mechanics and Thermal Machines FIME - UNAC ", had the purpose of implementing the Faculty of Mechanical and Energy Engineering of the National University of Callao with an experimental module to conduct studies related to energy losses in the network, accessories and redistribution of the situation. along which the information on the subject of the mechanics of incompressible fluids has been made, in order to perform the hydraulic results, as well as the dimensioning of the unit and the selection of the accessories of the hydraulic network, to then continue with the manufacturing, which has been achieved by processing the results of the design stage, the procedure of the construction of the structure of the support of the bank, the tray and the replacement of the operation, the valves and the others Accessories, to finally put the equipment into operation and perform it. Analysis and processing of test data for primary and secondary losses.

The type of research is of the technological type with a Non-Experimental Design since it is a study where the deliberate manipulation of the variables is not carried out. The method used is the inductive, on the other hand the present investigation considered as a population the experimental modules existing in other institutions of higher education and background of the problem in the study of pressure losses in hydraulic distribution networks under pressure, taking as shown to the hydraulic bank designed and manufactured, and the technique used was the documentary, with which information could be collected consisting of documents of different types: books, thesis where there may be background information on the problem under study.

Keywords: Design, Manufacturing, Hydraulic Bank, Load Losses, Distribution Networks, Experimental Module.

INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ingeniería Mecánica de Energía de la Universidad Nacional del Callao, busca formar estudiantes con capacidades para diseñar, ejecutar y administrar proyectos relacionados con obras hidráulicas, es así que la presente investigación titulada **“Diseño y Fabricación de un Banco Hidráulico en Circuito Cerrado para el Estudio de las Perdidas de Carga en Redes de Distribución Hidráulica. Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas FIME – UNAC”**, tiene como fin diseñar y fabricar un banco hidráulico para poder realizar estudios experimentales y con ello fortalecer el aprendizaje del comportamiento del flujo interno en la Mecánica de Fluidos incompresibles, analizando las pérdidas de presión por fricción y rugosidad existentes en tuberías de bronce, cobre y fierro galvanizado; conexas en serie y paralelo. Esta investigación es del tipo Tecnológica con un diseño no experimental, para lo cual se utilizará el método inductivo ya que se utilizará el razonamiento lógico frente a hechos o tratados particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones cuya aplicación sea de carácter general.

Así mismo la presente investigación se desarrollará en forma ordenada y sistematizada, comenzando por el diseño de la unidad experimental, para luego realizar los cálculos hidráulicos que permitirá realizar el dimensionamiento y selección de los componentes del banco hidráulico, continuando con la etapa de fabricación, el cual consistirá en el mecanizado de las tuberías a fin de que pueda ser ensamblado de acuerdo a las dimensiones establecidas en la etapa anterior, para finalmente realizar el estudio de las pérdidas de carga mediante una corrida de datos, los cuales permitirán analizar los coeficientes de fricción de forma experimental, beneficiando de esta manera a los estudiantes de esta casa de estudios.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

A través del tiempo las experiencias realizadas en los laboratorios de toda institución educativa han tenido una función complementaria, debido a que fortalecen y refuerzan las bases teóricas de las materias impartidas en clase, por lo que estos deberían estar a la par con la estructura del curso a tratar, de tal forma que mejore la formación de los futuros profesionales que aportaran al crecimiento de nuestro país, así mismo parte de los ensayos experimentales realizados en la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, son realizados en el laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas, en donde se realizan los ensayos del laboratorio del curso de Mecánica de Fluidos, el cual actualmente no se encuentra adecuadamente implementado, ya que no cuenta con todos los ensayos completos, como por ejemplo el ensayo de pérdida de cargas en un banco hidráulico en serie y paralelo con sus respectivos accesorios, por lo que la facultad regularmente solo realiza el ensayo de pérdidas en una tubería con una válvula. En otras palabras, el diseño y la implementación del banco permitirá realizar estudios de las pérdidas de resistencia y forma en una red de distribución hidráulica de flujos internos sometido a presión, a fin de fortalecer los conocimientos teóricos-prácticos impartidos en la asignatura de Mecánica de Fluidos en el capítulo de flujo interno.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo diseñar y fabricar un banco hidráulico en circuito cerrado para el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas de la FIME – UNAC?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo determinar los cálculos hidráulicos en la unidad de instrucción experimental, que permitan evaluar la caída de presión en las tuberías

y accesorios, a fin de dimensionar la red de distribución hidráulica y el tanque principal de alimentación de la sustancia operante?

- ¿Qué accesorios y dimensiones deberá tener la red de distribución hidráulica, a fin de permitir la fabricación de un banco hidráulico en circuito cerrado para el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica?
- ¿Cómo fabricar un banco hidráulico en circuito cerrado que permita el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica?
- ¿Qué datos de pruebas experimentales serán necesarios determinar en un banco hidráulico en circuito cerrado, a fin de analizar las pérdidas de carga en las tuberías de la red de distribución hidráulica?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar y fabricar un banco hidráulico en circuito cerrado para el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas de la FIME – UNAC.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar los cálculos hidráulicos en la unidad de instrucción experimental, que permitan evaluar la caída de presión en las tuberías y accesorios, a fin de dimensionar la red de distribución hidráulica y el tanque principal de alimentación de la sustancia operante.
- Seleccionar los accesorios y dimensionar la red de distribución hidráulica, a fin de permitir la fabricación del banco hidráulico en circuito cerrado para el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica.
- Fabricar un banco hidráulico en circuito cerrado que permita el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica.

- Recopilar los datos de prueba experimentalmente en un banco hidráulico en circuito cerrado, a fin de analizar las pérdidas de carga en las tuberías de la red de distribución hidráulica.

1.4 Límites de investigación

Teórica

La presente investigación está limitada bajo las teorías de la Mecánica de Fluidos, teniendo como sustancia operante al agua, así mismo la presión a la que estará sometida será no mayor a los 30 metros columna de agua.

Temporal

La presente investigación está condicionada por un límite de tiempo, con el fin de satisfacer las necesidades actuales del laboratorio y por ende beneficiar a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, además que el diseño y fabricación se basa en los costos de materiales del mercado actual.

Espacial

La presente investigación tiene una limitante espacial, debido a que dependerá únicamente del espacio disponible que cuente y designe el coordinador de laboratorio de Mecánica de Fluidos y Máquinas Térmicas de la FIME – UNAC.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

De acuerdo a Vara (2015). Los antecedentes consisten en el apoyo de otros estudios realizados anteriormente sobre el tema que se está investigando, siendo esta una revisión crítica, con la finalidad de comparar y confrontar sus procedimientos y resultados y de esta manera nutrir la presente investigación.

La presente investigación tomará como referencia algunas tesis Internacionales, así como Nacionales, tales como:

2.1.1 Internacional

- Quiroga (2010) en su tesis titulada “**Construcción y Montaje del Banco de Evaluación de Pérdidas de Energía en un Sistema de Transporte de Fluidos para el Laboratorio de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos Adscrito a la Escuela de Ingeniería Mecánica**”, para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico, en la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga – Colombia, tuvo como objetivo la implementación un banco de pruebas cuyo diseño permita estudiar las pérdidas de energía y verificar los comportamientos hidráulicos de las tuberías sometidas a presión, por lo que realizo pruebas en tuberías de acero inoxidable de $\frac{3}{4}$ ”, $\frac{1}{2}$ ” y en tuberías de acero galvanizado de $\frac{1}{2}$ ”.

Finalmente concluyo que por la construcción del banco de pruebas permite el estudio del flujo fluido al variar parámetros de caudal, diámetro interior, rugosidad del material, tipo de accesorio y longitud de tubería.

- Lara y Velásquez (2011) en su tesis titulada “**Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para la Medición de Caudal y Caída de Presión en Tuberías Paralelas**”, para optar el título de Ingeniero Mecánico, en la Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias – Colombia, tuvo como objetivo visualizar el comportamiento de fluidos en las redes de tuberías paralelas con diferentes materiales y

analizar las pérdidas en diferentes tipos de accesorios, para lo cual fabricaron 2 bancos de prueba de PVC y fierro galvanizado para visualizar el comportamiento de ambas tuberías cuando se emplean simultáneamente.

Finalmente se concluyó que en el momento que ambos bancos de prueba fluctúan en un rango de un número de Reynolds mayor a 4000 los bancos se encuentran en estado turbulento por presentar un movimiento desordenado, no estacionario y tridimensional.

- Yambombo (2012) en su tesis titulada **“Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para Ensayos de Pérdida de Carga en Tuberías y Accesorios”**, para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Central de Ecuador, Quito - Ecuador, tuvo como objetivo principal el diseño e implementación del banco de pruebas haciendo uso de análisis de cálculo hidráulico, análisis de costos y pautas para la implementación, dicho banco está conformado por cuatro líneas de tuberías, más un línea que contiene distintos accesorios colocados en serie, así mismo las líneas de tubería fueron configuradas en paralelo y de diferente material.

Finalmente concluye que con la implementación del banco de pruebas se logró realizar un estudio de las pérdidas por fricción de forma experimental, en donde se pudo observar que las pérdidas por fricción de tubería (h_f) depende del material, el estado (nueva, usada o muy usada), la longitud, el diámetro de la tubería y la velocidad de flujo de agua que circula en su interior y la geometría utilizada.

2.1.2 Nacional

- Poma (2015) en su tesis titulada **“Diseño y Construcción de un Banco de Ensayo para el Estudio de Pérdidas de Carga por Fricción y Singularidad”**, para optar el título de ingeniero Agrícola en la Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima - Perú, tuvo como objetivo construir un banco de pruebas hidráulico para analizar las pérdidas de

carga en accesorios de control y conducción fabricados en PVC y Polipropileno, desarrollando esta investigación en dos fases: fases de laboratorio y de fase de gabinete, en la fase de laboratorio se realizó el diseño y construcción del banco de pruebas, en la fase de gabinete se procesó la información obtenida en el laboratorio.

Finalmente, la investigación concluye que las pérdidas de carga se incrementan progresivamente al aumentar caudal, ya sea por fricción o singularidad, además concluyo que las pérdidas de carga son mayores en los accesorios tipo expansión comparado con los de tipo reducción.

- Pasco (2016) en su tesis titulada ***“Análisis de las Pérdidas de Energía por Fricción y Accesorios en Tuberías HDPE de uso común en Cajamarca, 2016”***, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Privada del Norte Cajamarca – Perú, tuvo como propósito de analizar las pérdidas de energía mediante la implementación de un banco de pruebas de pérdidas de carga con tuberías de HDPE, para diámetros de 1/2", 3/4", 1" y 1 ½" y accesorios tales como codos de 90°, ampliaciones, reductores, afín de comparar su variación respecto a las pérdidas de energía.

Finalmente, la investigación concluye que las mayores variaciones de pérdida de energía se encuentran al analizar a la tubería de 1/2" y las de menor pérdida de energía se encuentra en las tuberías de 1 ½".

2.2 Bases teóricas

Las bases teóricas son elementos que permite sustentar el camino a seguir en todo trabajo científico de una investigación, ya que basándose en estos se inicia, continua y se extraen la teoría que permiten respaldar la tesis, es por esto que para el desarrollo de la presente investigación fue necesaria la aplicación de las teorías del comportamiento del flujo interno en los tratados de la Mecánica de Fluidos incompresibles, debido a que estudia las leyes del movimiento de los fluidos y sus procesos de interacción con los cuerpos sólidos, como es el caso de un banco hidráulico a diseñar.

Así mismo el estudio de este fenómeno, se encuentra ubicado dentro de las teorías de la Mecánica de Fluidos, tanto en la hidrodinámica que estudia a los fluidos en movimiento, así como la hidrostática que nos da un soporte para entender las líneas de energía en tubos piezómetros, por lo que fue necesario será necesario contar con sólidos conocimientos de:

- La hidrostática debido a que estudia el agua y otros fluidos incompresibles en condiciones estáticas. El manómetro diferencial para la toma de datos y para el tanque de nuestra red hidráulica el fluido estará en condiciones estáticas.
- La hidrodinámica debido a que estudia el agua y otros fluidos incompresibles en movimiento. En nuestra red hidráulica el fluido a estudiar estará en movimiento para poder hallar las pérdidas en las tuberías y sus accesorios.
- Las teorías de pérdidas de carga por fricción debido al rozamiento del fluido con las paredes de la tubería en la red hidráulica, así mismo se aplicará la ecuación de Darcy – Weisbach para calcular la pérdida de carga por fricción en secciones rectilíneas y largas de tubos redondos, tanto para flujo laminar como turbulento, también usaremos el diagrama de Moody para hallar el coeficiente de fricción.

Hidrostática

De acuerdo a AZEVEDO (1975), la Hidrostática estudia las propiedades de los líquidos en reposo. Dentro de los cuales se encuentran los siguientes:

Presión

Según (L. MOTT, 2006) la presión se define como la cantidad de fuerza que se ejerce sobre una unidad de área de una sustancia, o sobre una superficie. Se enuncia por medio de la ecuación:

$$P_{Lim \Delta A \rightarrow 0} = \frac{\Delta F}{\Delta A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dónde:

$F = \text{Fuerza (kg} \cdot \text{m/s}^2\text{)}.$

$A = \text{Área (m}^2\text{)}.$

$P = \text{Presión (kg/m} \cdot \text{s}^2 \text{ o Pa) esfuerzo normal}.$

Medición de la presión

Al hacer cálculos que involucren la presión de un fluido se deben efectuar en relación con alguna presión de referencia. Es normal que la atmosfera sea la presión de referencia. Así, la presión que arroja la medición del fluido se llama presión manométrica. La presión que se mide en relación con un vacío perfecto se denomina presión absoluta.

Tiene importancia extrema que se conozca la diferencia entre dos maneras de medir la presión, para poder convertir una en la otra.

Una ecuación que relaciona los dos sistemas de medición de la presión es:

$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dónde:

P_{abs} : Presión absoluta (Pa).

P_{man} : Presión manométrica (Pa).

P_{atm} : Presión atmosférica (Pa).

Hidrodinámica

De acuerdo a AZEVEDO (1975), la Hidrodinámica es la parte de la física que estudia a los fluidos en movimiento. El estudio del movimiento de los fluidos llamado también flujo, se puede realizar a través de la dinámica como también de la energía que estos tienen en su movimiento, el cual dependiendo de sus características puede clasificarse en:

- **Flujo estacionario y no estacionario**

De acuerdo a Cengel y Cimbala (2006), afirma que el flujo estacionario se da cuando no se experimenta cambios en un punto con respecto al

tiempo, esto quiere decir que no habrá cambios en las propiedades del flujo y del fluido o que permanecen constantes en un punto dado en el espacio con respecto al tiempo, definiéndose matemáticamente, como:

$$\frac{\delta V}{\delta t} = 0 ; \quad \frac{\delta \rho}{\delta t} = 0 ; \quad \frac{\delta P}{\delta t} = 0 ; \quad \frac{\delta T}{\delta t} = 0 \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Por el contrario, el flujo es no permanente cuando las propiedades del flujo cambian en cualquier punto con respecto al tiempo, definiéndose matemáticamente de la siguiente manera:

$$\frac{\delta V}{\delta t} \neq 0 ; \quad \frac{\delta \rho}{\delta t} \neq 0 ; \quad \frac{\delta P}{\delta t} \neq 0 ; \quad \frac{\delta T}{\delta t} \neq 0 \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

- **Flujo uniforme y no uniforme**

Se dice que un flujo es uniforme cuando en cualquier punto del fluido el vector velocidad es constante, es decir que modulo, la dirección y el sentido en un instante dado es constante, por consiguiente, las líneas de corriente que describen este flujo deben ser rectas paralelas. Pudiéndose expresar matemáticamente de la siguiente manera:

$$\frac{\partial V}{\partial T} = 0 \text{ (Flujo uniforme) } \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\frac{\partial V}{\partial T} \neq 0 \text{ (Flujo no uniforme) } \dots\dots\dots(2.6)$$

- **Flujo viscoso y no viscoso**

Un flujo viscoso es aquel flujo en donde los efectos de fricción producto de la viscosidad son significativos y no pueden despreciarse, de acuerdo a Cengel y Cimbala (2006) no existen fluidos con viscosidad nula, por lo que todos los flujos de fluidos tienen efectos viscosos en cierto grado, sin embargo, aquellos en donde las fuerzas viscosas son pequeñas en relación a las de presión o de inercia, son llamados no viscosos, por lo que un flujo no viscoso es aquel en donde los efectos de la viscosidad y por ende la fricción no son significativos.

- **Flujo: Laminar y Turbulento**

El flujo viscoso se puede clasificar como:

- a) **Flujo Laminar.-** Es un flujo que se mueve de manera ordenada en donde las capas de un fluido se mueven unas sobre otras, por lo que no existe mezcla significativa de partículas de fluido de las capas vecinas.
- b) **Flujo Turbulento.-** Es un flujo que se mueve de forma desordenada o caótica, que comúnmente se presenta en velocidades altas, entrecruzándose con las partículas de fluido vecinas y por ende formando pequeños remolinos, así mismo se denomina flujo transitorio al pasó de un flujo laminar a un flujo turbulento.

El movimiento de un fluido se puede estudiar al poner atención en un punto de una línea de corriente en un instante t , especificando en este punto la densidad, la velocidad y la presión del fluido.

Líneas y tubos de corriente

Según Cengel y Cimbala (2006) una línea de corriente es la trayectoria de un fluido en movimiento trazado por una línea curva continua, la cual es tangente al vector velocidad, teniendo como propiedad de no ser atravesadas o intersectarse por otras partículas del fluido, en otras palabras las líneas de corriente no se cruzan.

Por otra parte, los tubos de corriente están conformados por un haz de líneas de corriente y por ende el fluido que se encuentra en su interior no puede cruzarse entre sí, además se considera que sus paredes son impermeables.

Rapidez de flujo fluido

Denominamos rapidez de flujo fluido a la cantidad de sustancia operante que fluye a través de una sección por unidad de tiempo, la cual puede ser expresada de la siguiente manera:

- **Rapidez de flujo de volumen (\dot{V})**. Es el volumen de una sustancia operante registrado en un determinado tiempo.

$$\dot{V} = \frac{\text{Volumen}}{\text{tiempo}} = \frac{V}{t} = V * A \dots\dots\dots(2.7)$$

Dónde:

\dot{V} : Rapidez de flujo de volumen

V: Volumen.

t: Es el tiempo.

V: Es la velocidad media del flujo.

A: Área de flujo.

- **Rapidez de flujo de masa (\dot{m})**. Es la cantidad de masa de una sustancia operante registrado en un determinado tiempo.

$$\dot{m} = \frac{\text{masa}}{\text{tiempo}} = \frac{m}{t} \dots\dots\dots(2.8)$$

Por lo tanto.

$$\dot{m} = \rho * \dot{V} = \rho * V * A \dots\dots\dots(2.9)$$

Dónde:

\dot{m} : Rapidez de flujo de masa

m: Masa

t: Es el tiempo.

ρ : Densidad del fluido que depende de la temperatura de operación de la sustancia operante.

\dot{V} : Medición del caudal o rapidez del flujo volumétrico.

Métodos del volumen de control finito para el análisis de flujo

De acuerdo Gerhart, Gross y Hochstein (1995), este método es una herramienta que se utiliza para realizar un análisis de flujo, delimitado por un volumen de control finito y el uso del teorema del transporte de Reynolds.

• **Teorema del transporte de Reynolds**

De acuerdo Gerhart et al. (1995) afirma que el teorema citado “es una expresión matemática que relaciona el punto de vista de un sistema y el de un volumen de control para un enfoque global o de un volumen de control finito, con el análisis de flujo” (p.153). en el comportamiento de las leyes básicas de la dinámica de fluidos desde su enfoque global o integral y esta dada mediante la siguiente ecuación:

$$\left(\frac{DB}{Dt}\right)_{SIS} = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} \beta \cdot \rho \cdot dV + \oiint_{SC} \beta \cdot \rho \cdot v \cdot dA \dots\dots\dots (2.10)$$

Donde:

B : Propiedad extensiva del sistema.

$\left(\frac{DB}{Dt}\right)_{SIS}$: Rapidez de cambio de la propiedad extensiva B.

β : Propiedad intensiva.

ρ : Densidad.

\forall : Diferencial de volumen.

A : Diferencial de área.

V : Velocidad media del flujo.

$\oiint_{SC} \beta \cdot \rho \cdot v \cdot dA$: Tasa del flujo neto de la propiedad intensiva β que entra y/o sale del volumen de control atreves de la superficie de control.

$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} \beta \cdot \rho \cdot dV$: Variación de la propiedad intensiva en el volumen de control.

• **Conservación de la masa**

Al combinar el enfoque de sistema y de volumen de control a través del teorema de transporte de Reynolds, la ley de la conservación de la masa, nos dará como resultado la ecuación de continuidad:

$$\left(\frac{DM}{Dt}\right)_{SIS} = 0 \quad \wedge \quad B \rightarrow M \quad \wedge \quad \beta = 1$$

$$\left(\frac{DM}{dt}\right)_{SIS} = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} \rho \cdot dV + \oint_{SC} \rho \cdot v \cdot dA$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} \rho \cdot dV + \oint_{SC} \rho \cdot v \cdot dA = 0 \dots\dots\dots (2.11)$$

➤ **Flujo incompresible ($\Delta\rho \approx 0$)**

Para flujo no permanente o no estacionario

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} dV + \oint_{SC} v \cdot dA = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} dV + \sum \dot{V}_{sal} - \dot{V}_{ent} = 0 \dots\dots\dots (2.12)$$

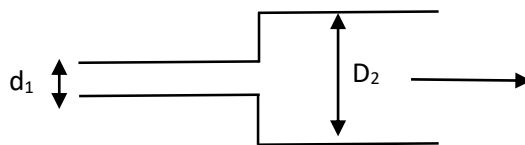
Para flujo permanente o estacionario (Vol. de control no se deforma)

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} dV + \oint_{SC} v \cdot dA = 0$$

$$\sum \dot{V}_{sal} - \sum \dot{V}_{ent} = 0 \dots\dots\dots (2.13)$$

Aplicación en redes de distribución

✓ **Tuberías en serie**

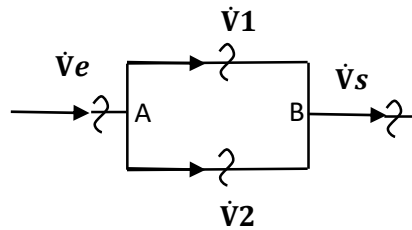


$$\oint_{SC} v \cdot dA = 0$$

$$\dot{V}_{sal} - \dot{V}_{ent} = 0$$

$$V_1 * d_1^2 = V_2 * d_2^2 \dots\dots\dots (2.14)$$

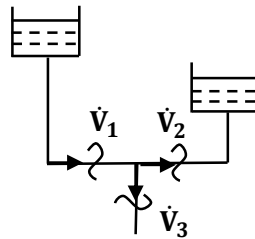
✓ **Tuberías en paralelo**



$$\oiint_{SC} \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

$$\dot{V}_{ent} = \dot{V}_1 + \dot{V}_2 = \dot{V}_{sal} \dots \dots \dots (2.15)$$

✓ **Tuberías ramificadas**



$$\oiint_{SC} \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

$$\dot{V}_1 = \dot{V}_2 + \dot{V}_3 \dots \dots \dots (2.16)$$

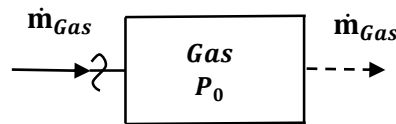
➤ **Flujo compresible ($\Delta\rho \neq 0$)**

Para flujo no permanente o no estacionario

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} \rho \cdot dV + \oiint_{SC} \rho \cdot \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} \rho \cdot dV + \sum \dot{m}_{sal} - \sum \dot{m}_{ent} = 0$$

$$\rho \frac{dV}{dt} + V \frac{d\rho}{dt} + \sum \dot{m}_{sal} - \sum \dot{m}_{ent} = 0 \dots \dots \dots (2.17)$$



$$P_f > P_0 \text{ (llenado)}$$

$$P_f < P_0 \text{ (Vaciado)}$$

Para flujo permanente o estacionario

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} \rho \cdot dV + \iint_{SC} \rho \cdot v \cdot dA = 0$$

$$\Sigma \dot{m}_{sal} - \Sigma \dot{m}_{ent} = 0 \dots \dots \dots (2.18)$$

• **Conservación de la Energía**

De la ecuación de transporte de Reynolds

$$\left(\frac{DB}{Dt}\right)_{SIS} = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} \beta \cdot \rho \cdot dV + \iint_{SC} \beta \cdot \rho \cdot v \cdot dA$$

para

$$B \rightarrow E \quad \wedge \quad \beta = e$$

$$\left(\frac{DE}{Dt}\right)_{SIS} = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} e \cdot \rho \cdot dV + \iint_{SC} e \cdot \rho \cdot v \cdot dA = \dot{Q} - \dot{W}$$

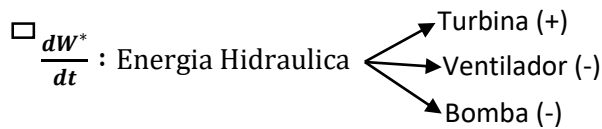
Forma diferencial

$$\frac{dQ}{dt} - \frac{dW}{dt} = \left(\frac{DE}{Dt}\right)_{SIS} = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} e \cdot \rho \cdot dV + \iint_{SC} e \cdot \rho \cdot v \cdot dA$$

Pero:

$$\frac{dW}{dt} = E_{Flujo} + E_{Perdidas} + E_{Hidraulicas}$$

$$\frac{dW}{dt} = \iint_{SC} P \cdot v \cdot dA + \iint_{SC} \tau \cdot V \cdot dA + \frac{dW^*}{dt}$$



Por lo tanto:

$$\left(\frac{DE}{Dt}\right)_{\text{SIS}} = \frac{dQ}{dt} - \left(\oint_{\text{SC}} P \cdot V \cdot dA + \oint_{\text{SC}} \tau \cdot V \cdot dA + \frac{dW^*}{dt} \right) = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{\text{VC}} e \cdot \rho \cdot dV + \oint_{\text{SC}} e \cdot \rho \cdot v \cdot dA$$

Por lo que:

$$\frac{dQ}{dt} - \frac{dW^*}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{\text{VC}} e \cdot \rho \cdot dV + \oint_{\text{SC}} \left(e + \frac{P}{\rho} \right) \rho \cdot V \cdot dA + \oint_{\text{SC}} \tau \cdot V \cdot dA \dots (2.19)$$

Para flujo permanente

$$\frac{dQ}{dt} - \frac{dW^*}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{\text{VC}} e \cdot \rho \cdot dV + \oint_{\text{SC}} \left(e + \frac{P}{\rho} \right) \rho \cdot V \cdot dA + \oint_{\text{SC}} \tau \cdot V \cdot dA$$

$$\frac{dQ}{dt} - \frac{dW^*}{dt} = \oint_{\text{SC}} \left(e + \frac{P}{\rho} \right) \rho \cdot V \cdot dA + \oint_{\text{SC}} \tau \cdot V \cdot dA \dots \dots \dots (2.20)$$

Para tuberías Calurifugadas

$$\frac{dQ}{dt} = 0 \quad ; \quad \frac{dW^*}{dt} = 0$$

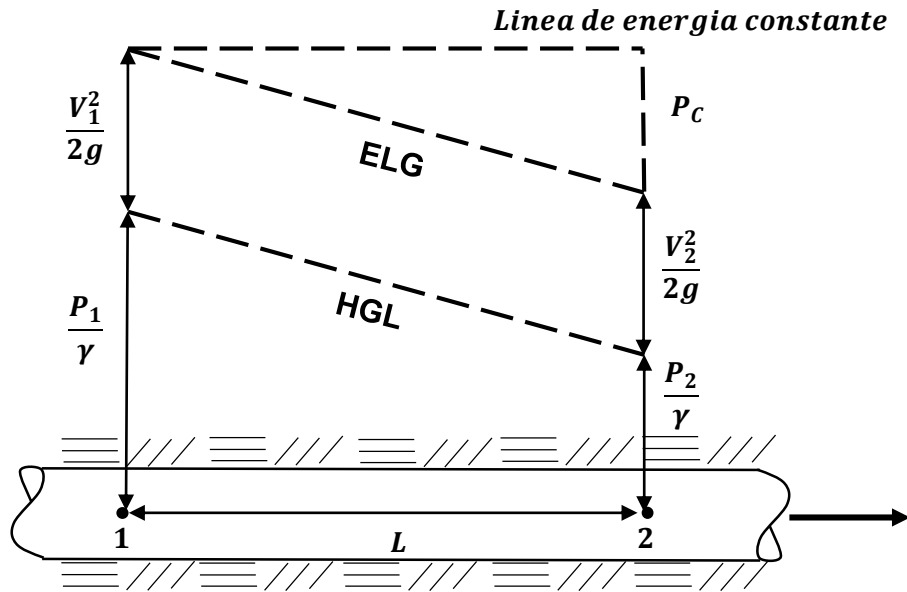
$$\frac{dQ}{dt} - \frac{dW^*}{dt} = \oint_{\text{SC}} \left(e + \frac{P}{\rho} \right) \rho \cdot V \cdot dA + \oint_{\text{SC}} \tau \cdot V \cdot dA = 0$$

Si:

$$e = \frac{v^2}{2} + g \cdot z + u$$

$$\left(\frac{V^2}{2} + g \cdot z + u + \frac{P}{\rho} \right)_{\text{sal}} \cdot \dot{m}_{\text{sal}} - \left(\frac{V^2}{2} + g \cdot z + u + \frac{P}{\rho} \right)_{\text{ent}} \cdot \dot{m}_{\text{ent}} + \oint_{\text{SC}} \tau \cdot V \cdot dA = 0$$

De la tubería calorifugada:



HGL: Línea de gradiente hidráulico o altura piezométrica.

ELG: Línea de energía total (trinomio de Bernoulli)

Por la conservación de la masa: $\dot{m} = \text{cte}$

$$\left(\frac{V^2}{2} + g \cdot z + u + \frac{P}{\rho}\right)_1 \cdot \dot{m} - \left(\frac{V^2}{2} + g \cdot z + u + \frac{P}{\rho}\right)_2 \cdot \dot{m} + \iint_{SC} \tau \cdot V \cdot dA = 0$$

Si el fluido es incompresible $\rightarrow \Delta u \cong 0$

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{g \cdot z_1}{g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{g \cdot z_2}{g} + \iint_{SC} \frac{\tau \cdot V \cdot dA}{\dot{m} \cdot g}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + P_{carga\ 1-2} \dots \dots \dots (2.21)$$

Dónde:

P = Presión estática.

v = Velocidad media del flujo.

z = Altura con respecto a un nivel de referencia.

γ = Peso específico.

g = Aceleración de la gravedad.

$P_{carga\ 1-2}$ = pérdidas de carga.

➤ **Perdidas de carga**

En fluidos incompresibles se denomina pérdidas de carga a toda pérdida de energía producto de la fricción de las tuberías, así como los producidos por cambios de dirección en el flujo debido a los elementos singulares o accesorios, pudiéndose dividir en:

- ✓ **Pérdidas primarias:** De acuerdo a Rodríguez (2009) son ocasionadas por la fricción debido al rozamiento entre las paredes de la tubería o conducto y el fluido. Así mismo Cengel y Cimbala (2006) señalan que estas pérdidas ocasionadas por la fricción son llamadas también pérdidas mayores, esto debido a que comúnmente los tramos de tubería suelen ser largos. La expresión matemática que permite calcular las pérdidas de carga primaria es la ecuación de Darcy-Weisbach.

$$h_p = f \cdot \frac{L}{d_H} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (2.22)$$

También se puede expresar como caída de presión

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{d_H} \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2} \dots \dots \dots (2.23)$$

Donde:

- h_p : Pérdida de carga en metros.
- ΔP : Caída de presión.
- f : Factor de fricción.
- L : Longitud de la tubería.
- d_H : Diámetro hidráulico.
- V : Velocidad media.
- g : Aceleración de la gravedad.

- ✓ **Pérdidas secundarias:** Llamadas también puntuales o localizadas, son provocadas por accesorios o piezas especiales los cuales generan interrupción en el suave flujo del fluido, generando pérdidas adicionales a la red hidráulica, pudiendo ser incluso mayor que las

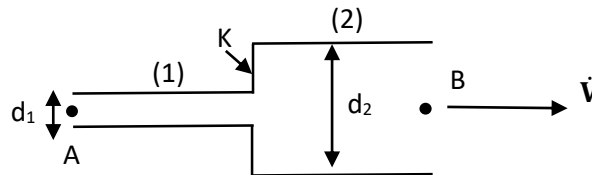
primarias en caso de tramos cortos, de acuerdo a Cengel y Cimbala (2006), las pérdidas secundarias son expresadas en función del coeficiente de pérdida "K" como se expresa en la siguiente ecuación:

$$h_s = K \cdot \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (2.24)$$

➤ **Redes de distribución**

La aplicación en redes de distribución se puede dividir en:

✓ **Tuberías en serie**

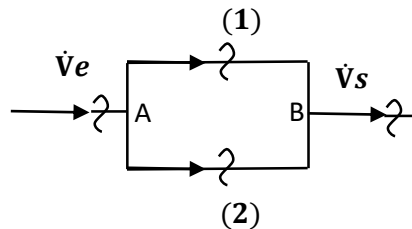


$$\oint_{SC} v \cdot dA = 0 \rightarrow \dot{V}_1 = \dot{V}_2$$

$$V_1 * d_1^2 = V_2 * d_2^2$$

$$P_{C A-B} = f_1 \cdot \frac{L_1}{d_1} \cdot \frac{V_1^2}{2g} + f_2 \cdot \frac{L_2}{d_2} \cdot \frac{V_2^2}{2g} + K \cdot \frac{V_1^2}{2g} \dots \dots \dots (2.25)$$

✓ **Tuberías en paralelo**



$$\dot{V}_{ent} = \dot{V}_{sal} = \frac{\pi}{4} (V_1 * d_1^2 + V_2 * d_2^2)$$

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + z_A = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + z_B + P_{carga A-B}$$

$$\frac{\Delta P_{A-B}}{\gamma} = P_{carga A-B}$$

$$P_{carga 1} = P_{carga 2} \dots \dots \dots (2.26)$$

Número de Reynolds

Según MOTT (2006), las investigaciones de Osborne Reynolds han demostrado que el régimen de flujo en tuberías, es decir, si es laminar o turbulento, depende del diámetro de la tubería, de la densidad, de la viscosidad del fluido y de la velocidad del flujo. El valor numérico de una combinación adimensional de estas cuatro variables, se conoce como el NÚMERO DE REYNOLDS (Re).

Puede considerarse como la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluido respecto a los esfuerzos de deformación ocasionados por la viscosidad.

$$Re = \frac{V.D.\rho}{\eta} = \frac{V.D}{\nu} \dots \dots \dots (2.27)$$

Dónde:

Re= Número de Reynolds.

V = Velocidad del flujo (m/s).

D = Diámetro interno de la tubería (m).

ν = Viscosidad cinemática del fluido (m²/s).

ρ = Densidad del fluido (kg/m³).

Condiciones del flujo según Reynolds

- Laminar $NR < 2000$
- Zona Crítica $2000 \leq NR \leq 4000$
- Turbulento $NR > 10000$

2.3 Conceptual

El marco conceptual es una parte importante en el desarrollo de toda investigación científica, debido a que expone los conceptos involucrados del problema objeto de estudio y sirve de sustento teórico debido a que es avalado por otros investigadores, La presente investigación se orientara a definir los conceptos involucrados con el “Diseño y Fabricación de un Banco Hidráulico en Circuito Cerrado para el Estudio de las Pérdidas de Carga en Redes de Distribución Hidráulica, los cuales son mencionados a continuación:

- **Diseño**

La palabra diseño proviene de un término italiano denominado disegno, el cual se refiere a plasmar la solución de un problema mediante un boceto, bosquejo o esquema. Es así que el diseño engloba diversas concepciones que varían según su dirección o finalidad, algunas definiciones generalizan la idea de diseño. De acuerdo a Brown y Wyatt (2010) describe el diseño como una metodología siempre en busca de innovaciones imprevistas, por lo que reinventarse a sí mismo podría parecer una manera inteligente de avanzar.

Sin embargo, la palabra diseño en ingeniería se entiende como el desarrollo de un sistema que contenga ciertas propiedades y características deseadas, a fin de resolver una problemática y satisfacer la demanda deseada, es así que Villeta (2000) define al diseño como “ un procedimiento que se utiliza en el desarrollo de la solución de un problema, esto se hace combinando tres elementos que son los principios teóricos o experiencias, los medios disponibles en la localidad o lugar y los productos del mercado” (p.1).

- **Fabricación**

La fabricación es una etapa posterior a la del diseño, el cual consiste en la elaboración de un producto a partir de un conjunto de operaciones o actividades, con el fin de transformar la materia prima en un producto

terminado, siendo esta efectuada por medio de equipos mecánicos o por medio de trabajo manual realizado por expertos en la materia.

Por otro lado, la fabricación es parte de la ejecución de todo proyecto, de acuerdo a la Guía del PMBOK (2008), define que la “ejecución está compuesto por aquellos procesos realizados para completar el trabajo definido” (p.55).

- **Banco hidráulico**

Un banco hidráulico es una unidad experimental para estudios en laboratorio, el cual permite realizar experiencias en el área de mecánica de fluidos, de acuerdo a Elettronica Veneta, el banco hidráulico constituye la unidad de servicio que permiten efectuar múltiples experiencias de mecánica de fluidos.

Para la presente investigación, el banco hidráulico proyectado permitirá determinar la pérdida de carga de una sustancia operante que fluye a través de una tubería circular, por lo que estar compuesta de tuberías de diferentes diámetros, material, así como de distintos accesorios, alimentados por medio de una bomba centrífuga, pudiendo medir la diferencia de presión mediante tubos piezométricos y regulando el caudal a través de una válvula instalada en la línea de descarga de las tuberías.

- **Circuito cerrado**

El termino circuito procede del latin circuitus y hace referencia al trayecto en curva cerrada y al recorrido previamente fijado, que termina en el punto de partida o el terreno comprendido dentro de un perímetro.

Por otra parte, el termino cerrado es todo aquello que no tiene salida, por lo que un circuito cerrado refiere a la interconexión de dos o más componentes con al menos una trayectoria cerrada y que no tiene salida, de acuerdo al mott (2006) en circuitos cerrados un fluido circula de manera continua, (p.306).

- **Redes de Distribución Hidráulica**

Una red de distribución hidráulica está conformada por un conjunto de tuberías, bomba y accesorios, conectados entre en paralelo, en serie o mixta según la configuración que se requiera, con la finalidad de transportar en su interior un fluido o sustancia operante.

De igual manera, el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (2007), plantea que una red de distribución hidráulica es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que transportan el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta los domicilios, con la finalidad de proporcionar agua a todos los usuarios.

- **Mecánica de Fluidos**

“La mecánica de fluidos es el estudio del comportamiento de los fluidos, ya sea que estén en reposo (estática de fluidos) o en movimiento (dinámica de fluidos)” Mott (p. 1).

- **Pérdidas por fricción o primarias**

De acuerdo a Mataix (1982) las pérdidas de superficie en el contacto del fluido con la tubería (capa límite). rozamiento de unas capas de fluido con otras (régimen laminar) o de las partículas de fluido entre sí (régimen turbulento). Tienen lugar en flujo uniforme, por tanto, principalmente en los tramos de tubería de sección constante.

- **Pérdidas por singularidad o secundarias**

De acuerdo a Mataix (1982), son las de forma que tienen lugar en las transiciones (estrechamiento o expansiones de la corriente), codos, válvulas, y en toda clase de accesorios de tubería.

2.4 Definición de términos básicos

- **Altura Piezométrica.-** Es la energía representada como carga en las secciones corriente arriba y corriente abajo del flujo.
- **Contador Volumétrico.-** Dispositivo que registra el volumen de la sustancia operante en el tiempo.

- **Curva de demanda.-** Es la curva de pérdidas del sistema y tiene una ecuación parabólica ascendente.
- **Nodo Hidráulico.-** Es el punto de llegada o salida de las conducciones hidráulicas.
- **Rapidez de flujo Fluido.-** Es la cuantificación del flujo de la sustancia operante en un tiempo determinado que pasa por una conducción hidráulica.
- **Volumen de control.-** Es el análisis a sistemas abiertos con un modelo matemático euleriano.
- **Sistema.-** Modelo matemático Lagrangiano para sistemas cerrados con frontera fija o móvil.
- **TTR: Teorema de transporte de Reynolds o ecuación de volumen de control,** sirve para el análisis integral o global de las leyes básicas de la dinámica de los fluidos: conservación de la masa, conservación de la energía, conservación de la cantidad de movimiento y momento cinético.
- **propiedad extensiva.-** Es una característica de un sistema la cual es dependiente de la masa o del tamaño de un cuerpo, esto quiere decir que si se dividimos un sistema en subsistemas, el valor de esta propiedad se dividirá proporcionalmente como por ejemplo tenemos a la masa total, volumen, cantidad de movimiento, entre otros.
- **propiedad intensiva.-** Es una característica de un sistema la cual es independiente de la masa o del tamaño de un cuerpo, esto quiere decir que si se dividimos un sistema en subsistemas, el valor de esta propiedad permanecerá constante como por ejemplo tenemos a la presión, temperatura, la densidad, entre otros.

- **Esfuerzos de corte.-** Es producido por una fuerza cortante que actúa sobre una superficie de forma tangencia por unidad de área.
- **Velocidad de corte o fricción.-** Es la razón de cambio de la velocidad del fluido y el diámetro de la conducción..
- **Diámetro hidráulico.-** Es una dimensión utilizada cuando se tiene una conducción no circular y se desea estudiar el comportamiento de un flujo como si estuviera en una conducción circular.
- **Uniones roscadas.-** Denominada también como unión desmontable entre dos piezas, una de sección circular alargada cuya rosca helicoidal se encuentra en el exterior (Perno, esparrago) y la otra que funciona como complemento la cual tiene su rosca helicoidal en su interior (tuerca), estas realizan su unión al girar una con respecto de la otra.
- **Rugosidad absoluta.-** Denominada como el valor medio de las imperfecciones o irregularidades de la superficie de la conducción hidráulica.
- **Caudalimetro.-** Denominado como un instrumento de medición para obtener el gasto volumétrico de un fluido.
- **Perfiles estructural.-** Son barras estructurales utilizadas para la fabricación de estructuras y estan determinadas por la forma de su sección transversal perpendicular a su eje, como por ejemplo los perfiles en L, C, T.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis General

Si se diseña y fabrica un banco hidráulico en circuito cerrado, se puede estudiar de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas de la FIME – UNAC.

3.1.2 Hipótesis Específicos

- Si se determinan los cálculos hidráulicos en la unidad de instrucción experimental y se evalúa la caída de presión en las tuberías y accesorio, se puede dimensionar la red de distribución hidráulica y el tanque principal de alimentación de la sustancia operante.
- Si se seleccionan los accesorios y dimensionan la red de distribución hidráulica, se puede fabricar un banco hidráulico en circuito cerrado para el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica.
- Si se fabrica un banco hidráulico en circuito cerrado se puede realizar el estudio de las pérdidas de carga en las redes de distribución hidráulica.
- Si se registran los datos de prueba experimentalmente en el banco hidráulico en circuito cerrado, se puede analizar las pérdidas de carga en las tuberías y accesorios de la red de distribución hidráulica.

3.2 Definición Conceptual de variables

La tesis, titulada: ***“Diseño y Fabricación de un Banco Hidráulico en Circuito Cerrado para el Estudio de las Perdidas de Carga en Redes de Distribución Hidráulica para el Laboratorio de Mecánica De Fluidos Y Maquinas Térmicas FIME – UNAC”***, contará con las siguientes variables:

- **Variable Independiente X: Banco Hidráulico en circuito cerrado.**

El banco hidráulico en La presente investigación se define como una unidad de instrucción experimental, conformado por una red de distribución hidráulica sometida a presión, donde se analizan los principios teóricos de la mecánica de fluidos y relacionándolos con los materiales como tuberías y accesorios que se encuentran en el mercado.

- **Variable Dependiente Y: Pérdidas de carga en redes de distribución Hidráulica.**

Se entiende por pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica a la caída de presión o pérdida de energía corriente arriba y corriente abajo del flujo, debido a la fricción de las partículas de la sustancia operante entre sí y contra las paredes de red o tubería por la que fluye.

Así mismo estas pérdidas pueden ser primarias, el cual se presenta a lo largo de tuberías de sección constante o pueden ser secundarias, debido a circunstancias particulares o singularidades, como un estrechamiento, expansiones o cambios de dirección por la presencia de un codo, una válvula o accesorio de tubería (Mataix, 1982).

3.2.1 Operacionalización de variable

TABLA N° 3.1
MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICE	MÉTODO	TÉCNICA
Independiente Banco Hidráulico en Circuito Cerrado	Calculo Hidráulico	Demanda del sistema.	- Velocidad media del sistema. - Diámetro de tubería. - Caudal.	Método inductivo	Documental
		Carga del sistema.	- Tipo de fluido. - Caída de presión.		
	Equipos y Materiales	Selección de la Maquina Hidráulica Generadora.	- Carga. - Capacidad.	Método inductivo	Documental
		Dispositivos de Medición y Control.	- Caudalimetro de área variable. - Manómetro diferencial. - Singularidades.		
		Tipo de tubería.	- Presión interna. - Presión máxima de trabajo.		
	Dimensionamiento de la red de Distribución de la Red Hidráulica	Tanque reservorio.	- Volumen	Método inductivo	Documental
		Líneas de prueba.	- Tipo y Longitud		
		Línea de Succión y Descarga	- Tipo y Longitud		
	Fabricación	Habilitado y Roscado.	- Corte de tubería	Método inductivo	Documental
		Ensamblaje.	- Unión de tuberías y accesorios		
Prueba de estanqueidad		- Presión de trabajo			
Dependiente Pérdidas de Carga	Perdidas primarias	Caída de presión longitudinal	- Deflexión en manómetro diferencial - Características de la tubería	Método inductivo	Documental
	Perdidas secundarias	Caída de presión por singularidades	- Deflexión en manómetro diferencial - Tipo de singularidad	Método inductivo	Documental

Fuente: Elaboración propia

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de la investigación

De acuerdo a la teoría de Ciro Espinoza, el tipo de investigación que presenta la tesis es del tipo Tecnológica con un diseño no experimental, ya que es un estudio en donde no se realiza la manipulación deliberada de las variables y que con ello servirá para organizar la obtención de datos a partir de la reproducción de las propiedades del objeto.

4.2 Método de investigación

Se utilizó el Método inductivo, esto es avalado por Moran y Darío (2010) que sustentan que en este método “se utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones cuya aplicación sea de carácter general” (P, 12).

4.3 Población y muestra

De acuerdo a Hernández (2014), se denomina población o universo a la totalidad de personas u objetos que tiene una o más características medibles o notables de naturaleza cualitativa o cuantitativa. De igual manera se denomina muestra a una parte representativa de la población que cuenten con características similares, sobre la cual se efectuaran la medición y la observación de las variables objeto de estudio, (Bernal, 2010).

Por otro lado, para la presente investigación consideró como población a los módulos experimentales existentes en otras instituciones de educación superior y antecedentes de la problemática en el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica sometidas a presión y se tomó como muestra al banco hidráulico diseñado y fabricado, el mismo que fue proyectado para las instalaciones del laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas.

4.4 Lugar de estudio

El lugar en donde se realizará el diseño y fabricación del Banco Hidráulico en circuito cerrado para el Estudio de las pérdidas de carga en redes de

distribución, será en las instalaciones del laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La técnica de recolección para la presente investigación fue **Documental**, esta técnica consiste en recabar información formada por documentos de diferentes tipos: libros, tesis donde puedan existir antecedentes del problema objeto de estudio y otras investigaciones escritas.

4.6 Análisis y procesamiento de datos

Por ser una investigación de tipo tecnológica aplicada, además de tener una muestra diferente a la población no amerita realizar un análisis estadístico, sino un análisis de los resultados por cada etapa, siendo estas:

4.6.1 Diseño del banco hidráulico

Para realizar este diseño, fue necesario procesar la información documental sobre los tratados de la Mecánica de Fluidos Incompresibles, con la finalidad de realizar cálculos Hidráulicos que permitan el dimensionamiento de la unidad, la selección de la bomba y de los accesorios de la red hidráulica.

De acuerdo Mott (1996), para la selección de la bomba se deben de considerar: la naturaleza del líquido a bombear, el caudal requerido, la altura de la bomba, el tipo de sistema al que la bomba entrega el fluido, entre otros.

- **Determinación del caudal.**

De acuerdo a las limitaciones físicas o espaciales que tiene la presente investigación debido al espacio disponible designado por el coordinador de laboratorio a cargo, se estableció que el modulo debe estar ubicado en la pared lateral derecha de la puerta secundaria como se observa en el grafico 4.1, teniendo un largo disponible de 3,5 metros, así mismo el ancho disponible está limitado por la línea de drenaje del laboratorio siendo este de 0,6 metros y la altura disponible está limitada por el alcance del operador hasta la punta de la mano extendida siendo este de 2 metros,

debido a esto es que el banco de tuberías debe ser compacto, pegado a la pared y a la vez versátil, por lo que los diámetros de las tuberías no deben ser muy grandes y debe haber una variedad de dimensiones entre ellos, por lo que inicialmente se proyectó un rango de diámetro de tubería de 13 mm a 25 mm, por otro lado es conocido que a medida que un fluido atraviesa una tubería, esta ejerce una fuerza hacia las paredes, lo que se denominó anteriormente como fuerza de arrastre, sin embargo esta fuerza se encuentra relacionada directamente con la velocidad del fluido, por lo que podría ocasionar erosiones a la tubería si se utilizan velocidades altas, por lo que es recomendable que las velocidades de agua en el interior de las tuberías se encuentren entre 1 y 3,5 m/s.

Se considera en el diseño las siguientes velocidades:

- Velocidad máxima para 1/2" = 1,90 m/s
- Velocidad máxima para 3/4" = 2,20 m/s
- Velocidad máxima para 1" = 2,48 m/s

Así mismo de acuerdo a Cengel y Cimbala (2006). El caudal o razón de flujo se determina como el producto de la velocidad media de flujo y la sección de área de flujo, como se observa en la siguiente ecuación:

$$\dot{V} = V * A = V * \frac{\pi * D^2}{4} \dots\dots\dots(4.1)$$

Dónde:

\dot{V} : Caudal o Razón de flujo

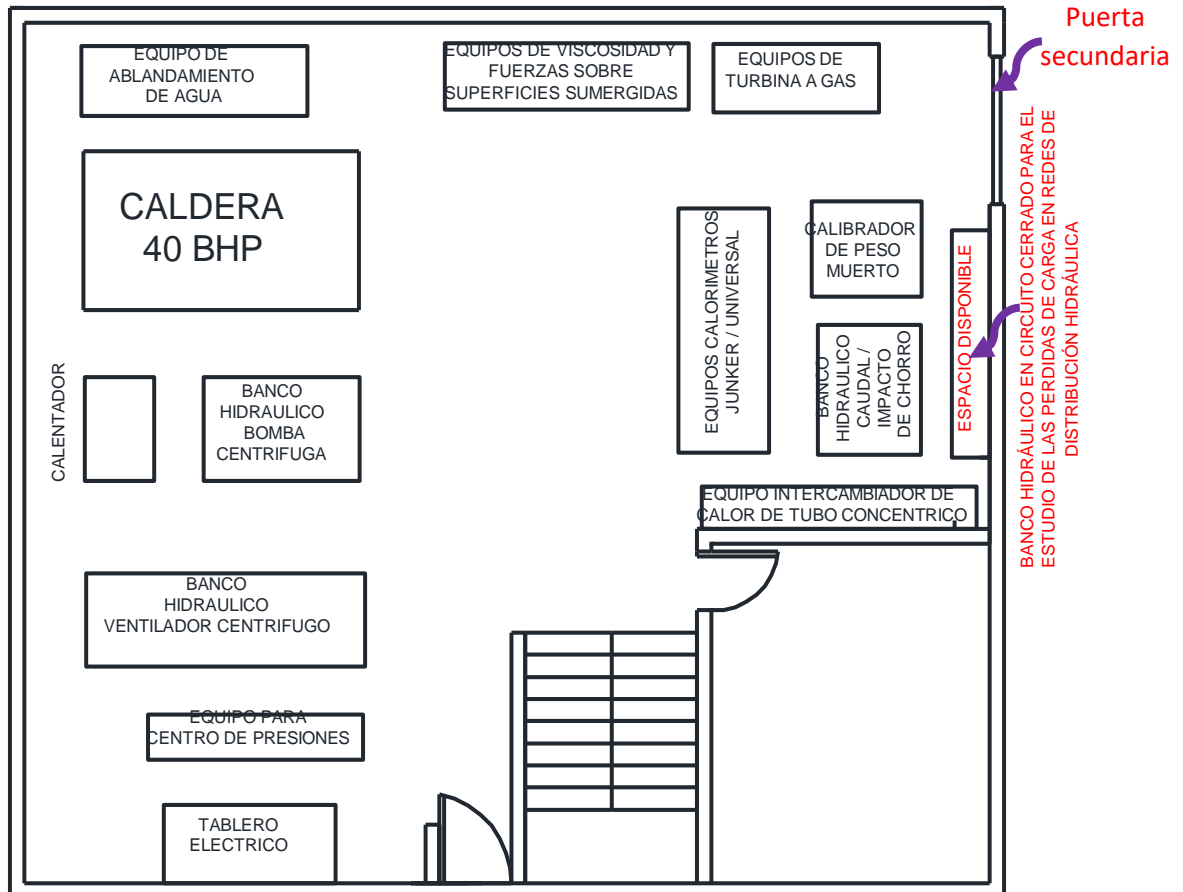
V: Es la velocidad media del flujo.

A: Área de flujo.

D: Diámetro interior de la conducción.

GRAFICO N° 4.1

UBICACIÓN DEL BANCO HIDRÁULICO EN CIRCUITO CERRADO PARA EL ESTUDIO DE LAS PERDIDAS DE CARGA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA EN EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS TÉRMICA FIME - UNAC



Fuente: Elaboración Propia.

Para el análisis del caudal se optó por considerar como velocidad de diseño $V = 1,9 \frac{m}{s}$ para un diámetro de $\frac{1}{2}'' \approx 13 \text{ mm}$ por el diámetro que origina más pérdidas:

$$\dot{V} = 1,9 * \frac{\pi * 0.013^2}{4} = 0.000252 \frac{m^3}{s} = 15,13 \frac{l}{min}$$

- **Selección del tipo de fluido a utilizar**

De acuerdo a Shames (1995). Un fluido es una sustancia que debido a esfuerzos cortantes cambia continuamente su forma, no importando el

Tamayo que esta sea. Por lo que puede deformarse y lograr atravesar por pequeñas secciones, así mismo algunos de estos fluidos son susceptibles al cambio de la densidad al ser sometidos a presión como son los gases y otros y otros presentan cambios muy pequeños en la densidad pese a estar sometidos a grandes presiones como son los líquidos.

sin embargo, por la naturaleza de la investigación el cual es el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica es que no se podría trabajar con fluidos incompresibles por lo que el análisis de esta investigación se realizara con fluidos líquidos.

Por otro lado existen fluidos líquidos que son más susceptibles a los esfuerzos cortantes que otros y por ende a la deformación, de acuerdo a Cengel y Cimbala (2006). La resistencia de un fluido a la fluidez o al movimiento se le denomina a una propiedad llamada viscosidad y esta es directamente proporcional a la fuerza que un fluido ejerce sobre un cuerpo, llamado también fuerza de arrastre.

Por lo que la selección del fluido a utilizar en la presente investigación estuvo ligada esta propiedad, debido a que a mayor viscosidad habría que ser necesario contar con un equipo de mayor potencia que pueda mover al fluido por el interior de la red de tuberías, debido a esto es que se escogió al agua como fluido operante ya que es un fluido ya que es un recurso común, económico y de fácil acceso, utilizado comúnmente para el consumo humano, limpieza, en las zonas agrícolas e industriales, por lo que el estudio de este fluido operante en una red de tuberías hidráulicas es justificado e importante.

- **Caída de presión**

De acuerdo a Cengel y Cimbala (2006). La caída de presión es producto de los efectos de la viscosidad, el cual es propiedad de cada fluido, por lo que es proporcional a esta y se da de forma irreversible.

Estas caídas de presión son debido a las pérdidas por fricción y por accesorios vistos en las bases teóricas de la presente investigación, la

primera es conocida también como pérdida primaria y es ocasionada por la fricción de la rugosidad que se encuentra en las paredes de las tuberías, por lo que está en función del diámetro, longitud, tipo de material de la tubería, el caudal y es determinada por:

$$h_p = f * \frac{L * V^2}{2g * D} \dots \dots \dots (4.2)$$

Donde:

- L: longitud de la tubería.
- D: diámetro hidráulico de la conducción.
- V: velocidad media del flujo.
- f: Factor de fricción de la tubería.
- g: aceleración de la gravedad.

Las pérdidas por accesorios conocidas también como secundarias son originadas todos los accesorios que se encuentran en el interior de la red hidráulica, como válvulas, codos, niples, reducciones, ensanchamientos, etc, los cuales ocasionan interrupción al suave flujo del agua y por ende provocan pérdidas locales y es determinada por la siguiente expresión:

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (4.3)$$

Donde:

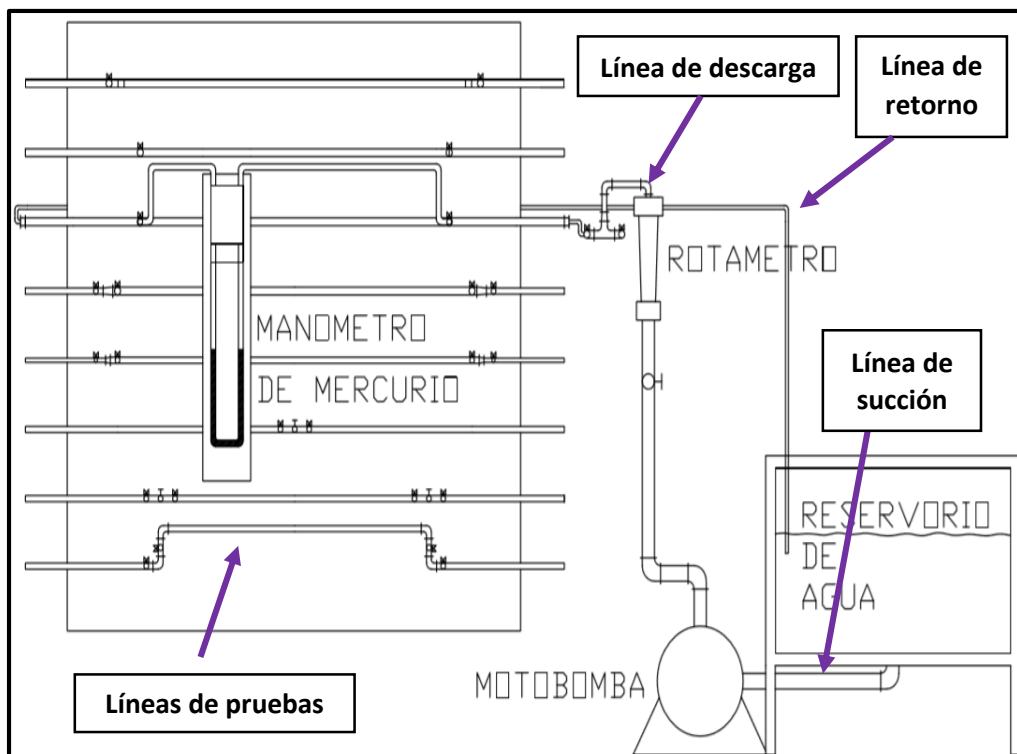
- K: índice de perdidas secundarias de la singularidad.
- V: velocidad media del flujo.
- g: aceleración de la gravedad.

Sin embargo, de acuerdo a Cengel y Cimbala (2006). Las pérdidas por accesorios pueden expresarse en términos de longitud equivalente, ya que la caída de presión que ocasiona un accesorio puede ser equivalente a una longitud o tramo de tubería, esta se encuentra determinada en el Monograma de pérdidas de secundarias del anexo N° 5.

Para la presente investigación fue necesario realizar un primer esquema del Banco Hidráulico, a fin de que sirva para medir la caída de presión

necesaria que más adelante servirá para la selección de la bomba de agua, en donde se proyecta en el interior de la red hidráulica un total de 8 líneas de prueba de 2 metros, un tanque reservorio, un medidor de caudal, una línea de succión y de descarga no mayor a 2 metros y que se acople a las líneas de prueba, una línea de retorno de 2 metros, una bomba centrífuga, tal como se observa en el grafico siguiente.

GRAFICO N° 4.2
ESQUEMA PRELIMINAR DEL BANCO HIDRÁULICO



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo al esquema podemos contabilizar que el material proyectado a utilizar para las tuberías de succión y descarga, de igual manera se proyecta una línea de prueba de $\frac{1}{2}$ " debido a que esta ocasiona mayor caída de presión que las otras de mayor diámetro, siendo los componentes para una línea de prueba lo siguiente:

- 3 codos de 1" para la tubería de succión.
- 4 codos de 1" para la tubería de descarga.

- 1 reducción de 1" a ¾" y 1 reducción de ¾" a ½"
- 1 tee de ¾" * ¾".
- 1 válvula de globo.
- 6 m de longitud de tubería (Línea de succión, descarga, de prueba y retorno)

De acuerdo a la ecuación (4.2) para hallar la caída de presión por fricción es necesario conocer el factor de fricción, el cual obtendremos de la tabla de Moody visto en el anexo N° 4, el cual depende del Numero de Reynolds y la rugosidad relativa.

Aplicando la ecuación (2.27) a una velocidad de $1,9 \frac{m}{s}$, con un diámetro de ½" y una viscosidad cinemática del agua a 20°C de $1,003 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$, tendremos:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{1,9 * 0,013}{1,003 \times 10^{-6}} = 2,4626 \times 10^4$$

Así mismo de acuerdo a Cengel y Cimbala (2006). La rugosidad relativa está determinada como la razón entre la rugosidad de la tubería y su diámetro tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Rugosidad\ relativa = \frac{\varepsilon}{D} \dots \dots \dots (4.4)$$

Donde:

ε: Rugosidad de la tubería

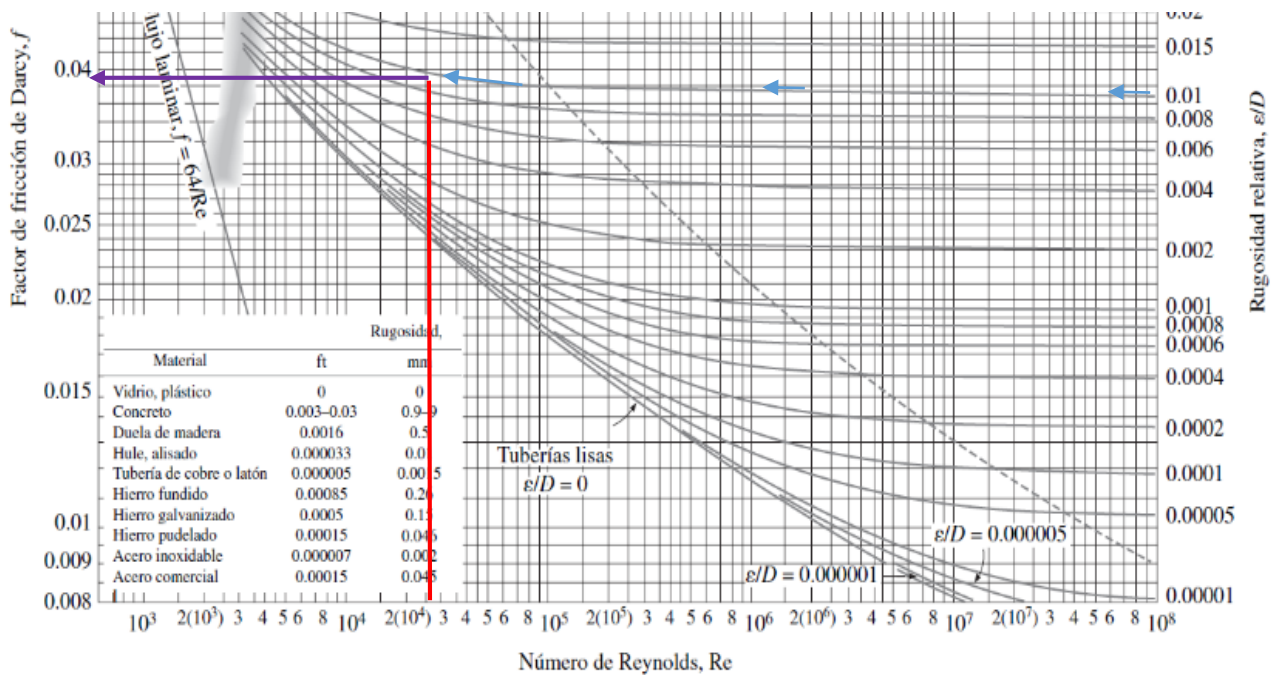
D: diámetro de la tubería

Para realizar este cálculo se tomará en cuenta a las tuberías de acero, debido a que su aplicación en la industria es cotidiana y de ahí su importancia en realizar su análisis de pérdida de carga desde pregrado, por lo que de acuerdo al diagrama de moody la rugosidad para el acero galvanizado es de 0,15 mm.

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{0,15}{13} = 0,011$$

Por lo que de acuerdo al diagrama de Moody el factor de fricción será igual a 0,039, tal como se muestra en el grafico siguiente.

GRAFICO N° 4.3
FACTOR DE FRICCIÓN MEDIANTE EL DIAGRAMA DE MOODY



Fuente: Cengel y Cimbala. Mecánica de Fluido Fundamentos y Aplicaciones.

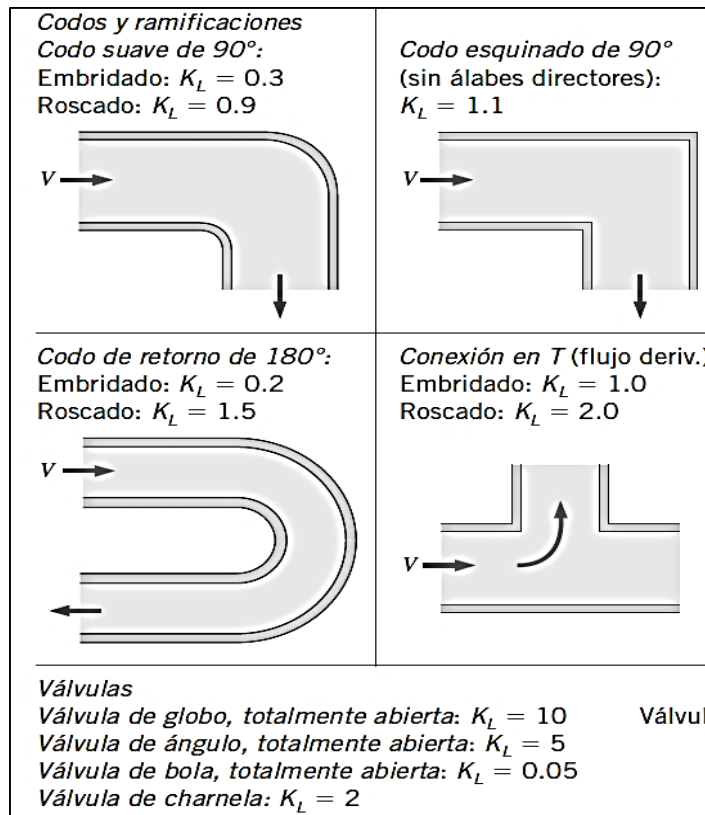
Por lo que la caída de presión longitudinal en metros columna de agua será:

$$h_p = f * \frac{L * V^2}{2g * D} = 0,039 \frac{6 * 1,9^2}{2 * 9,81 * 0,013} = 3.312 \text{ m}$$

De igual manera de acuerdo a la ecuación (4.3) para hallar la caída de presión por accesorios es necesario conocer el índice de pérdidas secundarias de la singularidad "K", de acuerdo a Cengel y Cimbala (2006):

- El codo roscado tiene un coeficiente $K_{\text{codo}} = 0,9$.
- La conexión en Tee roscada tiene un coeficiente $K_{\text{Tee}} = 2$.
- La válvula de globo tiene un coeficiente $K_{\text{Globo}} = 10$.

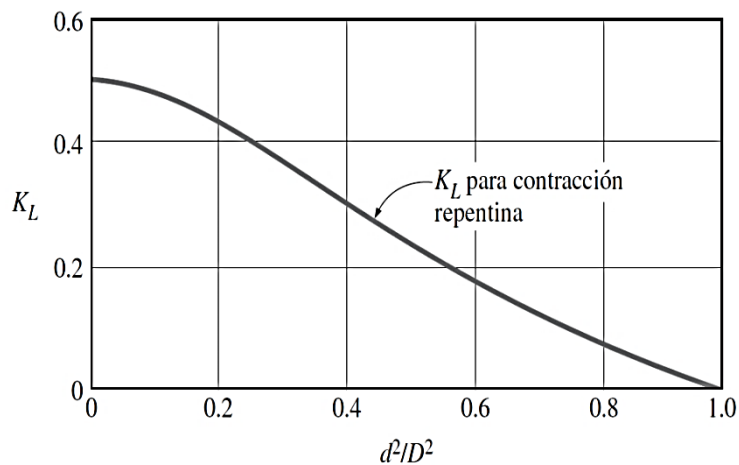
GRAFICO N° 4.4
COEFICIENTE DE RESISTENCIA K: CODO, TEE, VÁLVULA DE GLOBO



Fuente: Cengel y Cimbala. Mecánica de Fluido Fundamentos y Aplicaciones.

➤ La reducción o contracción se determina por el siguiente gráfico.

GRAFICO N° 4.5
COEFICIENTE DE RESISTENCIA K: PARA CONTRACCIÓN



Fuente: Cengel y Cimbala. Mecánica de Fluido Fundamentos y Aplicaciones.

Para una reducción de 1" a ¾".

$$\frac{d^2}{D^2} = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^2}{1^2} = 0,25$$

K reducción de 1" a ¾" = 0.4

Para una reducción de ¾" a ½".

$$\frac{d^2}{D^2} = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^2}{\left(\frac{3}{4}\right)^2} = 0,44$$

K reducción de ¾" a ½" = 0,25

TABLA N° 4.1
COEFICIENTE DE RESISTENCIA K DE LOS ACCESORIOS

ACCESORIO	COEFICIENTE K	CANTIDAD	TOTAL
Codo roscado	0,9	7	6,3
Conexión en Tee	2	1	2
Válvula de globo	10	1	10
Reducción de 1" a ¾"	0,4	1	0,4
Reducción de ¾" a ½".	0,25	1	0,25
		Σ K	18.95

Fuente: Elaboración propia

Por lo que la caída de presión por accesorios en metros columna de agua será:

$$h_s = k \frac{V^2}{2g} = 18,95 \times \frac{1,9^2}{2 \times 9,81} = 3,486 \text{ m}$$

Por lo tanto, la caída de presión de todo el sistema será:

$$\sum h_{\text{sistema}} = 6,789 \text{ m}$$

- **Selección de la Máquina Hidráulica Generadora**

La selección de la bomba para la red hidráulica del banco de pruebas se realizó en función de la carga o la presión de la bomba y el caudal que deba entregar.

De acuerdo Cengel y Cimbala (2006), la presión de la bomba en un sistema de tuberías se puede determinar mediante la siguiente expresión.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \sum h_{\text{perdidas}} \dots \dots \dots (4.5)$$

Por lo que

$$H_B = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + \Delta Z_{2-1} + \sum h_{\text{fsistema}} \dots \dots \dots (4.6)$$

Donde

H_B : Presión o altura de la bomba (mca).

$\frac{P_2 - P_1}{\gamma}$: Diferencia de presión entre el tanque y el punto final de la tubería, (las dos se encuentran a presión atmosférica por lo que $\frac{P_2 - P_1}{\gamma} = 0$).

V_2 : Velocidad del agua a la salida de la tubería ($V_2 = 1,9$).

V_1 : Velocidad del agua en el tanque ($V_1 \approx 0$).

ΔZ_{2-1} : Diferencia de altura (Se consideró una diferencia de 2 m debido a esa es la altura aproximada de la tubería más alta en el esquema de el grafico N° 4.2).

Por lo tanto

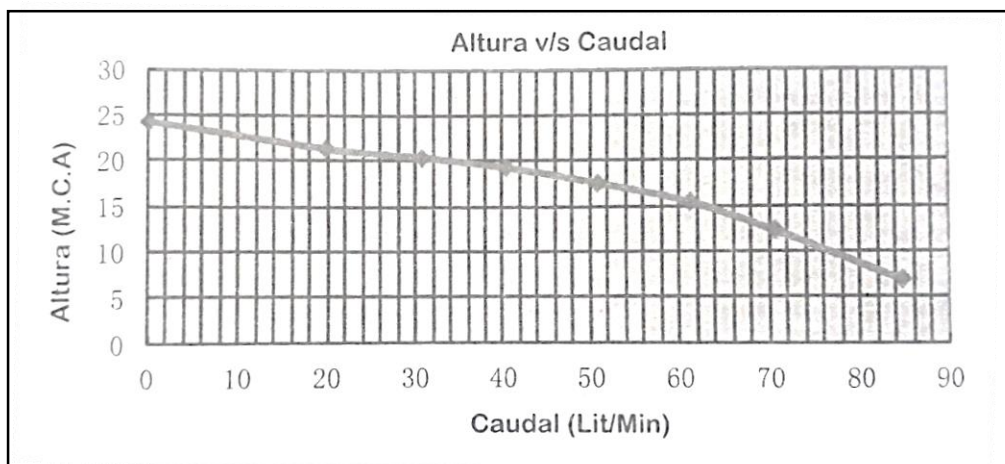
$$H_B = \frac{1,9^2}{2g} + 2 + 6,798 = 8,98 \text{ mca}$$

Así mismo de acuerdo a los cálculos anteriores el caudal es igual a:

$$\dot{V} = 15,13 \frac{l}{min}$$

De acuerdo a estos valores de la carga y la capacidad se puede revisar las curvas características de diferentes bombas a fin de que se pueda encontrar una bomba que cumpla con estos parámetros mínimos definidos, encontrando que las bombas de 0,75 Hp tienen una carga máxima entre 0 a 24 mca y un caudal máximo entre 80 a 90 litros por minuto, por lo que se seleccionó una bomba Humboldt con serie XCm 146 de 0,75 Hp debido a que es comercial en nuestra localidad y cumple con lo requerido para el banco de pruebas proyectado como se observa en el grafico N° 4.6, siendo este instalado en un pedestal y ubicado entre el tanque el tanque reservorio y las líneas de pruebas, como se observa en el anexo N° 08. Plano DFBHCCEPCRDH-FIME-001.

GRAFICO N° 4.6
CURVA CARACTERÍSTICA CARGA CAPACIDAD DE BOMBA HUMBOLDT
XCm 146



Fuente: Manual de instrucciones Humboldt Pumps.

TABLA N° 4.2

FICHA TÉCNICA DE ELECTROBOMBA CENTRIFUGA HUMBOLDT XCm 146

Atributos	Detalles
Marca	Humboldt
Modelo	XCm146
Material	Hierro fundido
Potencia	0.75 HP
Diámetro de descarga	1"
Caudal máximo	85 L/min
Velocidad de motor	3400 RPM
Alcance máximo	25 m
Voltaje	220V - 60 Hz
Capacidad	Hasta 2 pisos
Garantía	3 años
Color	Azul / Negro
Uso	Ideal para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba.
Procedencia	China
Características	Cuerpo de hierro fundido, impulsor de latón con protector térmico incorporado, eje rotor montado en rodamientos y sello mecánico grafito cerámico.
Tipo	Bombas Centrífugas
Tipo de conexión	Monofásico

Fuente: Manual de instrucciones Humboldt Pumps.

• **Características de los accesorios.**

Debido al lugar de en donde se realizó la investigación cuya función es la formación de futuros profesionales en Ingeniería Mecánica y de Energía, así como la naturaleza de la investigación es que los materiales a seleccionar serán de origen metálico, sin embargo las conducciones de acero negro los cuales tienen buena maleabilidad, son muy vulnerables a la corrosión ya que tienden a oxidarse con facilidad al estar en contacto con la humedad y el aire, por lo que se optó por utilizar acero galvanizado la cual es utilizada comúnmente en redes de agua para el consumo humano.

Los accesorios utilizados en la tubería de succión y de descarga serán:

- codos 90° galvanizados de 1" roscadas para la tubería de succión, el cual es un accesorio que mediante su forma curva logra cambiar la dirección del flujo de agua que circula en el interior de la Red Hidráulica, estos accesorios son comúnmente fundidos en una sola pieza y viene preparados con su rosca interior para su instalación.

GRAFICO N° 4.7
CODO ROSCADO DE 90° GALVANIZADO DE 1"



Fuente: Catalogo Tiendas Promart Homecenter

- Reducción de 1" a 3/4" y reducción de 3/4" a 1/2" o estrangulamientos, son accesorios que presentan una forma cónica, siendo utilizadas para cambiar el diámetro de las tuberías y por ende disminuir el caudal atreves de la red.

GRAFICO N° 4.8
REDUCCIÓN DE TUBERÍA ROSCADA DE 1" A 3/4"



Fuente: Catalogo Tiendas Promart Homecenter

- Tee de 90° de ¾" a ¾", es un accesorio que se utiliza con el fin de desviar en 90° el flujo fluido de forma parcial o completa hacia otra tubería cada vez que sea requerida.

GRAFICO N° 4.9
CONEXIÓN TEE DE TUBERÍA ROSCADA DE ¾" a ¾"



Fuente: Catalogo Tiendas Maestro.

- Válvula de globo de 1", es un accesorio mecánico cuyo fin es de controlar el paso del fluido en el interior de la red de tuberías, se seleccionó te tipo de válvula debido a que tiene la función particular de regular el fluido en posiciones intermedia debido a que posee un tapón obturador en forma de cono sujeto y accionado por un eje.

GRAFICO N° 4.10
VÁLVULA DE GLOBO PARA TUBERÍA ROSCADA DE 1"



Fuente: Catalogo Tiendas Maestro.

- Válvula de bola de ½", válvula de compuerta de ½" y válvula check de ½", son accesorios mecánicos de prueba que controlar el paso del fluido en el interior de la red de tuberías, variando la caída de

presión, con la finalidad de estudiar los efectos que ocasionan a la carga del sistema.

GRAFICO N° 4.11

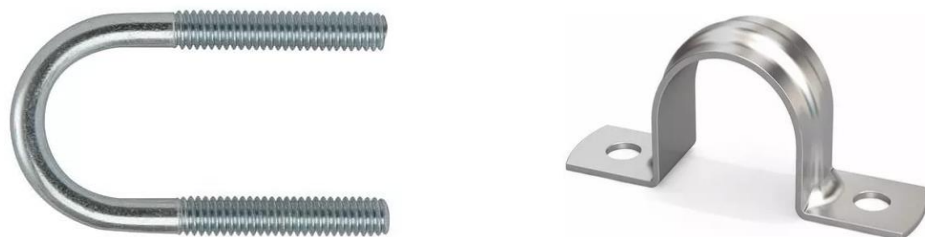
VÁLVULA DE BOLA, COMPUERTA Y CHECK PARA TUBERÍA ROSCADA DE ½”



Fuente: Catalogo Tiendas Maestro

GRAFICO N° 4.12

ABRAZADERA Y GRAPA METÁLICA



Fuente: Catalogo Tiendas Maestro.

➤ **Dimensiones del tanque reservorio de agua**

El abastecimiento de agua del banco de pruebas se encuentra asegurado mediante un tanque reservorio de la red hidráulica, la cual se encuentra en circuito cerrado y por ende las pérdidas de agua son menores, este tanque reservorio suministra agua a la bomba hidráulica que es un equipo de altas revoluciones (3400 rpm), por lo que genera calor en el eje, siendo la misma agua usada como refrigerante, por lo que la falta de suministro de esta provocaría un deterioro prematuro de la bomba, por tanto el volumen de este reservorio está en función del caudal de la bomba.

De acuerdo a lo calculado para medir la capacidad en una tubería de ½” de diámetro, el caudal máximo que se podría generar es de 15,13 LPM y estableciendo un tiempo no mayor a 7 minutos para proteger el equipo se tendrá que el volumen del reservorio deberá ser igual a:

$$\text{Volumen del reservorio teorico} = 15,13 \frac{\text{L}}{\text{min}} * 7 \text{ min} = 105.91 \text{ litros}$$

Sin embargo para evitar algún intento de rebalse, se diseñara un tanque reservorio con un volumen 30% mayor al teórico

$$\text{Volumen del reservorio real} = 137.68 \text{ litros} \cong 140 \text{ litros}$$

Por otra parte, las dimensiones del tanque reservorio se encuentran en función del volumen calculado y de las limitaciones de espacio dadas por el laboratorio en donde se realiza la investigación, siendo la distancia entre la pared en donde se instalará el banco hidráulico una de las limitaciones la cual es de 600 mm, por lo que se consideraron las siguientes dimensiones:

- ✓ Ancho del tanque reservorio = 500 mm
- ✓ Largo del tanque reservorio = 700 mm
- ✓ Alto del tanque reservorio = 400 mm
- ✓ Espesor del tanque acrílico = 6 mm

El material del tanque es de policarbonato (acrílico), sostenido sobre una estructura metálica fabricado por ángulos de 1 ½” acero ASTM A-36 como se observa en el anexo N° 08. Plano DFBHCCEPCRDH-FIME-001.

• Dimensionamiento de la red de Distribución de la Red Hidráulica

Las líneas de tuberías o sistemas de tuberías están conformadas por un conjunto de tramos de sesión circular que conducen en su interior a la sustancia operante, debido a la naturaleza del estudio y a la formación de los estudiantes de Ingeniería Mecánica y de Energía es que se seleccionó anteriormente el tipo de material a las tuberías, siendo de acero

galvanizado, debido su versatilidad y consumo común, sin embargo esto no basta para la selección de una tubería, ya que para ello será necesario establecer sus dimensiones.

➤ **Calculo del espesor de la tubería**

El espesor de una tubería se encuentra delimitado por la presión a la que debe soportar, así como su diámetro, De acuerdo a la expresión de Mariotte se puede determinar por la siguiente ecuación:

$$e = \frac{p * D}{2 * \sigma} \dots \dots \dots (4.7)$$

Dónde:

e = Espesor interna (mm)

p = Presión actuante (Kg/cm2)

D = Diámetro externo (mm)

σ = Esfuerzo de trabajo del acero (Kg/cm2)

Tubería Galvanizada

Debido a los límites de espacio en el lugar de investigación se consideró que el rango de diámetros de tubería estará entre ½” y 1”, de acuerdo a la norma ISO R65 para serie liviana II en acero galvanizado, los espesores exteriores y el esfuerzo de trabajo son:

Tubería de ½”:

Diámetro exterior = 21,3 mm

Esfuerzo de trabajo = 4,92 MPa

Tubería de ¾”:

Diámetro exterior = 26,9 mm

Esfuerzo de trabajo = 4,92 MPa

Tubería de 1”:

Diámetro exterior = 33,7 mm

Esfuerzo de trabajo = 4,92 MPa

TABLA N° 4.3
ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TUBERÍA GALVANIZADA SERIE LIVIANA II

Denominación	Diámetro Exterior	Espesor	Área	Perímetro Exterior	Momento de Inercia	Módulo Resistente	Presión de Prueba Grado A
Ø Dn	De	e	A	Pr	I	W	
pulgadas	mm	mm	mm ²	mm	[mm ⁴]	[mm ³]	[MPa]
1/2	21,3	2.00	121	66.9	5.707	121	4,92
3/4	26.9	2.35	181	84.5	13.780	181	4,92
1	33.7	2.65	258	105.9	31.379	258	4,92
1 1/4	42.4	2.65	331	133.2	65.651	331	4,92
1 1/2	48.3	2.9	414	151.7	107.002	414	4,92
2	60.3	2.9	523	189.4	215.924	523	4,92
2 1/2	76.1	3.25	744	239.1	494.419	744	4,92
3	88.9	3.25	875	279.3	803.064	875	4,92
4	114.3	3.65	1269	359.1	1943.924	1269	4,92

Fuente: NORMA ISO R65

Por otro lado, la presión actuante está determinado por la presión que genera la bomba, la cual de acuerdo al grafico N° 4.6 genera un máximo de 25 mca que es equivalente a 0,24524 MPa.

Espesor mínimo para la Tubería de 1/2":

$$e = \frac{0,24524 \times 21,3}{2 \times 4,92} = 0,53 \text{ mm}$$

Por lo tanto, seleccionamos el espesor de la Tabla N° 4.3 el cual es superior al espesor calculado, lo que estaría dentro del margen aceptable.

$$e_{1/2"} = 2 \text{ mm}$$

$$D_{int} = D_{ext} - 2 * e = 21,3 - 2 \times 2 = 17,3$$

Espesor mínimo para la Tubería de 3/4":

$$e = \frac{0,24524 \times 26,9}{2 \times 4,92} = 0,67 \text{ mm}$$

Por lo tanto, seleccionamos el espesor de la Tabla N° 4.3 el cual es superior al espesor calculado, lo que estaría dentro del margen aceptable.

$$e_{3/4"} = 2,35 \text{ mm}$$

$$D_{int} = D_{ext} - 2 * e = 26,9 - 2 \times 2,35 = 22,2$$

Espesor mínimo para la Tubería de 1”:

$$e = \frac{0,24524 \times 33,7}{2 \times 4,92} = 0.87 \text{ mm}$$

Por lo tanto, seleccionamos el espesor de la Tabla N° 4.3 el cual es superior al espesor calculado, lo que estaría dentro del margen aceptable.

$$e_{1"} = 2,65 \text{ mm}$$

$$D_{int} = D_{ext} - 2 * e = 33.7 - 2 \times 2,65 = 28,4$$

De igual manera por la naturaleza del estudio se utilizarán tuberías de distinto material, debido a que las pérdidas de carga dependen del tipo de material, por lo que contrastar esta afirmación con tubería de diámetros internos similares beneficiara los conocimientos e incentivara la investigación, las tuberías que presenta mayores pérdidas entre las tuberías en acero galvanizado seleccionadas son las de ½” de diámetro por lo que la selección de las otras tuberías estarán basadas en esta medida.

Tubería de cobre

Las tuberías de cobre al igual que las de acero galvanizado permiten el transporte de fluidos en su interior, sin embargo por sus propiedades como resistencia a la corrosión, buena conductividad térmica y eléctrica, así como resistente al fuego, etc. Es que su aplicación se ha generalizado en la industria como la de refrigeración, aire acondicionado, instalaciones de gas, agua potable entre otras.

Las fabricaciones de estas tuberías de cobre rígidas se encuentran establecidas bajo las normas A.S.T.M B-88 y A.S.T.M B-42 y se encuentran clasificadas en:

Tubería Tipo M: Aplicable para instalaciones hidráulicas calientes y frías, en viandas o edificios, cuyas características se encuentran en la siguiente tabla:

TABLA N° 4.4
ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TUBERÍA RÍGIDA DE COBRE TIPO M

NO. DE CATÁLOGO	MEDIDA CATÁLOGO NOMINAL	DIÁMETRO				ESPESOR NOMINAL		PRESIÓN MÁXIMA TRABAJO	
		EXTERIOR		INTERIOR		PULGS.	MM.	KG/CM ²	LB/IN ²
		PULGS.	MM.	PULGS.	MM.				
	1/4	0.375	9.525	0.325	8.255	0.025	0.635	53.0	753.7
TMC0001	3/8	0.500	12.700	0.450	11.430	0.025	0.635	39.0	554.6
TMC0002	1/2	0.625	15.875	0.569	14.453	0.028	0.711	35.5	504.8
TMC0003	5/8	0.750	19.050	0.690	17.526	0.030	0.762	32.0	455.0
TMC0004	3/4	0.875	22.225	0.811	20.599	0.032	0.813	28.5	405.3
TMC0005	1	1.125	28.575	1.055	26.797	0.035	0.889	24.0	341.3
TMC0006	1 1/4	1.375	34.925	1.291	32.791	0.042	1.067	24.0	341.3
TMC0007	1 1/2	1.625	41.275	1.527	38.786	0.049	1.245	23.5	334.2

Fuente: Metal TEJ.

Tubería Tipo L: Aplicable para instalaciones hidráulicas en condiciones severas, para agua caliente, instalaciones de gas domiciliaria, refrigeración y calefacción, etc. cuyas características se encuentran en la siguiente tabla:

TABLA N° 4.5
ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TUBERÍA RÍGIDA DE COBRE TIPO L

NO. DE CATÁLOGO	MEDIDA CATÁLOGO NOMINAL	DIÁMETRO				ESPESOR NOMINAL		PRESIÓN MÁXIMA TRABAJO	
		EXTERIOR		INTERIOR		PULGS.	MM.	KG/CM ²	LB/IN ²
		PULGS.	MM.	PULGS.	MM.				
TLC0001	1/4	0.375	9.525	0.315	8.001	0.030	0.762	62.43	887.75
TLC0002	3/8	0.500	12.700	0.430	10.922	0.035	0.889	55.58	790.35
TLC0003	1/2	0.625	15.875	0.545	13.843	0.040	1.016	51.54	732.90
TLC0004	5/8	0.750	19.050	0.666	16.916	0.042	1.067	45.01	640.04
TLC0005	3/4	0.875	22.225	0.785	19.939	0.045	1.143	40.84	580.74
TLC0006	1	1.125	28.575	1.025	26.035	0.050	1.270	35.51	504.95
TLC0007	1 1/4	1.375	34.925	1.265	32.131	0.055	1.397	32.44	461.30
TLC0008	1 1/2	1.625	41.275	1.505	38.227	0.060	1.524	29.46	867.89
TLC0010	2	2.125	53.975	1.985	50.419	0.070	1.778	25.80	760.07

Fuente: Metal TEJ.

Tubería Tipo K: Aplicable para instalaciones industriales para gas y liquido en condiciones muy severas.

TABLA N° 4.6
ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE TUBERÍA RÍGIDA DE COBRE TIPO K

NO. DE CATÁLOGO	MEDIDA CATÁLOGO NOMINAL	DIÁMETRO				ESPESOR NOMINAL		PRESIÓN MÁXIMA TRABAJO	
		EXTERIOR		INTERIOR		PULGS.	MM.	KG/CM ²	LB/IN ²
		PULGS.	MM.	PULGS.	MM.				
TKC0002	3/8	0.500	12.700	0.402	10.211	0.049	1.245	81.0	1151.82
TKC0004	1/2	0.625	15.875	0.527	13.386	0.049	1.245	64.0	910.08
TKC0003	5/8	0.750	19.050	0.652	16.561	0.049	1.245	53.0	753.66
TKC0005	3/4	0.875	22.225	0.745	18.923	0.065	1.651	61.5	874.53
	1	1.125	28.575	0.995	25.273	0.065	1.651	47.5	675.45
	1 1/4	1.375	34.925	1.245	31.623	0.065	1.651	38.5	547.47
	1 1/2	1.625	41.275	1.481	37.617	0.072	1.829	36.0	511.92
	2	2.125	53.975	1.959	59.759	0.083	2.11	31.0	440.82

Fuente: Metal TEJ.

De acuerdo a lo establecido anteriormente se seleccionó una tubería de que tenga un diámetro interno similar la tubería galvanizada de ½”, el cual tiene un diámetro interno de 17,3 mm, siendo la tubería de cobre de 5/8” tipo L, la que satisface muy cercanamente ya que su diámetro interno es de 16,916 mm y un espesor de 1,067 mm.

Similar al cálculo de espesor de la tubería galvanizada, se tomará como presión crítica a la presión que genera la bomba, la cual de acuerdo al grafico N° 4.6 genera un máximo de 25 mca que es equivalente a 0,24524 MPa.

Así mismo, de acuerdo a la tabla N° 4.5, esta tubería tiene una presión de trabajo de 45,01 Kg/Cm², lo que es igual a 4,414 MPa.

Espesor mínimo para la Tubería de ½”:

$$e = \frac{0,24524 \times 19.05}{2 \times 4,414} = 0,529 \text{ mm}$$

Por lo tanto, seleccionamos el espesor de la Tabla N° 4.5 el cual es superior al espesor calculado, lo que estaría dentro del margen aceptable.

$$e_{5/8"} = 1,067 \text{ mm}$$

➤ **Dimensiones de la red de distribución hidráulica de las tuberías**

La red de distribución hidráulica propuesta está conformada por un conjunto de tuberías, una bomba y accesorios de tal forma que se puedan realizar ensayos experimentales en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas de la - FIME UNAC, encontrándose delimitado por el área de la superficie designada hacia la pared del laboratorio, siendo esta área de 2 m de alto x 3,5 m de largo.

La red de distribución hidráulica comienza por el tanque reservorio de paredes de policarbonato transparente que tiene una longitud de 700 mm, la tubería de succión de acero galvanizado de 1" de diámetro, la bomba centrífuga de 0,75 Hp marca Humboldt de 3400 rpm y la tubería de descarga de acero galvanizado de 1" de diámetro, que tienen una longitud de 650 mm distribuidos y dimensionado según el plano del anexo N° 08. La tubería de descarga esta sostenida por abrazaderas metálicas, fijados a una plancha de madera prensada (plancha de melanina) de 1820 mm x 210 mm x 15 mm,

**TABLA N° 4.7
TUBERÍA DE SUCCIÓN Y DESCARGA**

Tubería	Cant	Características
Tubería de succión	1	Tubería galvanizada ISO R65 de 1" NPT
	2	Niple de Tubería galvanizada ISO R65 de 1" NPT
	2	Codo largo galvanizado de 90° de 1" NPT
Tubería de descarga	1	Tubería galvanizada ISO R65 de 1" NPT
	1	Tubería galvanizada ISO R65 de 1" NPT
	1	Niple de Tubería galvanizada ISO R65 de 1" NPT
	2	Niple de Tubería galvanizada ISO R65 de 1" NPT
	3	Niple de Tubería galvanizada ISO R65 de 3/4" NPT
	1	Reducción galvanizada tipo campana de 1" a 3/4" NPT
	1	Tee de bronce de 3/4" NPT
	1	Válvula de globo de bronce de 1" NPT
	1	Caudalímetro tipo rotámetro de 6 a 50 Litros/Hora
	2	Válvulas de bola de PVC de 1/2" NPT
	2	Abrazadera U Bolt con rosca de 1"
2	Grapa metálica de 2 pies para 1"	

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se dispone de configurar con 8 líneas de prueba, sostenidos por grapas metálicas de dos pies, fijados a una plancha de

madera prensada (plancha de melanina) de 1820 mm x 1820 mm x 15 mm y esta sostenido sobre una estructura metálica fabricado por ángulos de 1 ½" acero ASTM A-36 como se observa en el anexo N° 08, las líneas de prueba están separados por 150 mm de la línea de descarga, por lo que la longitud restante de la dimensión limitada será de 2m, distribuidos y dimensionados según el plano del anexo N° 08.

- ✓ La línea 1: se encuentra en la parte inferior, el cual tiene como fin, el estudio de las pérdidas de carga de acero galvanizado en un codo de 90° recto, un codo de 90° largo de ½" y su conjunto con una tubería de ½" diámetro.
- ✓ La línea 2: Tiene como fin el estudio de las pérdidas de carga, de una válvula de compuerta y una válvula check de ½" de material de bronce.
- ✓ La línea 3: Tiene como fin el estudio de las pérdidas de carga, de una válvula de bola de ½" pulgada de diámetro.
- ✓ La línea 4: Tiene como fin el estudio de las pérdidas de carga de acero galvanizado de una tubería recta de de ¾", una ampliación de ½" a ¾" y una reducción de ¾" a ½".
- ✓ La línea 5: Tiene como fin el estudio de las pérdidas de carga de acero galvanizado de una tubería recta de de 1", una ampliación de ¾" a 1" y una reducción de 1" a ¾".
- ✓ La línea 6: Tiene como fin el estudio de las pérdidas de carga de una tubería recta de cobre de 5/8" de diámetro.
- ✓ La línea 7: Tiene como fin el estudio de las pérdidas de carga de una tubería recta de bronce de 1/2" de diámetro.
- ✓ La línea 8: Tiene como fin el estudio de las pérdidas de carga de contiene una tuberías en paralelo de acero galvanizado de ½" de diámetro.

TABLA N° 4.8

TUBERÍAS Y ACCESORIOS - LÍNEAS DE PRUEBA DEL BANCO HIDRÁULICO

Tubería	Cant	Características
Línea de prueba N°1	2	Tubería galvanizada ISO R65 de 1/2" NPT
	4	Niple de Tubería galvanizada ISO R65 de 1/2" NPT
	4	Válvulas de bola de PVC de 1/2" NPT
	1	Codo corto galvanizado de 90° de 1/2" NPT
	4	Tee de bronce de 1/2" NPT
	3	Codo largo galvanizado de 90° 1/2" NPT
Línea de prueba N°2	2	Tubería galvanizada ISO R65 de 1/2" NPT
	1	Tubería galvanizada ISO R65 de 1/2" NPT
	4	Niple de Tubería galvanizada ISO R65 de 1/2" NPT
	4	Válvulas de bola de PVC de 1/2" NPT
	4	Tee de bronce de 1/2" NPT
	1	válvula check de bronce de 1/2" NPT
	1	válvula de compuerta de 1/2" NPT
Línea de prueba N°3	2	Tubería galvanizada ISO R65 de 1/2" NPT
	2	Niple de Tubería galvanizada ISO R65 de 1/2" NPT
	2	Tee de bronce de 1/2" NPT
	1	Válvula de bola de acero cromado de 1/2" NPT
Línea de prueba N°4	1	Tubería galvanizada ISO R65 de 3/4" NPT
	2	Tubería galvanizada ISO R65 de 1/2" NPT
	2	Niple de Tubería galvanizada ISO R65 de 1/2" NPT
	2	Tee de bronce de 1/2" NPT
	2	Tee de bronce de 3/4" NPT
	2	Reducción galvanizada tipo campana de 3/4" a 1/2" NPT
	2	Válvulas de bola de PVC de 1/2" NPT
Línea de prueba N°5	2	Válvulas de bola de PVC de 3/4" NPT
	1	Tubería galvanizada ISO R65 de 1" NPT
	2	Tubería galvanizada ISO R65 de 3/4" NPT
	2	Niple de Tubería galvanizada ISO R65 de 3/4" NPT
	2	Tee de bronce de 3/4" NPT
	2	Tee de bronce de 1" NPT
	2	Reducción galvanizada tipo campana de 1" a 3/4" NPT
	2	Válvulas de bola de PVC de 3/4" NPT
Línea de prueba N°6	2	Válvulas de bola de PVC de 1" NPT
	1	Tubería de cobre tipo L - ASTM-B 88 / 42 de 5/8" NPT
	2	Tubería de cobre tipo L - ASTM-B 88 / 42 de 5/8" NPT
	2	Tee de bronce de 1/2" NPT
Línea de prueba N°7	2	Válvulas de bola de PVC de 1/2" NPT
	1	Tubería de bronce ASTM-B 143 de 1/2" NPT
	2	Tubería de bronce ASTM-B 143 de 1/2" NPT
Línea de prueba N°8	2	Tee de bronce de 1/2" NPT
	2	Válvulas de bola de PVC de 1/2" NPT
	2	Tubería galvanizada ISO R65 de 1/2" NPT
	2	Tubería galvanizada ISO R65 de 1/2" NPT
	2	Niple de Tubería galvanizada ISO R65 de 1/2" NPT
	4	Codo largo galvanizado de 90° 1/2" NPT
Elemento de fijación	2	Tee de bronce de 1/2" NPT
	2	Válvulas de bola de PVC de 1/2" NPT
	2	Grapa metálica de 2 pies para 1"
	5	Grapa metálica de 2 pies para 3/4"
	50	Grapa metálica de 2 pies para 1/2"

Fuente: Elaboración propia.

4.6.2 Fabricación del Banco hidráulico

La fabricación es un proceso que consiste la transformación de una materia prima en un producto terminado, siendo esta efectuada por etapas o pasos, los cuales comprenden en los cuales se desdoblán en:

- **Construcción**

La etapa de construcción consistió en la transformación de las tuberías a medida, de acuerdo al plano del anexo N° 8 el cual consistió en:

- ✓ **Habilitado de tuberías**

El habilitado consistió en el corte de las tuberías a medida de acuerdo al plano del anexo N° 7 con amoladora, por otro lado la tubería a habilitar fue adecuadamente soportada por medio de unos trípodes, ubicados a ambos lados de la línea de corte.

Para el habilitado se hizo un trazo previo de la línea de corte en toda la circunferencia del tubo, siendo este perpendicular al eje de la tubería, para luego proceder a realizar el corte por medio de la amoladora con disco abrasivo.

Por otro lado, las superficies en la línea de corte fueron pulidas tanto en el interior como en el exterior con el fin de eliminar rebabas.

- ✓ **Roscado de tuberías**

Esta actividad fue tercerizada, debido a que se tenía que contar con una máquina roscadora la cual se colocó en una base nivelada, colocando a la tubería en el cabezal de la roscadora y ajustando hasta que este fijo, se procediendo a graduar de acuerdo al diámetro de la tubería a roscar, encendiendo posteriormente a la máquina a fin de que el peine realice el roscado, procediendo luego a desajustar los cabezales para el retiro de la tubería.

- **Ensamblaje de las líneas**

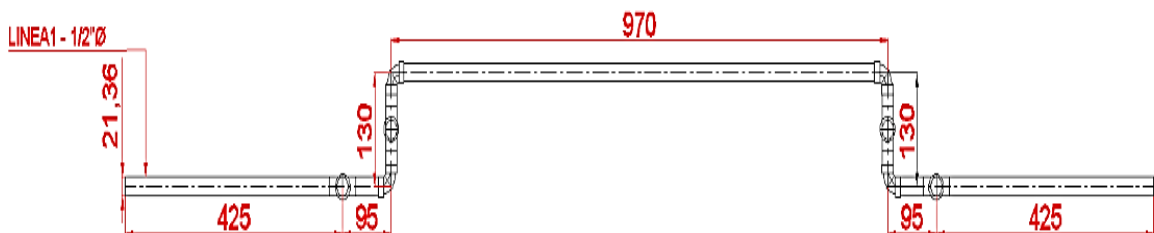
El ensamblaje no es otra cosa que la unión de todos los elementos que conforman la red de distribución hidráulica, siendo esta una etapa posterior a la construcción, uniendo a las tuberías y accesorios, siendo necesario encintar las partes roscadas con teflón, sin embargo se debe de asegurar que la cinta se coloque en la rosca y que no sobresalga hacia el interior de la tubería ya que se volvería una obstrucción para el flujo de agua, posteriormente fue ajustada tanto la tubería como el accesorio con llaves estilson hasta introducir casi toda la rosca de la tubería en el accesorio.

Por otro lado, el ensamblaje se realizó en el interior del Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas, a fin que la instalación se realice según lo planeado en cada línea de prueba.

Así mismo luego de preparar los tramos de tubería los cuales fueron habilitados y roscados en los procesos anteriores, se procedió a conectar cada línea de prueba de la siguiente manera.

- ✓ Línea 1: Se realizó la conexión desde un extremo uniendo el tramo de tubería de 425 mm, con la conexión Tee, el cual llevará la válvula de bola para el punto de prueba aguas arriba, conectando posteriormente el codo de 90° recto de 1/2", en cual se realizará el estudio de la perdida de carga, para posteriormente continuar conectando el punto de prueba aguas abajo, de manera similar para el codo de 90° largo de 1/2", de acuerdo al grafico N° 4.13.

GRAFICO N° 4.13
DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 1



Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 4.14
LÍNEA DE PRUEBA N° 1 PARA CODOS DE 90° DE 1/2"



Fuente: Elaboración propia

- ✓ Línea 2: De igual manera se realizó la conexión desde un extremo uniendo el tramo de tubería de 420 mm, con la conexión Tee, el cual llevará la válvula de bola para el punto de prueba aguas arriba, conectando posteriormente una válvula check de 1/2" de material de bronce, en cual se realizará el estudio de la perdida de carga, para posteriormente continuar conectando el punto de prueba aguas abajo, de manera similar para el tramo de tubería galvanizada de 1/2" de diámetro x 830 mm de longitud y la válvula de compuerta de 1/2".

GRAFICO N° 4.15
DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 2



Fuente: Elaboración propia

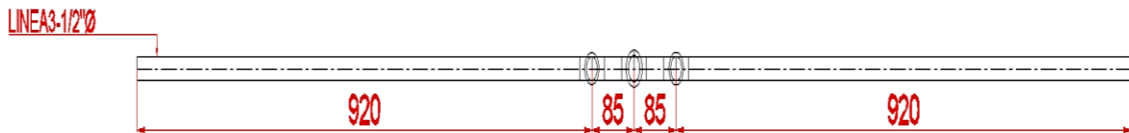
GRAFICO N° 4.16
LÍNEA DE PRUEBA N° 2 PARA VÁLVULA DE COMPUERTA Y VÁLVULA CHECK
DE 1/2" DE MATERIAL DE BRONCE



Fuente: Elaboración propia

- ✓ Línea 3: Para esta conexión se unió el tramo de tubería de 920 mm, con la conexión Tee, el cual llevará la válvula de bola para el punto de prueba aguas arriba, conectando posteriormente una válvula de bola de $\frac{1}{2}$ " , en cual se realizará el estudio de la pérdida de carga, para posteriormente continuar conectando el punto de prueba aguas abajo, concluyendo con el extremo posterior de tubería galvanizada de 920 mm.

GRAFICO N° 4.17
DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 3



Fuente: Elaboración propia

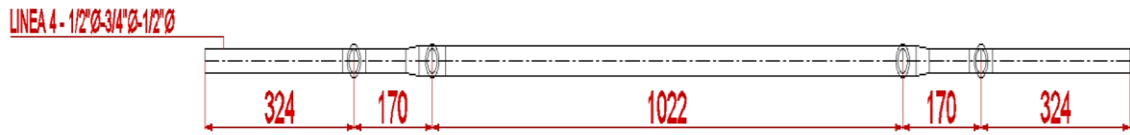
GRAFICO N° 4.18
LÍNEA DE PRUEBA N° 3 PARA VÁLVULA DE BOLA DE $\frac{1}{2}$ "



Fuente: Elaboración propia

- ✓ Línea 4: Similar a los anteriores, la conexión se comenzó desde el tramo de tubería de 324 mm, con la conexión Tee, el cual llevará la válvula de bola para el punto de prueba aguas arriba, conectando posteriormente con una ampliación de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ " , en cual se realizará el estudio de la pérdida de carga, para posteriormente continuar conectando el punto de prueba aguas abajo, de manera similar para el tramo de tubería de $\frac{3}{4}$ " de diámetro x 1022 mm de longitud y la reducción de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ " .

GRAFICO N° 4.19
DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 4



Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 4.20
LÍNEA DE PRUEBA N° 4 PARA TUBERÍA GALVANIZADA RECTA DE 3/4", UNA
AMPLIACIÓN DE 1/2" A 3/4" Y UNA REDUCCIÓN DE 3/4" A 1/2"



Fuente: Elaboración propia

- ✓ Línea 5: Similar a línea N° 4, la conexión se comenzó desde el tramo de tubería de 324 mm, con la conexión Tee, el cual llevará la válvula de bola para el punto de prueba aguas arriba, conectando posteriormente con una ampliación de 3/4" a 1", en cual se realizará el estudio de la pérdida de carga, para posteriormente continuar conectando el punto de prueba aguas abajo, de manera similar para el tramo de tubería de 1" de diámetro x 1022 mm de longitud y la reducción de 1" a 3/4".

GRAFICO N° 4.21
DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 5



Fuente: Elaboración propia

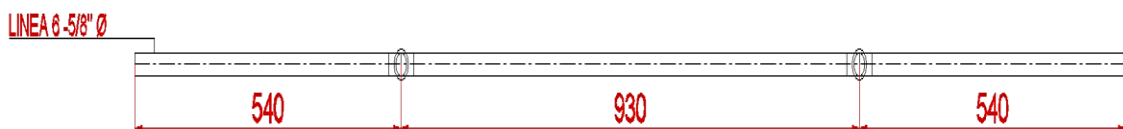
GRAFICO N° 4.22
LÍNEA DE PRUEBA N° 5 PARA TUBERÍA GALVANIZADA RECTA DE 1", UNA
AMPLIACIÓN DE 3/4" A 1" Y UNA REDUCCIÓN DE 1" A 3/4"



Fuente: Elaboración propia

- ✓ Línea 6: Esta línea de prueba es de un material de la tubería distinta a las vistas en las líneas anteriores, su instalación comenzó desde el tramo de tubería rígida de cobre de 5/8" de diámetro x de 540 mm de longitud, con la conexión Tee, el cual llevará la válvula de bola para el punto de prueba aguas arriba, conectando posteriormente con el tramo de 930 mm de longitud en el cual se realizará el estudio de la pérdida de carga, para posteriormente continuar conectando el punto de prueba aguas abajo.

GRAFICO N° 4.23
DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 6



Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 4.24
LÍNEA DE PRUEBA N° 6 PARA TUBERÍA DE COBRE RÍGIDO TIPO L DE 5/8" DE
DIÁMETRO



Fuente: Elaboración propia

- ✓ Línea 7: de manera similar a la línea N° 6, se instala una tubería de distinto material, su instalación comenzó desde el tramo de tubería de bronce de $\frac{1}{2}$ " de diámetro x 540 mm de longitud, con la conexión Tee, el cual llevará la válvula de bola para el punto de prueba aguas arriba, conectando posteriormente con el tramo de 930 mm de longitud en el cual se realizará el estudio de la pérdida de carga, para posteriormente continuar conectando el punto de prueba aguas abajo.

GRAFICO N° 4.25
DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 7



Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 4.26
LÍNEA DE PRUEBA N° 7 PARA TUBERÍA DE BRONCE DE $\frac{1}{2}$ " DE DIÁMETRO



Fuente: Elaboración propia

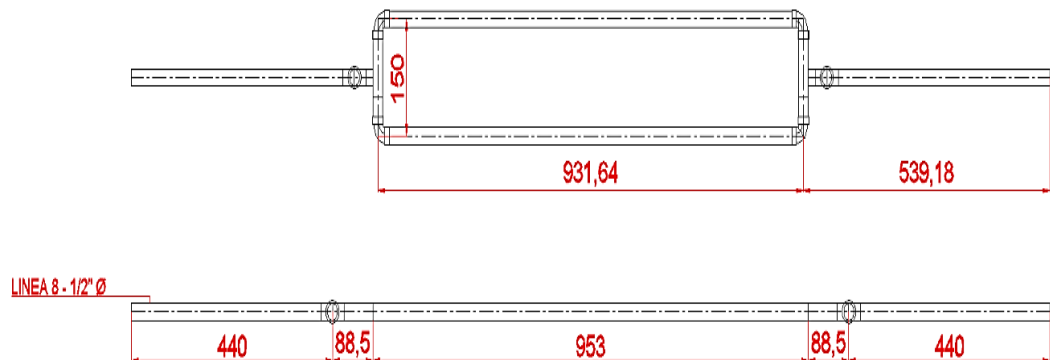
- ✓ Línea 8: para esta línea de prueba se instaló el tramo en paralelo de tuberías de acero galvanizado de $\frac{1}{2}$ " de diámetro x 931 mm de longitud con codos de 90° y conexiones Tee, que es en donde se realizará el estudio de la pérdida de carga.

GRAFICO N° 4.27
LÍNEA DE PRUEBA N° 8 PARA TUBERÍA EN PARALELO DE ACERO GALVANIZADO DE $\frac{1}{2}$ " DE DIÁMETRO



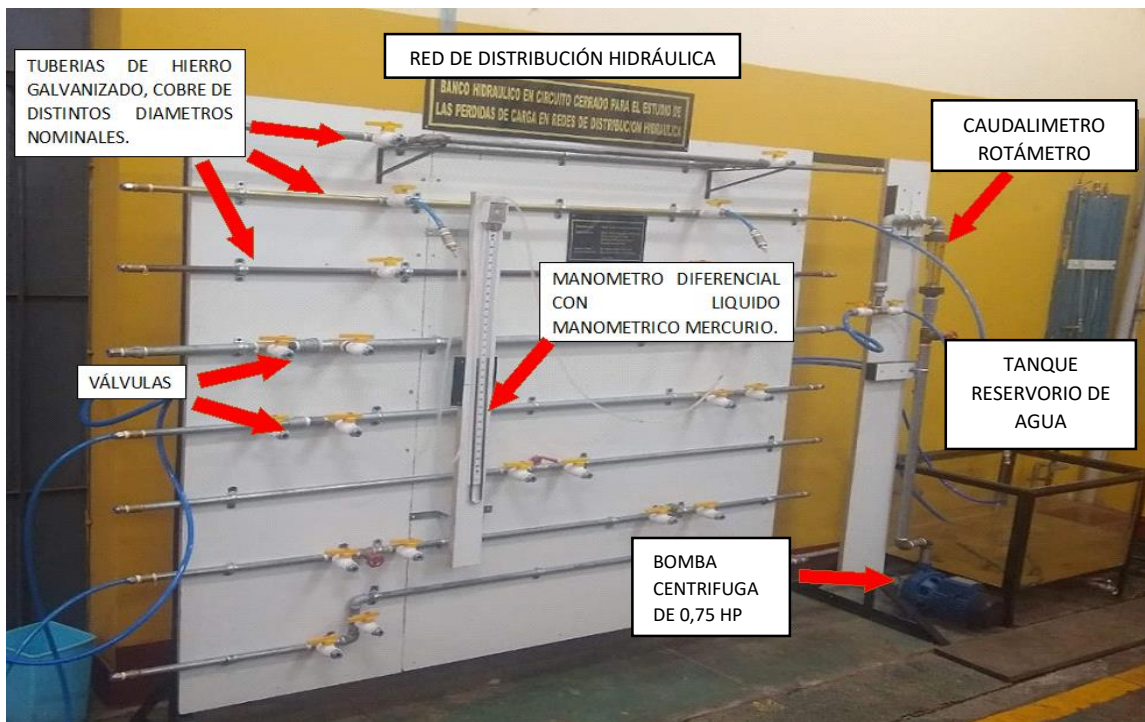
Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 4.28
DIMENSIONES DE LA LÍNEA N° 8



Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 4.29
RED DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA



Fuente: Elaboración propia

- **Puesta en funcionamiento.**

Esta actividad consiste en verificar que la Red de Distribución Hidráulica instalada funcione adecuadamente para lo que fue diseñado, mediante inspección visual al encender el banco de instrucción experimental.

✓ **Inspección de la bomba hidráulica**

Antes de encender la bomba fue necesario llenar el tanque reservorio llenar el tanque reservorio, a fin de llenar la tubería de succión y el interior de la bomba (cebar) y realizar la siguiente secuencia:

- Verificar que la válvula de descarga esté abierta.
- Encender la bomba hidráulica.
- Verificar que el sentido de flujo sea el correcto.
- Verificar que no produzca sonidos extraños o vibración.
- Cerrar la válvula de descarga.
- Verificar que no presente fugas.
- Verificar que no produzca sonidos extraños o vibración.

La bomba inspeccionada no presento estas anomalías, por lo que se procedió a seguir con la inspección de la red.

✓ **Inspección de la Caudalimetro tipo Rotámetro**

El caudalimetro marca Dwyer tipo rotámetro de la presente investigación, es un medidor de gasto volumétrico de sección variable y sellado por gravedad, que pertenece a la línea de descarga con un rango de 5 a 50 L/Hora, por lo que su inspección es de suma importancia, realizándose una contrastación de la medida que arroja el instrumento versus el caudal hallado por el método volumétrico.

Para esta inspección se encendió el equipo y se graduó a un caudal específico por medio del caudalimetro.

Caudal de prueba con caudalimetro: 15 LPM.

Por otra parte, la rapidez flujo fluido o cauda por el método volumétrico se determina mediante el volumen de la sustancia operante registrado por una probeta en un tiempo determinado por medio de un cronometro.

$$\dot{V} = \frac{\text{Volumen}}{\text{tiempo}} \dots\dots\dots (4,8)$$

Volumen de prueba por probeta : 1880 cc

Tiempo de llenado : 7,5 segundos

Aplicando la ecuación (4.8).

$$\dot{V} = \frac{1,88 \text{ litros}}{7,5 \text{ seg}} = 0,2506 \frac{l}{seg} = 15,04 \text{ LPM}$$

Por lo que concluimos que el caudalímetro se encuentra operativo y en buen estado.

✓ **Prueba de estanqueidad**

Para esta prueba fue necesario llenar el tanque reservorio y energizar la bomba hidráulica llenando de agua a toda la red hidráulica y purgando todo el aire posible, luego se cerró un extremo de la red a fin de que la red quede presurizada, inspeccionando visualmente la salida de fluido por cada una de las uniones.

✓ **Toma de datos para el ensayo de pérdidas de carga.**

Para finalizar la puesta en funcionamiento del Banco Hidráulico en Circuito Cerrado, fue necesario probar el equipo por medio de ensayos experimentales en cada línea de prueba y de esta manera estudiar de las pérdidas de carga en la red de Distribución Hidráulica.

El procedimiento a seguir en el análisis experimental debe cumplir el siguiente procedimiento:

- **Llenado del tanque reservorio:** Antes de encender el equipo se deberá llenar el tanque reservorio con agua, a fin de que suministre agua a la red por medio de la bomba hidráulica.

- **Conexión de líneas de prueba:** Cada línea de prueba es independiente por lo que cada vez que se realice ensayos en una línea, se deberá de conectar con la tubería de descarga por medio de una manguera flexible, aperturar la válvula (V_2) o (V_3) según la línea de prueba a ensayar y conectar los puntos de prueba.
- **Válvulas antes del encendido:** Antes del encendido del equipo se deberá Verificar que todas las válvulas del banco estén cerradas.
- **Encendido de la bomba hidráulica:** La bomba hidráulica aumenta la presión y velocidad al fluido con el fin de poder realizar estudios de las pérdidas de carga en la red.
- **Apertura de la válvula reguladora (V_1):** Con esta válvula se regula el caudal de prueba para el ensayo experimental y se mide mediante el caudalímetro tipo rotámetro.
- **Arreglo de válvulas en las líneas de pruebas:** Antes de dar inicio al ensayo, se deberá configurar el arreglo de válvulas según la línea de prueba a utilizar.

Línea 1:

Codo de acero galvanizado de 90° recto.

Válvulas abiertas: T_{21} , T_{22} .

Válvulas cerradas: T_{23} , T_{24} .

Codo de acero galvanizado de 90° largo.

Válvulas abiertas: T_{23} , T_{24} .

Válvulas cerradas: T_{21} , T_{22} .

Donde:

T: Válvulas de bola conectadas a los puntos de prueba del manómetro diferencial.

TABLA N° 4.9
DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 1

ITEM	Q (LPM)	Codo de 90° recto (mmHg)	Codo de 90° largo (mmHg)
1	15	50	14
2	12,5	37	11
3	10	24	6
4	7,5	14	4

Fuente: Elaboración propia

Línea 2:

Válvula check de ½" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₁₇, T₁₈.

Válvulas cerradas: T₁₉, T₂₀.

Tubería de acero galvanizado de ½" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₁₈, T₁₉.

Válvulas cerradas: T₁₇, T₂₀.

Válvula de compuerta de ½" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₁₉, T₂₀.

Válvulas cerradas: T₁₇, T₁₈.

TABLA N° 4.10
DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 2

ITEM	Q (LPM)	válvula check de ½" (mmHg)	Tubería de ½" (mmHg)	válvula compuerta de ½" (mmHg)
1	15	24	26	45
2	10	11	14	22
3	7,5	7	8	13

Fuente: Elaboración propia

Línea 3:

válvula de bola de 1/2" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₁₅, T₁₆.

TABLA N° 4.11
DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 3

ITEM	Q (LPM)	Válvula de bola de 1/2" (mmHg)
1	15	22
2	12,5	14
3	10	9
4	7,5	6

Fuente: Elaboración propia

Línea 4:

Ampliación de 1/2" a 3/4", acero galvanizado.

Válvulas abiertas: T₁₁, T₁₂.

Válvulas cerradas: T₁₃, T₁₄.

Tubería de acero galvanizado de 3/4" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₁₂, T₁₃.

Válvulas cerradas: T₁₁, T₁₄.

reducción de 3/4" a 1/2" acero galvanizado.

Válvulas abiertas: T₁₃, T₁₄.

Válvulas cerradas: T₁₁, T₁₂.

TABLA N° 4.12
DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 4

ITEM	Q (LPM)	Ampliación de 1/2" a 3/4" (mmHg)	Tubería de 3/4" (mmHg)	reducción de 3/4" a 1/2" (mmHg)
1	15	1,5	4	23
2	10		3	10
3	7,5		2,5	6

Fuente: Elaboración propia

Línea 5:

Ampliación de 3/4" a 1", acero galvanizado.

Válvulas abiertas: T₇, T₈.

Válvulas cerradas: T₉, T₁₀.

Tubería de acero galvanizado de 1" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₈, T₉.

Válvulas cerradas: T₇, T₁₀.

reducción de 1" a 3/4", acero galvanizado.

Válvulas abiertas: T₉, T₁₀.

Válvulas cerradas: T₇, T₈.

TABLA N° 4.13
DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 5

ITEM	Q (LPM)	Ampliación de 3/4" a 1" (mmHg)	Tubería de 1" (mmHg)	reducción de 1" a 3/4" (mmHg)
1	32,5	2	3	29
2	25	1	2	20
3	17,5		1	10
4	12,5		0,5	5

Fuente: Elaboración propia

Línea 6:

Tubería de cobre de 5/8" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₅, T₆.

TABLA N° 4.14
DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 6

ITEM	Q (LPM)	Tubería de cobre de 5/8" (mmHg)
1	15	12
2	10	6,5
3	7,5	4,5
4	5	3,5

Fuente: Elaboración propia

Línea 7:

Tubería de bronce de ½" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₃, T₄.

TABLA N° 4.15
DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 7

ITEM	Q (LPM)	Tubería de bronce de ½" (mmHg)
1	15	24
2	12,5	18
3	10	12
4	7,5	8

Fuente: Elaboración propia

Línea 8:

✓ Tubería en paralelo de acero galvanizado de ½" de diámetro.

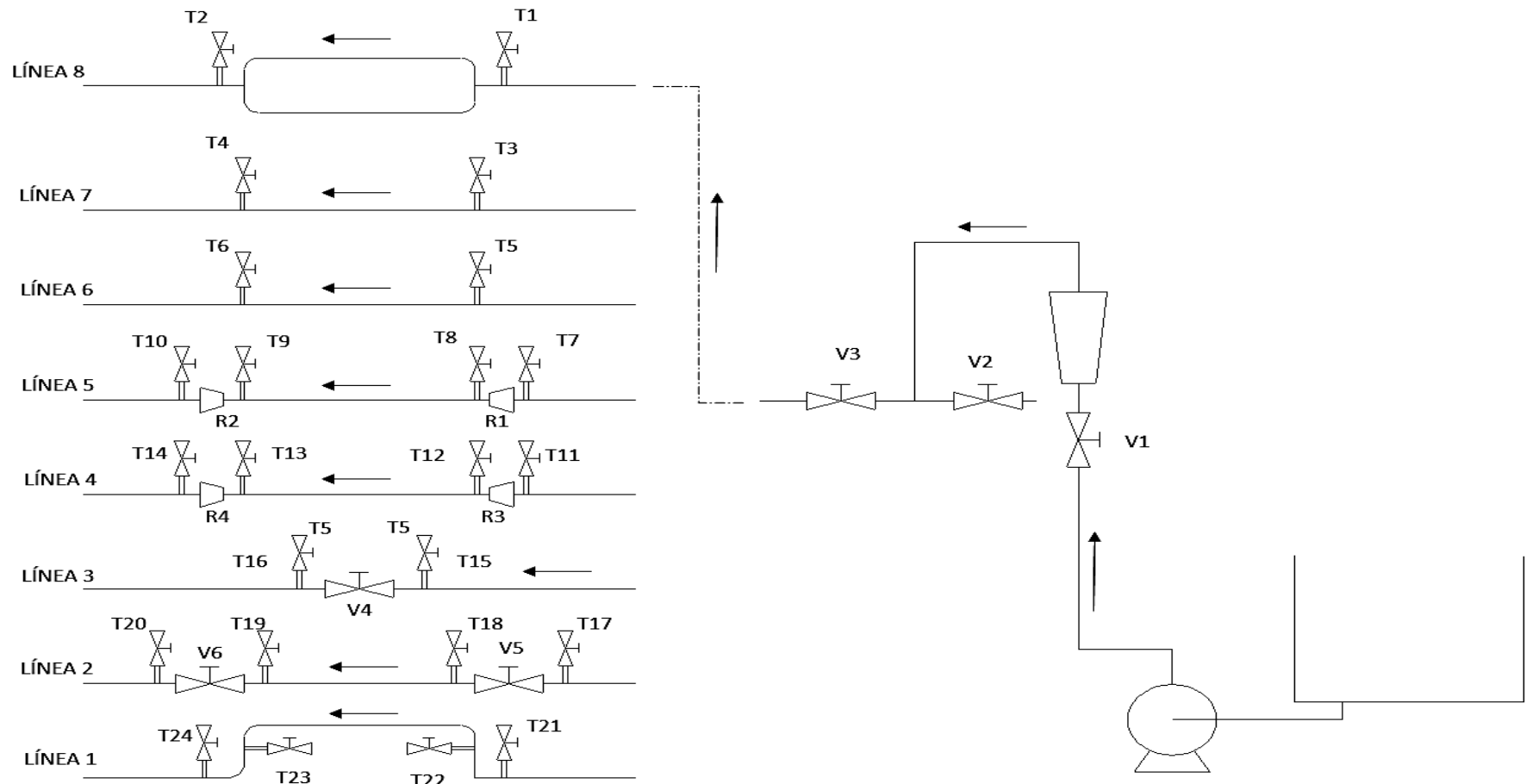
Válvulas abiertas: T₁, T₂.

TABLA N° 4.16
DATOS DE PRUEBA DE LA LÍNEA N° 8

ITEM	Q (LPM)	Tubería en paralelo de ½" (mmHg)
1	15	50
2	12,5	38
3	10	25
4	7,5	15

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 4.30
ESQUEMA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA

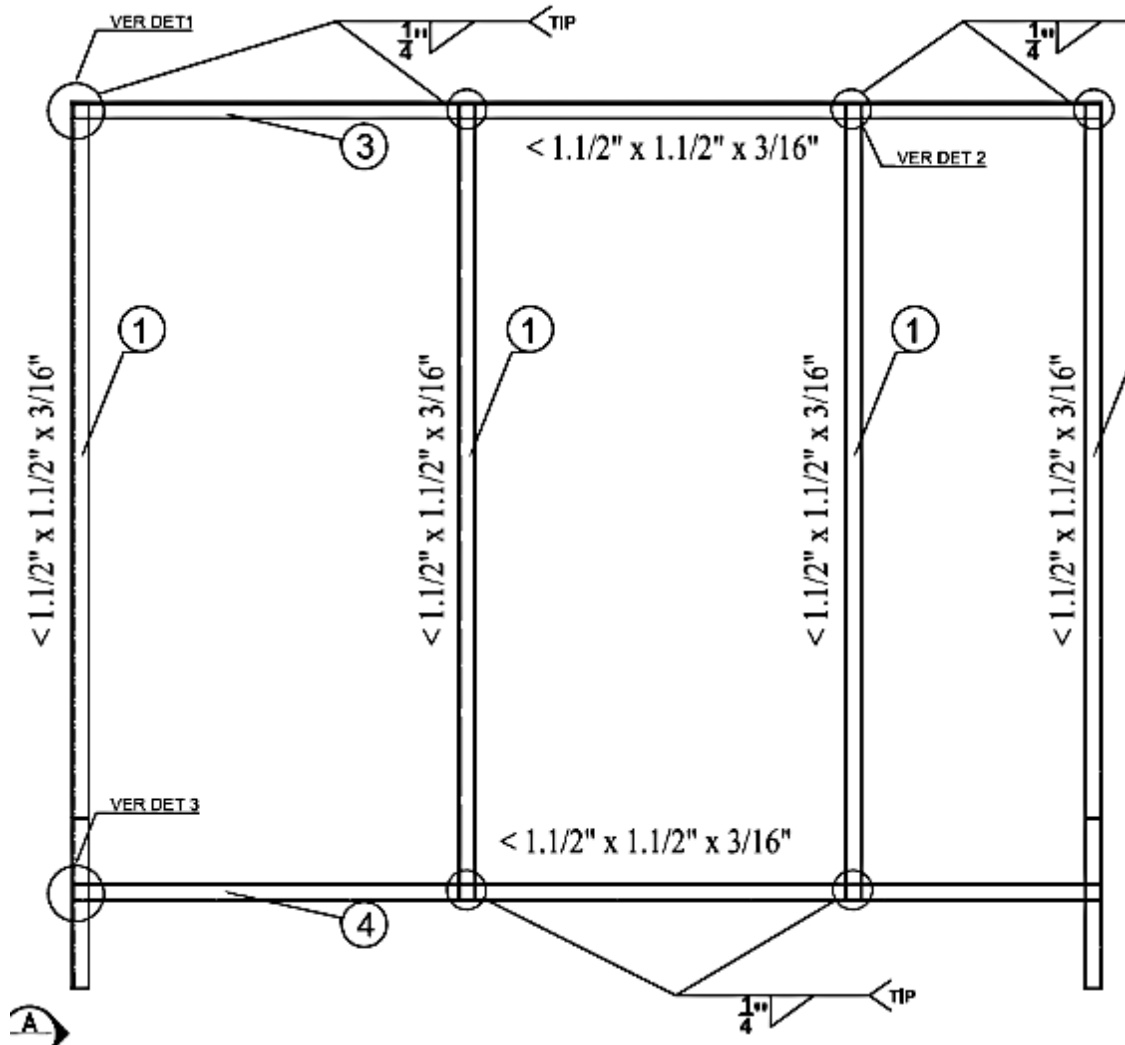


Fuente: Elaboración propia

- **Ensamblaje de las estructuras**

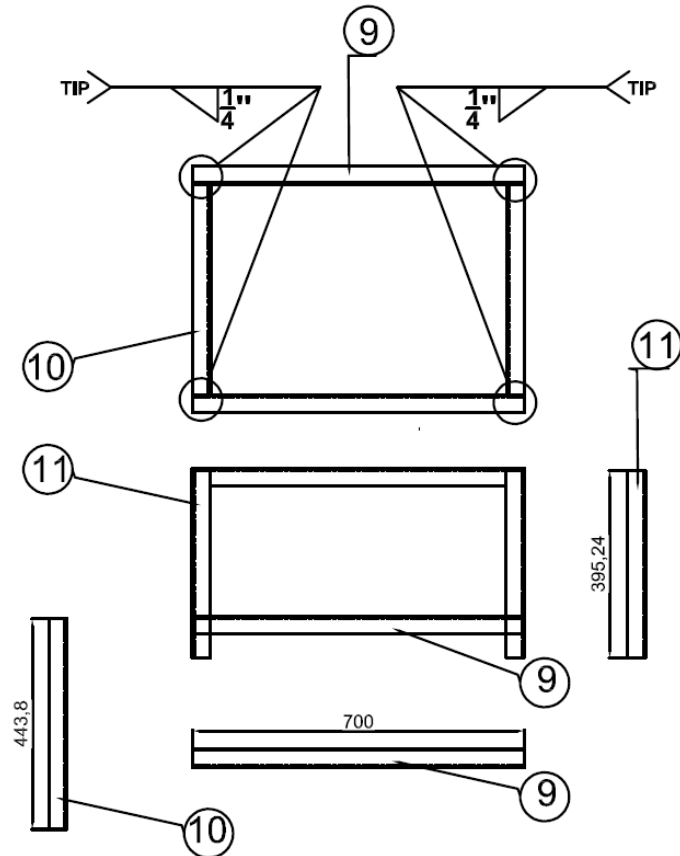
El Banco Hidráulico en Circuito Cerrado para el estudio de las Perdidas de carga en Redes de Distribución están sostenidos por bases estructurales como se observa en el anexo N° 08, siendo el proceso utilizado para la fabricación de estas estructuras la del Electrodo Revestido (SMAW), con electrodo de 1/8", E – 7018.

GRAFICO N° 4.31
UNIONES DE SOLDADURA EN FILETE – ESTRUCTURA PARA LÍNEAS DE TUBERÍAS



Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 4.32
UNIONES DE SOLDADURA EN FILETE – ESTRUCTURA PARA TANQUE
RESERVORIO



Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que es necesario el uso adecuado de un equipo de protección personal (EPP) adecuado para realizar la fabricación, por otro lado antes de proceder a realizar los trabajos de soldadura, se comprobó que la máquina soldadora se encuentre en óptimas condiciones y de esta manera evitar defectos en la soldadura, finalmente se realizó una limpieza de la soldadura por medio de escobillado y/o herramientas manuales.

4.6.3 Pérdidas de Carga con Banco Hidráulico

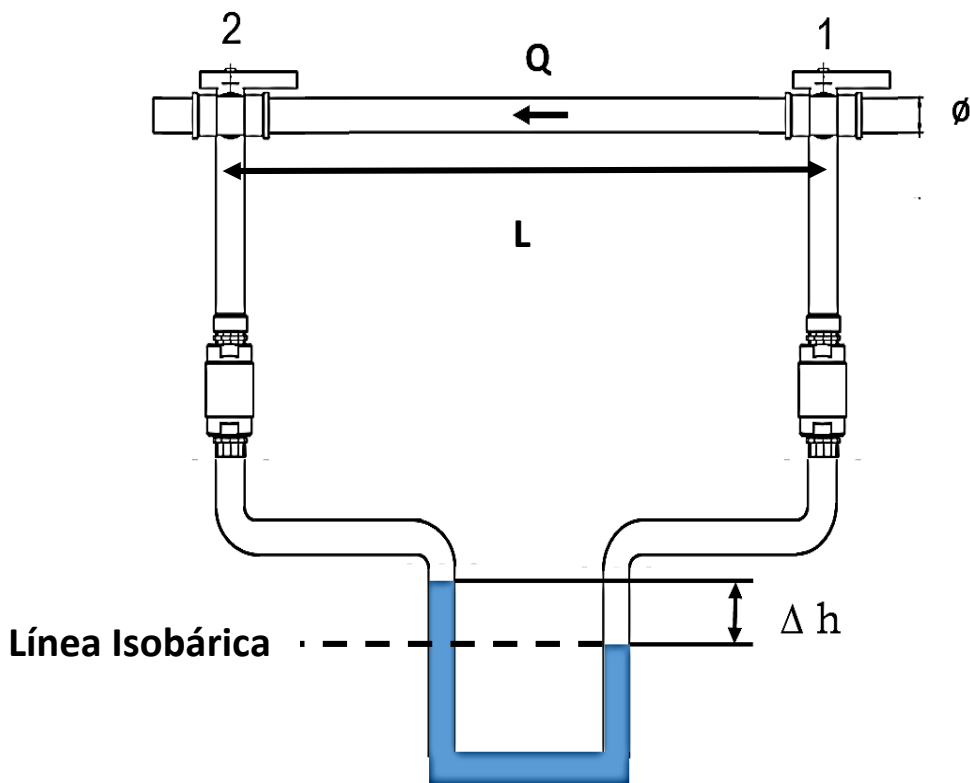
La presente investigación permite el análisis de las pérdidas de carga que sufre un fluido real al atravesar un sistema de tuberías con la opción de variar diámetro y material para perdidas primarias y de accesorios para perdidas

secundarias, medidos por diferencia de presión versus el cambio de caudal el cual, el cual es regulado a través de una válvula de globo instalada en la tubería de descarga.

Las pérdidas de carga son perdidas de energía que se pueden visualizar por medio de la caída de presión el cual podemos dividir como:

perdida primaria (h_p): Son ocasionadas por la fricción de la rugosidad que se encuentra en las paredes de un tramo y se calcula como la caída de presión entre el punto 1 y el punto 2.

GRAFICO N° 4.33
CAÍDA DE PRESIÓN EN UN TRAMO DE TUBERÍA



Fuente: Elaboración propia

Por la teoría de manometría afirmamos que la presión en una línea isobara es la misma, por lo que.

$$P_1 + \gamma_{\text{agua}} * \Delta h = P_2 + \gamma_{\text{Hg}} * \Delta h \dots \dots \dots (4.9)$$

Por lo que la pérdida de carga en un tramo de tubería en la presente investigación será:

$$h_p = \frac{P_1 - P_2}{\gamma_{\text{agua}}} = \Delta h * (S_{\text{Hg}} - 1) \dots \dots \dots (4.10)$$

Donde:

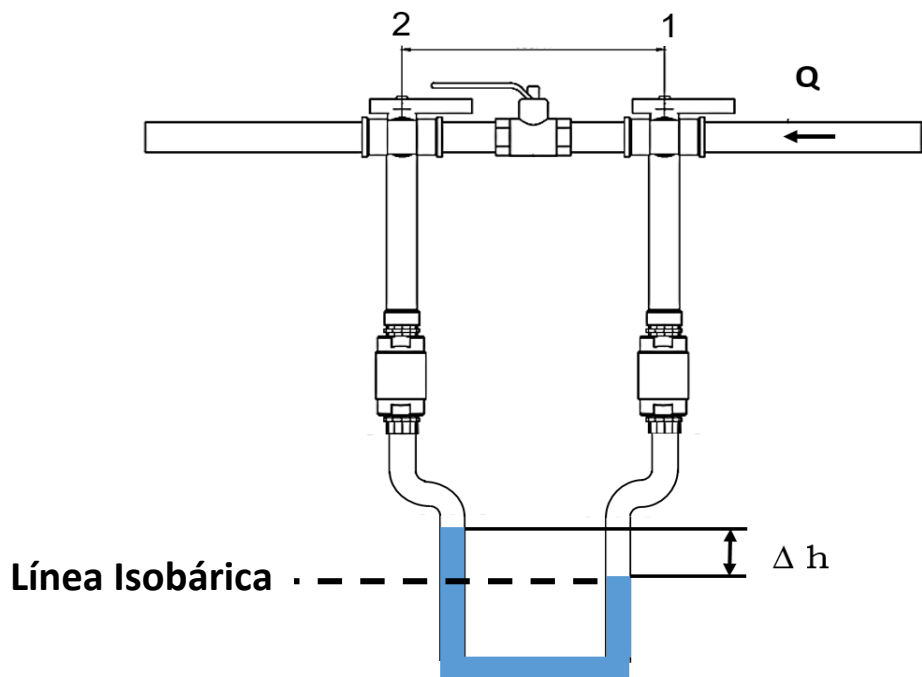
h_p: Pérdida de carga primaria.

Δh: Deflexión del manómetro diferencia.

S_{Hg}: Densidad relativa del Mercurio.

Pérdida secundaria (h_s): Son ocasionadas por las piezas especiales o accesorios y demás características de una instalación.

GRAFICO N° 4.34
CAÍDA DE PRESIÓN EN UN ACCESORIO DE TUBERÍA TIPO VÁLVULA



Fuente: Elaboración propia

De igual manera por la teoría de manometría afirmamos que la presión en una línea isobara es la misma, por lo que.

$$P_1 + \gamma_{\text{agua}} * \Delta h = P_2 + \gamma_{\text{Hg}} * \Delta h \dots \dots \dots (4.11)$$

Por lo que la pérdida de carga en un accesorio de tubería en la presente investigación será:

$$h_s = \frac{P_1 - P_2}{\gamma_{\text{agua}}} = \Delta h * (S_{\text{Hg}} - 1) \dots \dots \dots (4.12)$$

Donde:

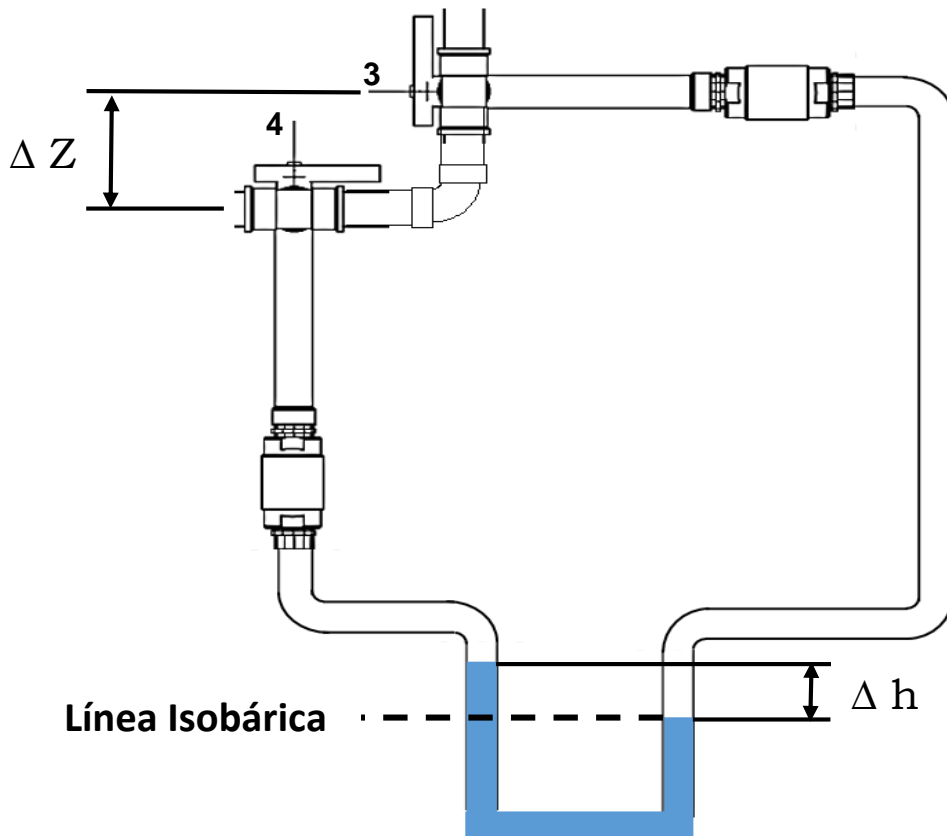
h_s : Pérdida de carga secundaria.

Δh : Deflexión del manómetro diferencial.

S_{Hg} : Densidad relativa del Mercurio.

Sin embargo, en el caso del estudio de las pérdidas de carga en codos presenta una configuración distinta debido a que las tomas de datos no se encuentran en el mismo eje como se observa en grafico N°4.35.

GRAFICO N° 4.35
CAÍDA DE PRESIÓN EN UN ACCESORIO DE TUBERÍA TIPO CODO



Fuente: Elaboración propia

Realizando un análisis entre los puntos 3 y 4 mediante la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P_3}{\gamma} + \frac{V_3^2}{2g} + Z_3 = \frac{P_4}{\gamma} + \frac{V_4^2}{2g} + Z_4 + h_s$$

$$h_s = \frac{\Delta P_{3-4}}{\gamma} + \Delta Z_{3-4}$$

Así mismo por la teoría de manometría afirmamos que la presión en una línea isobara es la misma, por lo que.

$$P_3 + \gamma_{\text{agua}} * \Delta h + \gamma_{\text{agua}} * \Delta Z_{3-4} = P_4 + \gamma_{\text{Hg}} * \Delta h \dots \dots \dots (4.13)$$

$$h_s = \frac{P_3 - P_4}{\gamma_{\text{agua}}} + Z_{3-4} = \Delta h * (S_{\text{Hg}} - 1) \dots \dots \dots (4.14)$$

Donde:

h_s: Perdida de carga secundaria.

Δh: Deflexión del manómetro diferencia.

S_{Hg}: Densidad relativa del Mercurio (13,6).

GRAFICO N° 4.36
CAÍDA DE PRESIÓN EN UN ACCESORIO DE TUBERÍA TIPO CODO



Fuente: Elaboración propia

V. RESULTADOS

Contrastación de hipótesis con estadística descriptiva, inferencial u otra utilizada.

5.1 Resultados descriptivos

De acuerdo a lo expuesto en el ítem 4.6.3, se realizaron los cálculos hidráulicos para hacer un análisis de las perdidas carga en las líneas de prueba.

Línea 1:

La línea 1 presenta la configuración del grafico N° 4.35, por lo que de acuerdo a la ecuación (4.14).

De la toma de datos de la línea 1 se tiene:

Codo recto de 90° de ½", con un caudal de 15 LPM y $\Delta h = 50$ mmHg.

$$hs = 50 * (13,6 - 1) = 630 \text{ mmca}$$

Codo recto de 90° de ½", con un caudal de 12,5 LPM y $\Delta h = 37$ mmHg.

$$hs = 37 * (13,6 - 1) = 466,2 \text{ mmca}$$

Codo recto de 90° de ½", con un caudal de 10 LPM y $\Delta h = 24$ mmHg.

$$hs = 24 * (13,6 - 1) = 302,4 \text{ mmca}$$

Codo recto de 90° de ½", con un caudal de 7,5 LPM y $\Delta h = 14$ mmHg.

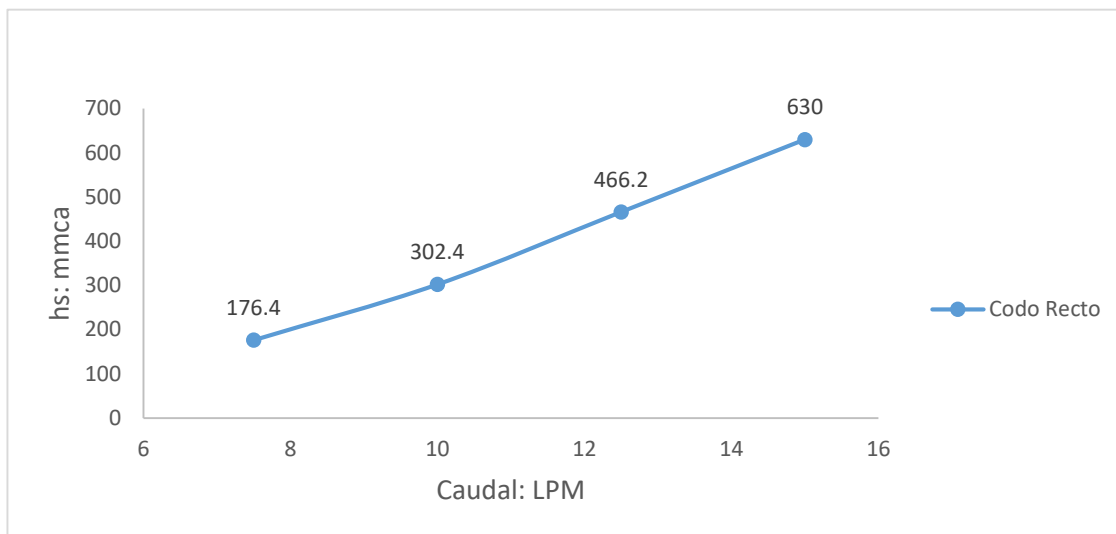
$$hs = 14 * (13,6 - 1) = 176,4 \text{ mmca}$$

TABLA N° 5.1
PERDIDA DE CARGA DEL CODO DE 90° RECTO DE ½" - LÍNEA N° 1

ITEM	Q (LPM)	Δh (mmHg)	hs (mmca)
1	15	50	630
2	12,5	37	466,2
3	10	24	302,4
4	7,5	14	176,4

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.1
PERDIDA DE CARGA CODO 90° RECTO DE ½" - LÍNEA N° 1



Fuente: Elaboración propia

Codo largo de 90° de ½", con un caudal de 15 LPM y $\Delta h = 14$ mmHg.

$$hs = 14 * (13,6 - 1) = 176,4 \text{ mmca}$$

Codo largo de 90° de ½", con un caudal de 12,5 LPM y $\Delta h = 11$ mmHg.

$$hs = 11 * (13,6 - 1) = 138,6 \text{ mmca}$$

Codo largo de 90° de ½", con un caudal de 10 LPM y $\Delta h = 6$ mmHg.

$$hs = 6 * (13,6 - 1) = 75,6 \text{ mmca}$$

Codo largo de 90° de ½", con un caudal de 7,5 LPM y $\Delta h = 4$ mmHg.

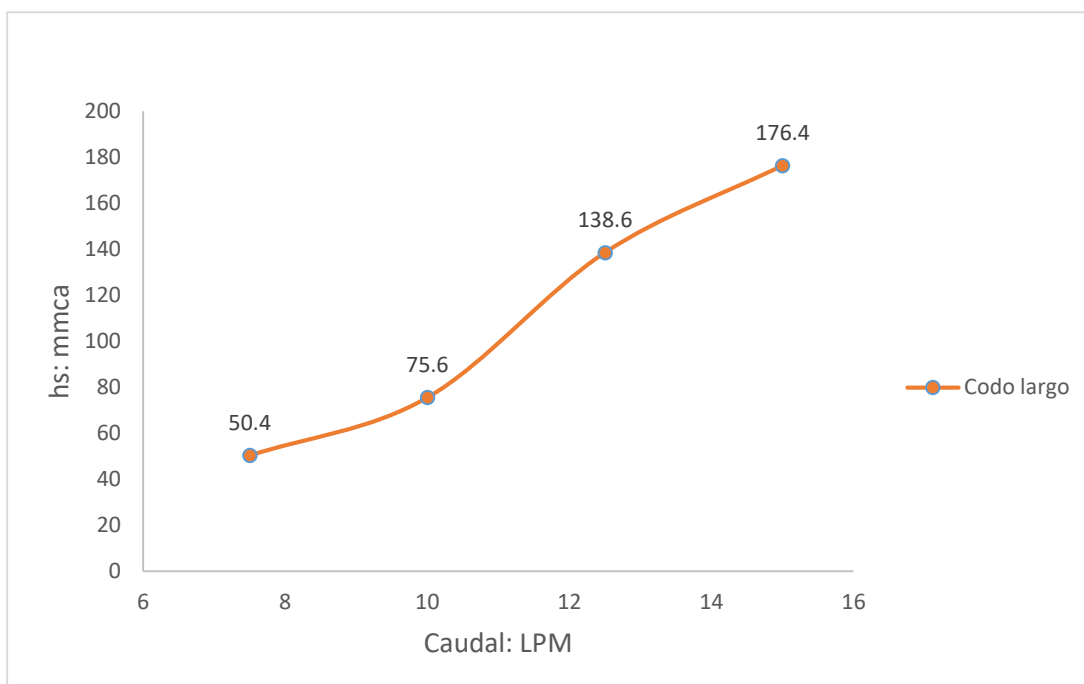
$$hs = 4 * (13,6 - 1) = 50,4 \text{ mmca}$$

TABLA N° 5.2
PERDIDA DE CARGA DEL CODO DE 90° LARGO DE ½" - LÍNEA N° 1

ITEM	Q (LPM)	Δh (mmHg)	hs (mmca)
1	15	14	176,4
2	12,5	11	138,6
3	10	6	75,6
4	7,5	4	50,4

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.2
PERDIDA DE CARGA CODO 90° LARGO DE ½" - LÍNEA N° 1



Fuente: Elaboración propia

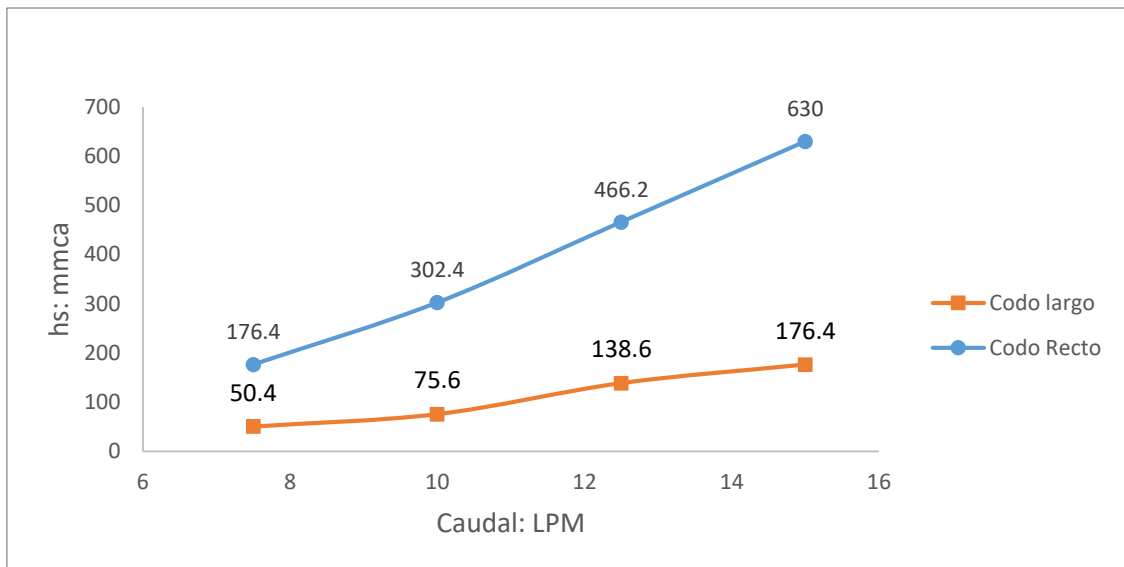
De el grafico N°4.37 y N° 4.38, podemos observar que las pérdidas de carga de accesorios tipo codos están en relación directa con el caudal suministrado, esto se pudo observar al cerrar la válvula reguladora ubicada en la línea de descarga, disminuyendo la rapidez de flujo fluido en el interior de la tubería y por ende reduciendo la singularidad.

TABLA N° 5.3
COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, CODO RECTO Vs CODO LARGO
LÍNEA N° 1

ITEM	Q (LPM)	hs – CODO RECTO (mmca)	hs – CODO LARGO (mmca)
1	15	630	176,4
2	12,5	466,2	138,6
3	10	302,4	75,6
4	7,5	176,4	50,4

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.3
COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, CODO RECTO Vs CODO LARGO



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica N° 4.39 se observa que los resultados de la pérdida de carga entre los codos de 90° tipo recto y tipo largo difieren en gran medida, pese a que ambos fueron realizados a un mismo caudal, son del mismo diámetro y material, sin embargo se observa que el codo corto tiene una mayor pérdida de carga debido a que cambia la dirección del fluido bruscamente

Línea 2:

La línea 2 presenta la configuración de la gráfica N° 4.34, por lo que de acuerdo a la ecuación (4.14).

De la toma de datos de la línea 2 en una tubería galvanizada de 1/2" con un diámetro interior de 17,3 mm:

Válvula check de 1/2", con un caudal de 15 LPM y $\Delta h = 45$ mmHg.

$$hs = 45 * (13,6 - 1) = 567 \text{ mmca}$$

Válvula check de 1/2", con un caudal de 10 LPM y $\Delta h = 22$ mmHg.

$$hs = 22 * (13,6 - 1) = 277,2 \text{ mmca}$$

Válvula check de ½", con un caudal de 7,5 LPM y $\Delta h = 13$ mmHg.

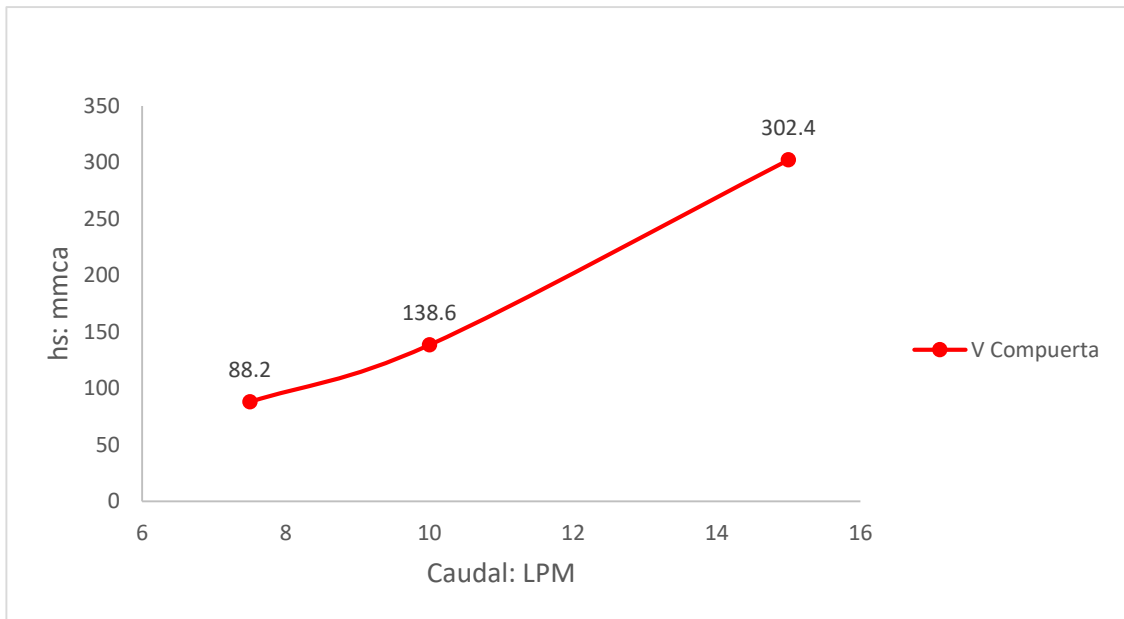
$$hs = 13 * (13,6 - 1) = 163,8 \text{ mmca}$$

TABLA N° 5.4
PERDIDA DE CARGA VÁLVULA CHECK DE ½"- LÍNEA N° 2

ITEM	Q (LPM)	Δh (mmHg)	hs (mmca)
1	15	45	567
2	10	22	277,2
3	7,5	13	163,8

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.4
PERDIDA DE CARGA VÁLVULA CHECK DE ½"- LÍNEA N° 2



Fuente: Elaboración propia

Tubería galvanizada de ½" con un caudal de 15 LPM y $\Delta h = 26$ mmHg.

$$hp = 26 * (13,6 - 1) = 327,6 \text{ mmca}$$

Tubería galvanizada de ½" con un caudal de 10 LPM y $\Delta h = 14$ mmHg.

$$hp = 14 * (13,6 - 1) = 176,4 \text{ mmca}$$

Tubería galvanizada de ½" con un caudal de 7,5 LPM y $\Delta h = 8$ mmHg.

$$hp = 8 * (13,6 - 1) = 100,8 \text{ mmca}$$

TABLA N° 5.5

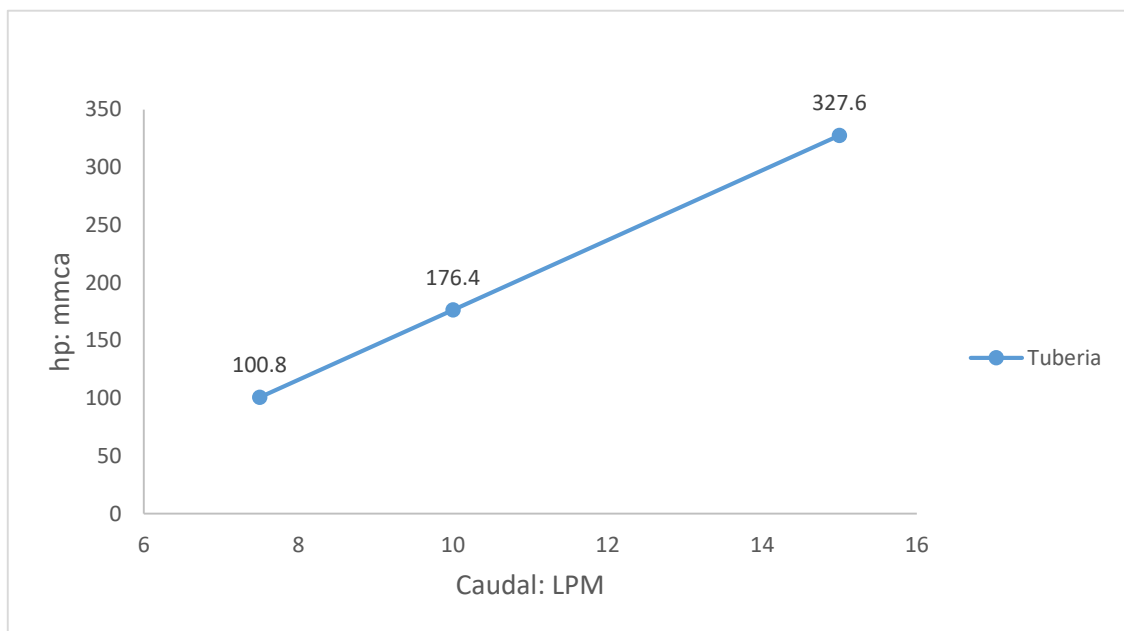
PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA DE ½" -LÍNEA N° 2

ITEM	Q (LPM)	Δh (mmHg)	hp (mmca)
1	15	26	327,6
2	10	14	176,4
3	7,5	8	100,8

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.5

PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA DE ½" -LÍNEA N° 2



Fuente: Elaboración propia

Válvula compuerta de ½", con un caudal de 15 LPM y $\Delta h = 24$ mmHg.

$$hs = 24 * (13,6 - 1) = 302,4 \text{ mmca}$$

Válvula compuerta de ½", con un caudal de 10 LPM y $\Delta h = 11$ mmHg.

$$h_s = 11 * (13,6 - 1) = 138,6 \text{ mmca}$$

Válvula compuerta de ½", con un caudal de 7,5 LPM y $\Delta h = 7 \text{ mmHg}$.

$$h_s = 7 * (13,6 - 1) = 88,2 \text{ mmca}$$

TABLA N° 5.6

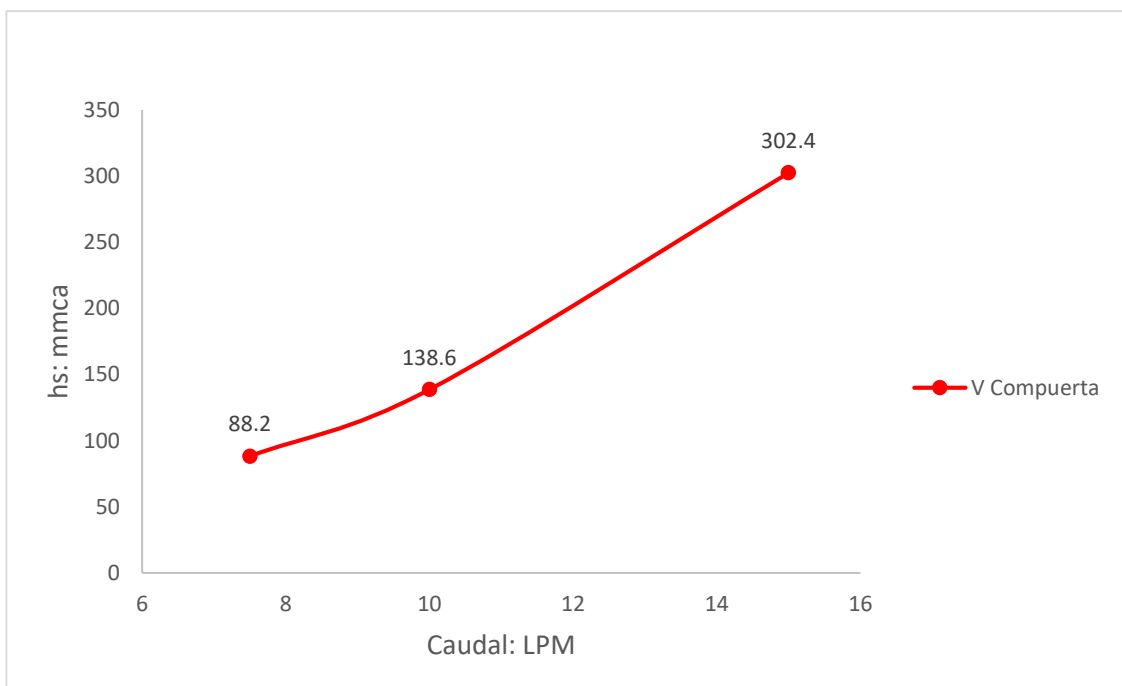
PERDIDA DE CARGA DE LA VÁLVULA DE COMPUERTA DE ½"- LÍNEA N° 2

ITEM	Q (LPM)	Δh (mmHg)	h_s (mmca)
1	15	24	302,4
2	10	11	138,6
3	7,5	7	88,2

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.6

PERDIDA DE CARGA DE LA VÁLVULA DE COMPUERTA DE ½"- LÍNEA N° 2



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica N°4.40, N°4.41 y N° 4.42, podemos observar que las pérdidas de carga se encuentran en relación directa con el caudal suministrado y es

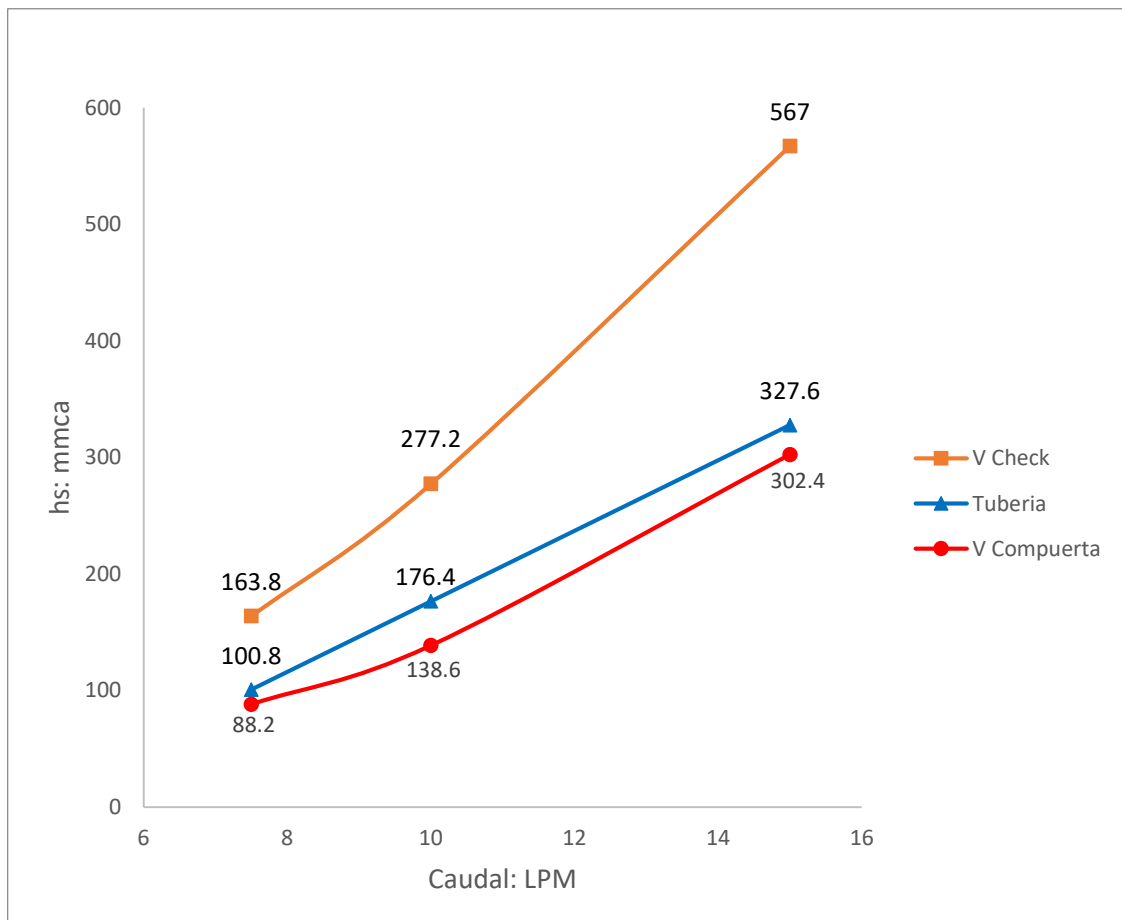
esto es independiente la su forma, ya sea un tramo de tubería o accesorios como válvulas.

TABLA N° 5.7
COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, CODO RECTO Vs CODO LARGO
LÍNEA N° 1

ITEM	Q (LPM)	hs VÁLVULA CHECK (mmca)	hp TUBERÍA (mmca)	hs VÁLVULA COMPUERTA (mmca)
1	15	567	327,6	302,4
2	10	277,2	176,4	138,6
3	7,5	163,8	100,8	88,2

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.7
COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, CODO RECTO Vs CODO LARGO



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica N° 4.43 se observa que los resultados de la pérdida de carga mayor es la de la válvula de compuerta siendo incluso mayor que la del tramo de tubería longitudinal pese a que se le considera a este tipo de pérdidas como mayores, esto debido a que tiene una longitud corta, de igual forma podemos afirmar que la válvula de compuerta totalmente abierta genera menor pérdida de carga y que todas aumentan su pérdida al amentar el caudal.

Línea 3:

La línea 3 presenta la configuración de la gráfica N° 4.34, por lo que de acuerdo a la ecuación (4.14).

De la toma de datos de la línea 3 se tiene:

Válvula de bola de ½", con un caudal de 15 LPM y $\Delta h = 22$ mmHg.

$$hs = 22 * (13,6 - 1) = 277,2 \text{ mmca}$$

Válvula de bola de ½", con un caudal de 12,5 LPM y $\Delta h = 14$ mmHg.

$$hs = 14 * (13,6 - 1) = 176,4 \text{ mmca}$$

Válvula check de ½", con un caudal de 10 LPM y $\Delta h = 9$ mmHg.

$$hs = 9 * (13,6 - 1) = 113,4 \text{ mmca}$$

Válvula check de ½", con un caudal de 7,5 LPM y $\Delta h = 6$ mmHg.

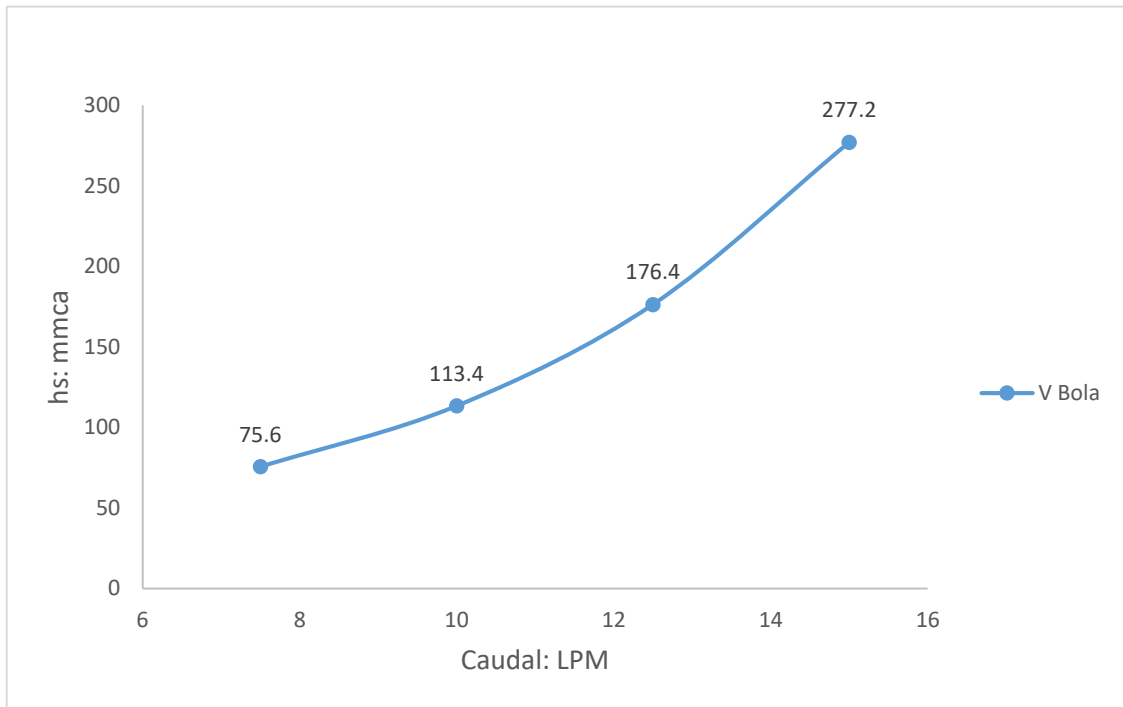
$$hs = 6 * (13,6 - 1) = 75,6 \text{ mmca}$$

TABLA N° 5.8
PERDIDA DE CARGA VÁLVULA DE BOLA DE ½"- LÍNEA N° 3

ITEM	Q (LPM)	Δh (mmHg)	hs (mmca)
1	15	22	277,2
2	12,5	14	176,4
3	10	9	113,4
4	7,5	6	75,6

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.8
PERDIDA DE CARGA DE LA VÁLVULA BOLA DE ½"- LÍNEA N° 3



Fuente: Elaboración propia

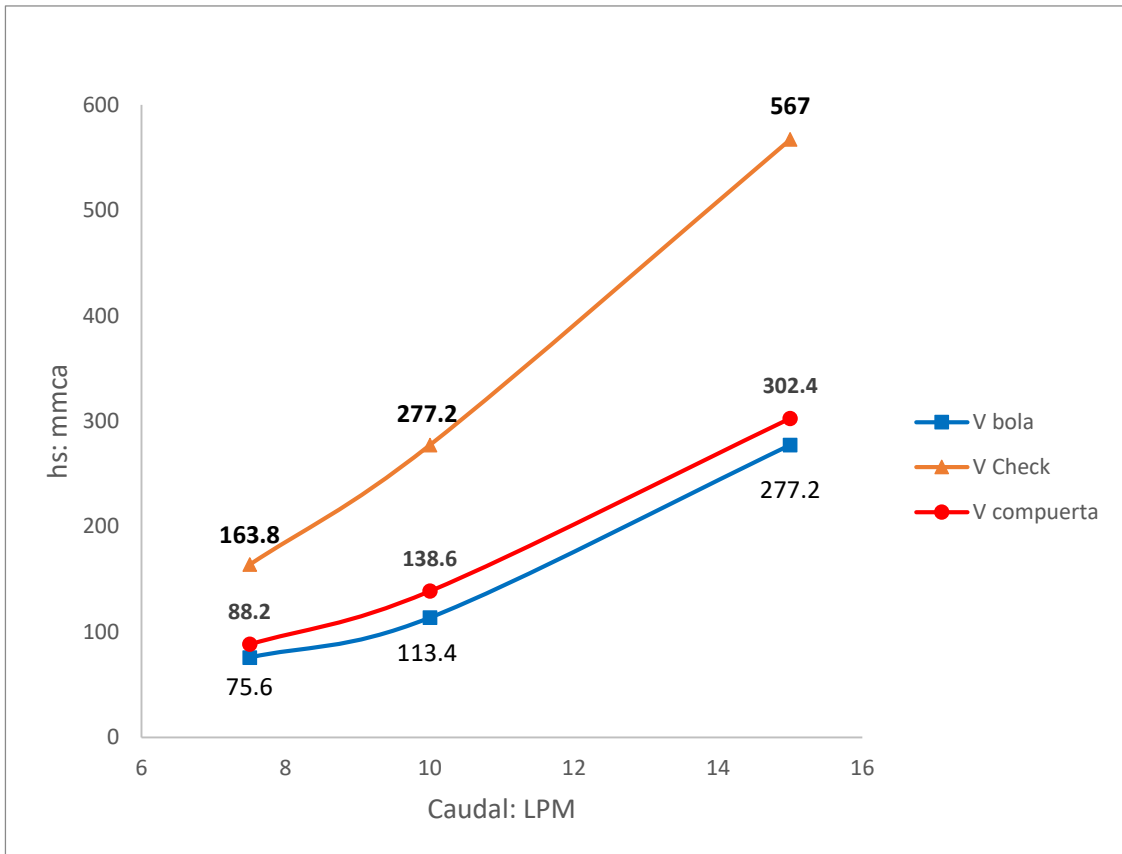
TABLA N° 5.9
COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, CODO RECTO Vs CODO LARGO
LÍNEA N° 1

ITEM	Q (LPM)	hs VÁLVULA BOLA (mmca)	hs VÁLVULA COMPUERTA (mmca)	hs VÁLVULA CHECK (mmca)
1	15	277,2	302,4	567
2	10	113,4	138,6	277,2
3	7,5	75,6	88,2	163,8

Fuente: Elaboración propia

De igual manera en la gráfica N°4.44 podemos observar que a mayor cantidad de flujo fluido, provocan una mayor pérdida de carga y viceversa.

GRAFICO N° 5.9
COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, VÁLVULA DE BOLA Vs VÁLVULA
DE COMPUERTA Vs VÁLVULA CHECK – LÍNEA 2 y 3



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica N° 4.45 podemos observar que las pérdidas de carga se encuentran en función del tipo de accesorio, pese a que estos sean de una misma familia como son las válvulas, esto se debe a su configuración interna la cual determina la forma como obtura o apertura el flujo fluido, observando que la válvula de Check llamada también anti retorno, presenta mayor pérdida de carga ante las válvulas de bola y compuerta totalmente abiertas.

Línea 4:

La línea 4 presenta la configuración de la gráfica N° 4.33, por lo que de acuerdo a la ecuación (4.14).

De la toma de datos de la línea 4 se tiene:

Tubería galvanizada de $\frac{3}{4}$ " , con un caudal de 15 LPM y $\Delta h = 4$ mmHg.

$$hp = 4 * (13,6 - 1) = 50,4 \text{ mmca}$$

Tubería galvanizada de $\frac{3}{4}$ " , con un caudal de 10 LPM y $\Delta h = 3$ mmHg.

$$hp = 3 * (13,6 - 1) = 37,8 \text{ mmca}$$

Tubería galvanizada de $\frac{3}{4}$ " , con un caudal de 7,5 LPM y $\Delta h = 2,5$ mmHg.

$$hp = 2,5 * (13,6 - 1) = 31,5 \text{ mmca}$$

TABLA N° 5.10

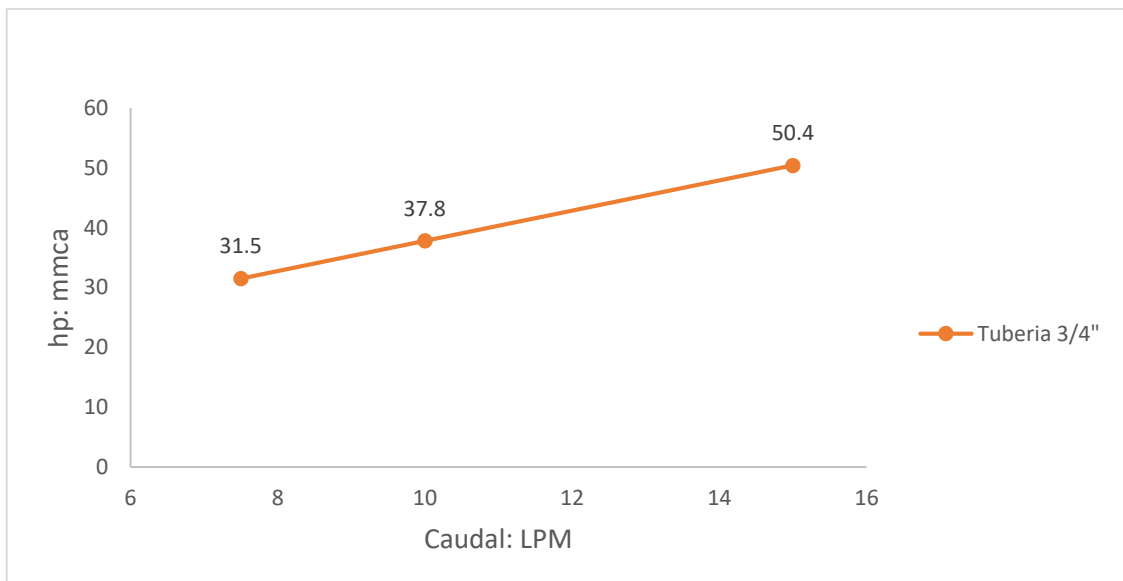
PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA DE $\frac{3}{4}$ " -LÍNEA N° 4

ITEM	Q (LPM)	Δh (mmHg)	hp (mmca)
1	15	4	50,4
2	10	3	37,8
3	7,5	2,5	31,5

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.10

PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA DE $\frac{3}{4}$ " -LÍNEA N° 4



Fuente: Elaboración propia

Línea 5:

De la toma de datos de la línea 5 se tiene:

Ampliación de ¾" a 1", con un caudal de 32,5 LPM y $\Delta h = 2$ mmHg.

$$hs = 2 * (13,6 - 1) = 25,2 \text{ mmca}$$

Ampliación de ¾" a 1", con un caudal de 25 LPM y $\Delta h = 1$ mmHg.

$$hs = 1 * (13,6 - 1) = 12,6 \text{ mmca}$$

Ampliación de ¾" a 1", con un caudal de 17,5 LPM y $\Delta h = 0,5$ mmHg.

$$hs = 0,5 * (13,6 - 1) = 6,3 \text{ mmca}$$

TABLA N° 5.11

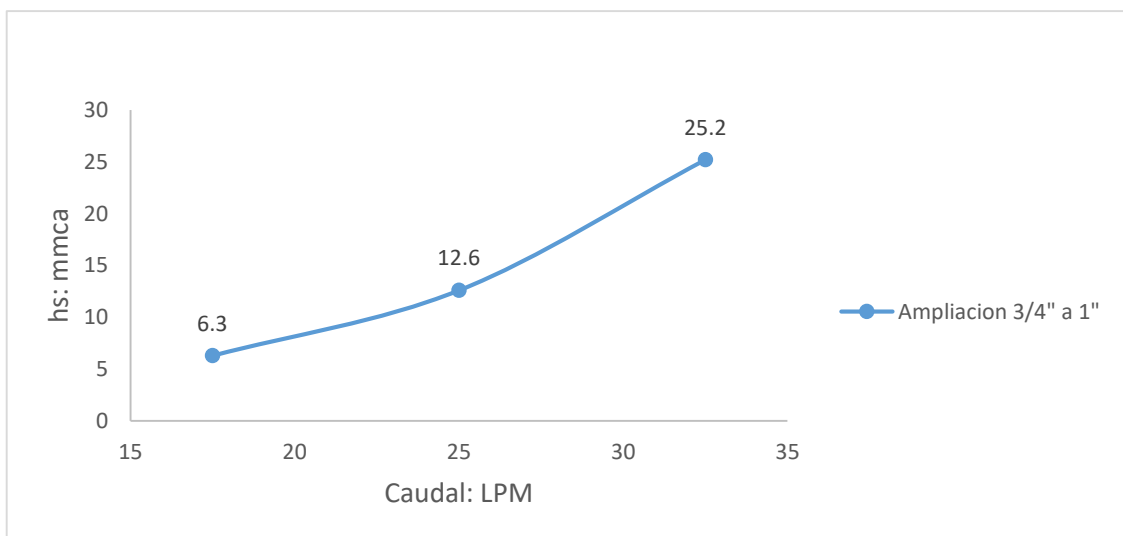
PERDIDA DE CARGA DE UNA AMPLIACIÓN DE ¾" A 1" - LÍNEA N° 5

ITEM	Q (LPM)	Δh (mmHg)	hs (mmca)
1	32,5	2	25,2
2	25	1	12,6
3	17,5	0,5	6,3

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.11

PERDIDA DE CARGA DE UNA AMPLIACIÓN DE ¾" A 1" - LÍNEA N° 5



Fuente: Elaboración propia

Tubería galvanizada de 1" con un caudal de 32.5 LPM y $\Delta h = 3$ mmHg.

$$hp = 13 * (13,6 - 1) = 37,8 \text{ mmca}$$

Tubería galvanizada de 1" con un caudal de 25 LPM y $\Delta h = 2$ mmHg.

$$hp = 2 * (13,6 - 1) = 25,2 \text{ mmca}$$

Tubería galvanizada de 1" con un caudal de 17,5 LPM y $\Delta h = 1$ mmHg.

$$hp = 1 * (13,6 - 1) = 12,6 \text{ mmca}$$

Tubería galvanizada de 1" con un caudal de 12,5 LPM y $\Delta h = 0,5$ mmHg.

$$hp = 0,5 * (13,6 - 1) = 6,3 \text{ mmca}$$

TABLA N° 5.12

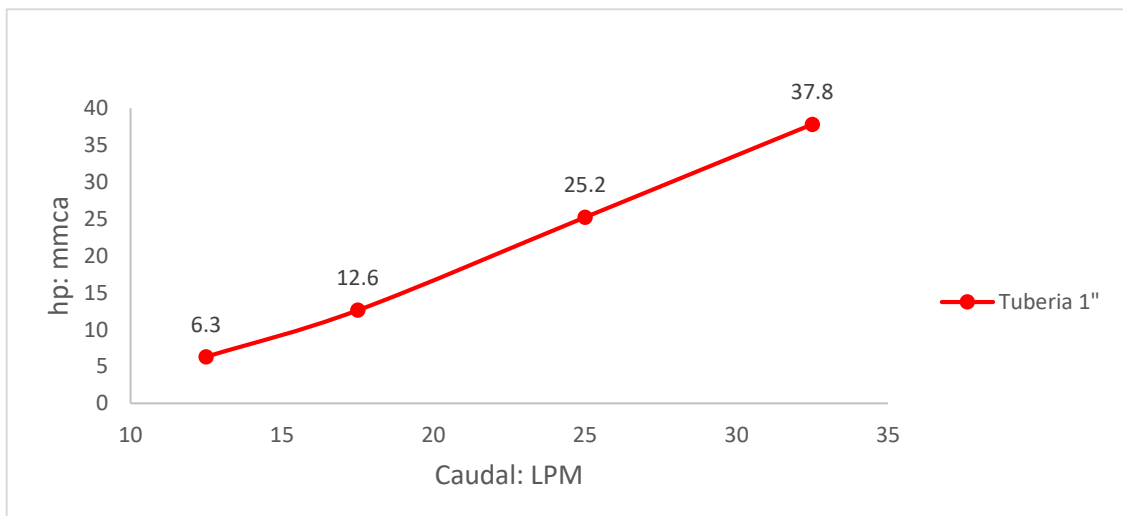
PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA DE 1" -LÍNEA N° 5

ITEM	Q (LPM)	Δh (mmHg)	hp (mmca)
1	32,5	3	37,8
2	25	2	25,2
3	17,5	1	12,6
4	12,5	0,5	6,3

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.12

PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA DE 1" -LÍNEA N° 5



Fuente: Elaboración propia

Reducción de 1" a 3/4", con un caudal de 32,5 LPM y $\Delta h = 29$ mmHg.

$$hs = 29 * (13,6 - 1) = 365,4 \text{ mmca}$$

Reducción de 1" a 3/4", con un caudal de 25 LPM y $\Delta h = 20$ mmHg.

$$hs = 20 * (13,6 - 1) = 252 \text{ mmca}$$

Reducción de 1" a 3/4", con un caudal de 17,5 LPM y $\Delta h = 10$ mmHg.

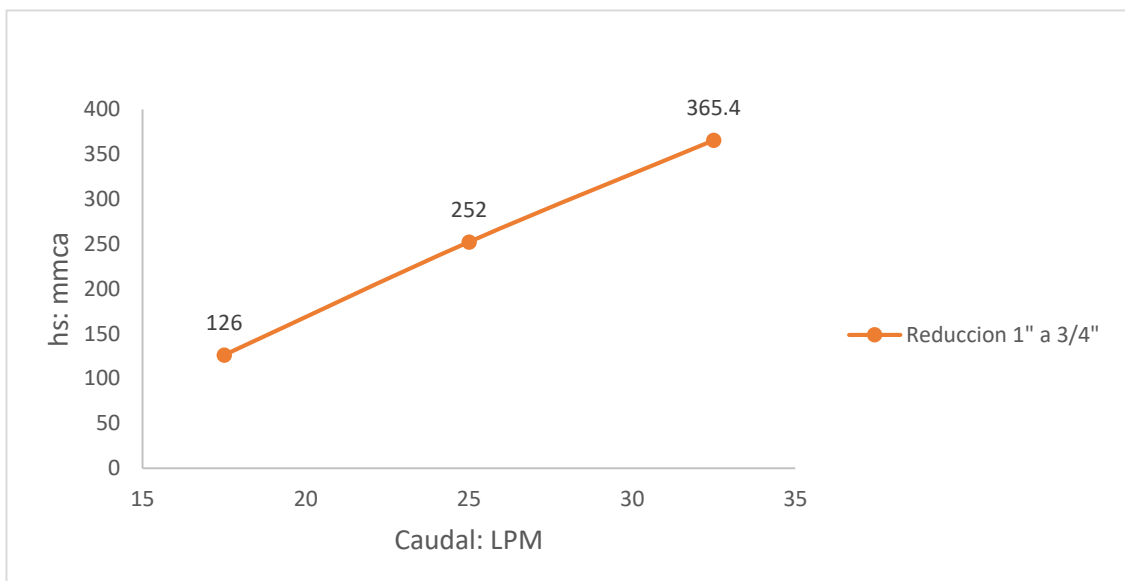
$$hs = 10 * (13,6 - 1) = 126 \text{ mmca}$$

TABLA N° 5.13
PERDIDA DE CARGA DE UNA REDUCCIÓN DE 1" A 3/4" - LÍNEA N° 5

ITEM	Q (LPM)	Δh (mmHg)	hs (mmca)
1	32,5	29	365,4
2	25	20	252
3	17,5	10	126

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.13
PERDIDA DE CARGA DE UNA REDUCCIÓN DE 1" A 3/4" - LÍNEA N° 5



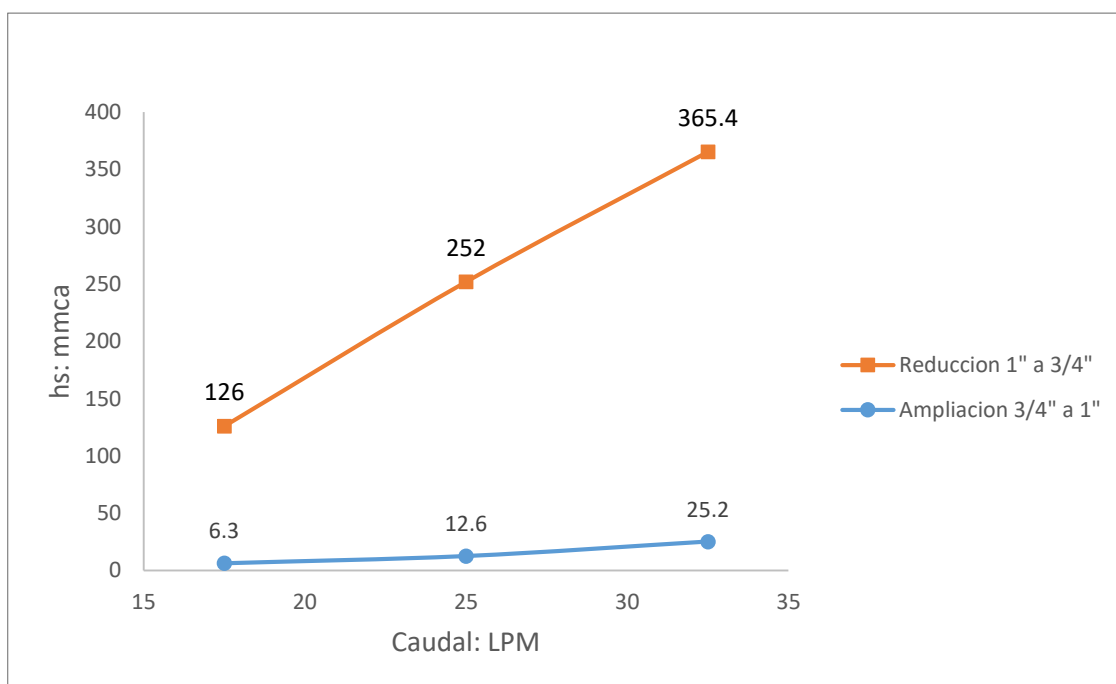
Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 5.14
COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, REDUCCIÓN Vs AMPLIACIÓN -
LÍNEA N° 5

ITEM	Q (LPM)	hs REDUCCIÓN 1" A 3/4" (mmca)	hs AMPLIACIÓN 3/4" A 1" (mmca)
1	32,5	365,4	25,2
2	25	252	12,6
3	17,5	126	6,3

Fuente: Elaboración propia

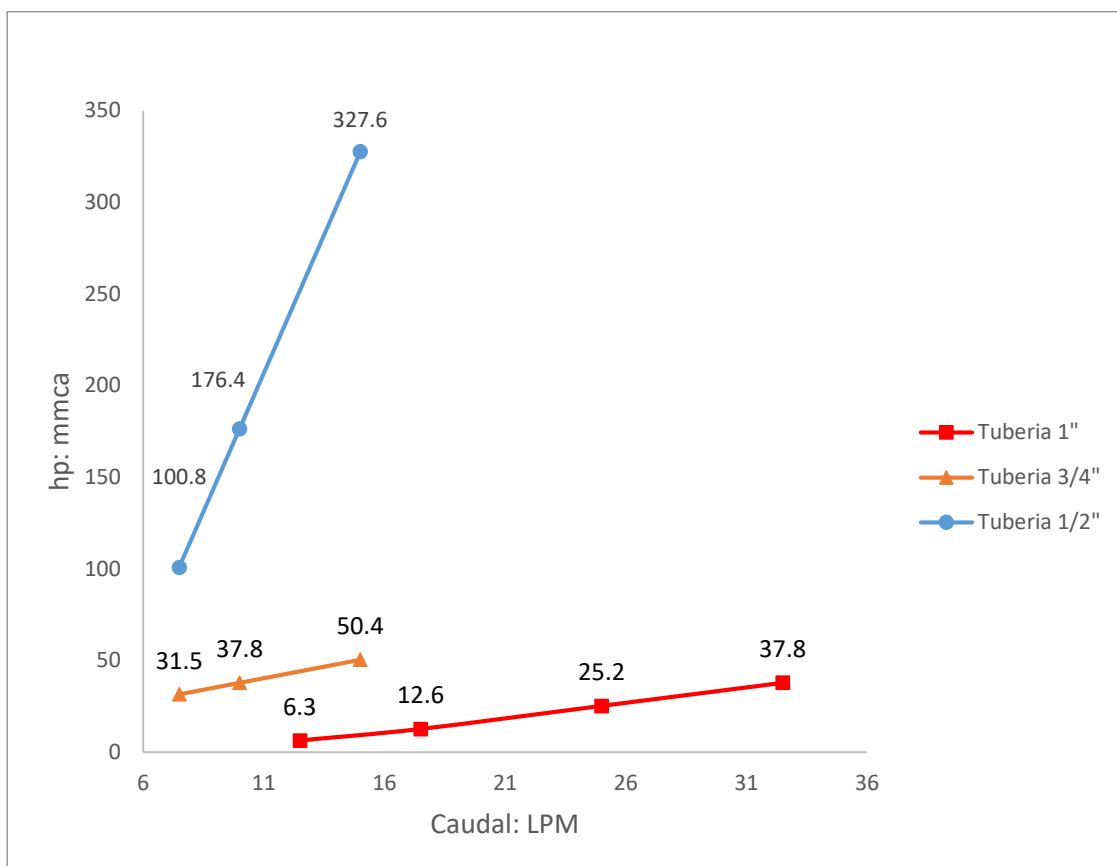
GRAFICO N° 5.14
COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, REDUCCIÓN Vs AMPLIACIÓN -
LÍNEA N° 5



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica N° 4.50 se observa que la pérdida de carga en la Reducción de 1" a ¾" es mucho mayor que la Ampliación de ¾" a 1", a pesar de que este accesorio es el mismo solo que uno ha sido instalado de forma invertida respecto al otro, aumentando la diferencia al aumentar el caudal.

GRAFICO N° 5.15
COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, TUBERÍA GALVANIZADA DE 1/2"
Vs 3/4" Vs 1" - LÍNEA N° 2, N° 4, N° 5



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica N° 4.51 se observa que la pérdida de carga en una tubería recta es inversamente proporcional al diámetro en donde a menor diámetro mayor será la pérdida de carga y viceversa, así mismo esta pérdida de carga es también proporcional al caudal en donde a mayor caudal, mayor será la pérdida de carga.

Línea 6:

La línea 6 presenta la configuración de la gráfica N° 4.33, por lo que de acuerdo a la ecuación (4.14).

De la toma de datos de la línea 6 en una tubería de cobre de 5/8" con diámetro interior de 16,916 mm:

Tubería de cobre de 5/8", con un caudal de 15 LPM y $\Delta h = 12$ mmHg.

$$hp = 12 * (13,6 - 1) = 151,2 \text{ mmca}$$

Tubería de cobre de 5/8", con un caudal de 10 LPM y $\Delta h = 6,5$ mmHg.

$$hp = 6,5 * (13,6 - 1) = 81,9 \text{ mmca}$$

Tubería de cobre de 5/8", con un caudal de 7,5 LPM y $\Delta h = 4,5$ mmHg.

$$hp = 4,5 * (13,6 - 1) = 56,7 \text{ mmca}$$

TABLA N° 5.15

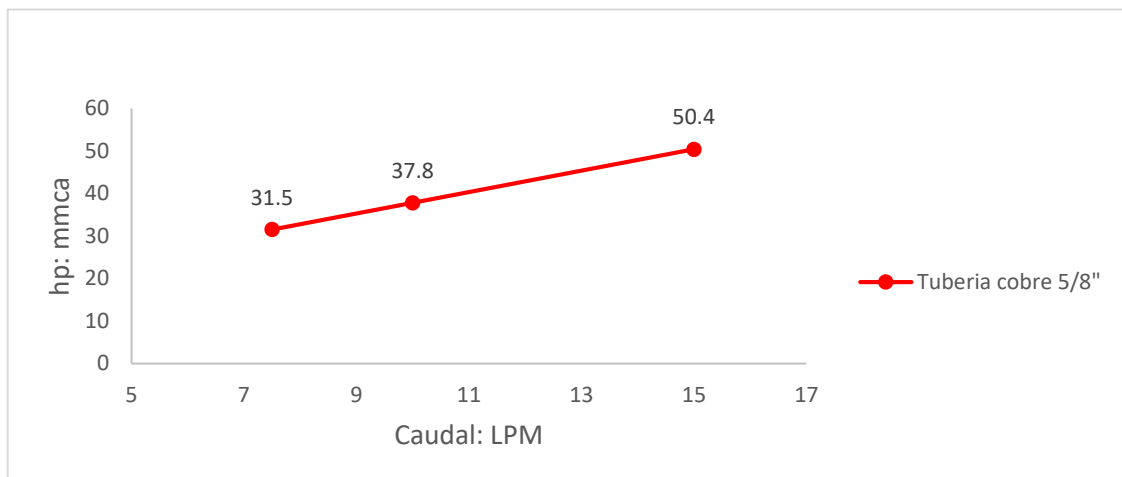
PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE COBRE DE 5/8" - LÍNEA N° 6

ITEM	Q (LPM)	Δh (mmHg)	hp (mmca)
1	15	12	50,4
2	10	6,5	37,8
3	7,5	4,5	31,5

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.16

PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE COBRE DE 5/8" - LÍNEA N° 6



Fuente: Elaboración propia

Línea 7:

La línea 7 presenta la configuración de la gráfica N° 4.33, por lo que de acuerdo a la ecuación (4.14).

De la toma de datos de la línea 7 en una tubería de bronce de 1/2" con diámetro interior de 15,7 mm:

Tubería de cobre de 5/8", con un caudal de 15 LPM y $\Delta h = 24$ mmHg.

$$hp = 24 * (13,6 - 1) = 302,4 \text{ mmca}$$

Tubería de cobre de 5/8", con un caudal de 10 LPM y $\Delta h = 18$ mmHg.

$$hp = 18 * (13,6 - 1) = 226,8 \text{ mmca}$$

Tubería de cobre de 5/8", con un caudal de 7,5 LPM y $\Delta h = 12$ mmHg.

$$hp = 12 * (13,6 - 1) = 151,2 \text{ mmca}$$

TABLA N° 5.16

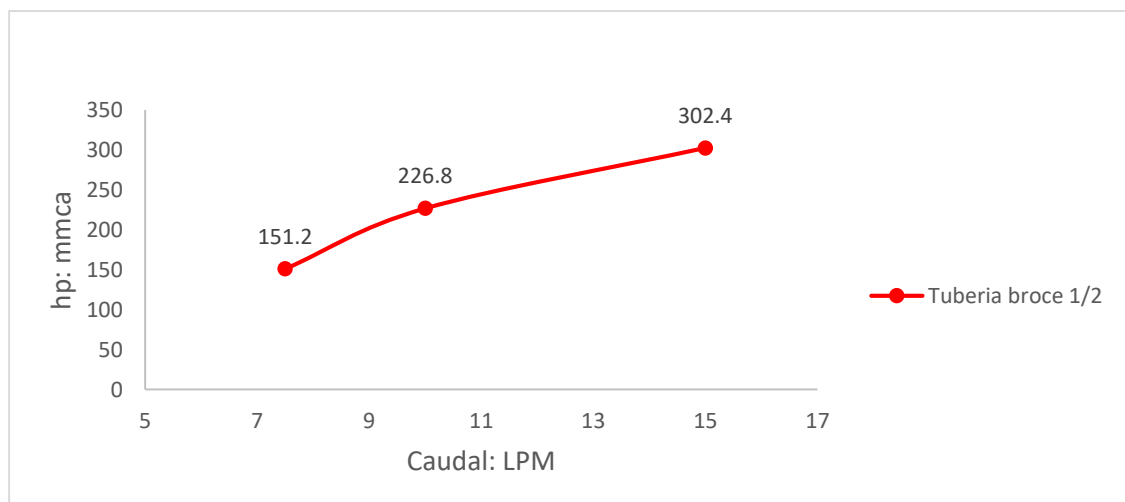
PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE BRONCE DE 1/2" - LÍNEA N° 7

ITEM	Q (LPM)	Δh (mmHg)	hp (mmca)
1	15	24	302,4
2	10	18	226,8
3	7,5	12	151,2

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.17

PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE BRONCE DE 1/2" - LÍNEA N° 7



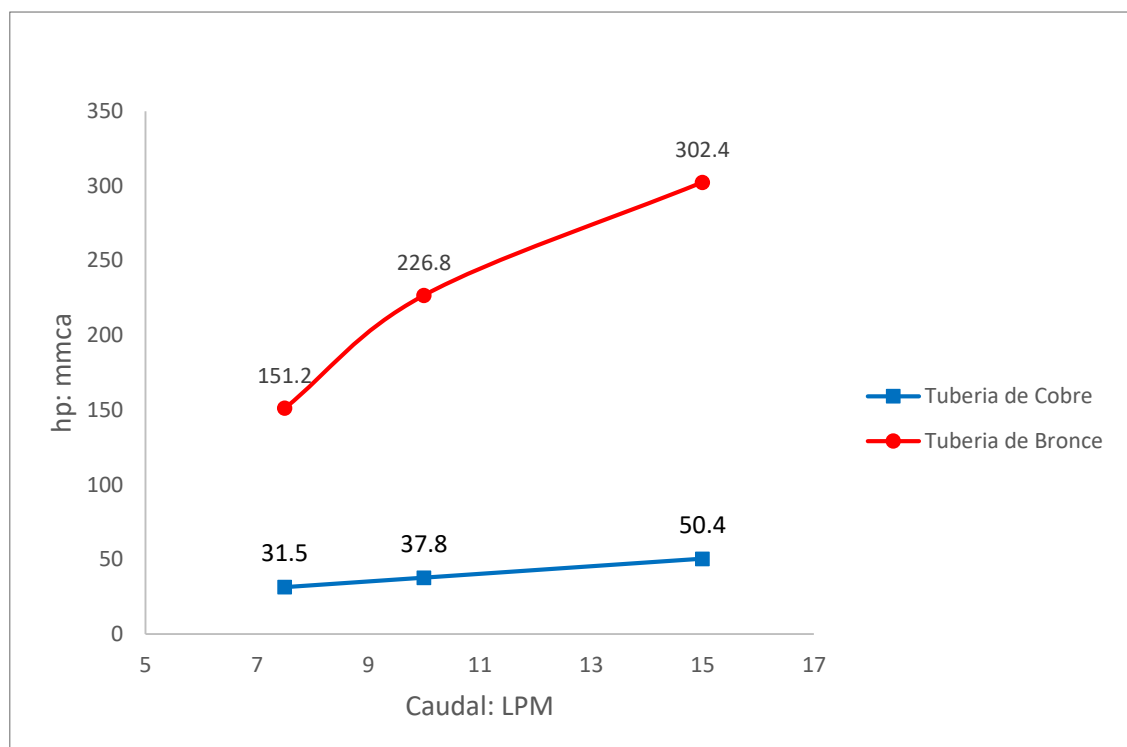
Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 5.17
PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE BRONCE Vs COBRE - LÍNEA N° 6 y 7

ITEM	Q (LPM)	<i>hp</i> TUBERÍA BRONCE (mmca)	<i>hp</i> TUBERÍA COBRE (mmca)
1	15	302,4	50,4
2	10	226,8	37,8
3	7,5	151,2	31,5

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.18
PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE BRONCE Vs COBRE - LÍNEA N° 6 y 7



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica N° 4.54 se analiza como varia la pérdida de carga en tuberías de igual longitud y diámetro, encontrando que la pérdida de carga depende del tipo de material ya que la tubería de bronce presenta mayor pérdida de carga pese a encontrarse bajo los mismos parámetros de caudal y dimensiones, por lo que se puede afirmar que las rugosidades de estos elementos impactan en las pérdidas de carga.

Línea 8:

De la toma de datos de la línea 8 en una tubería galvanizada de 1/2".

Tubería en paralelo de 1/2", con un caudal de 15 LPM y $\Delta h = 50$ mmHg.

$$hp = 50 * (13,6 - 1) = 630 \text{ mmca}$$

Tubería en paralelo de 1/2", con un caudal de 10 LPM y $\Delta h = 25$ mmHg.

$$hp = 25 * (13,6 - 1) = 315 \text{ mmca}$$

Tubería en paralelo de 1/2", con un caudal de 7,5 LPM y $\Delta h = 15$ mmHg.

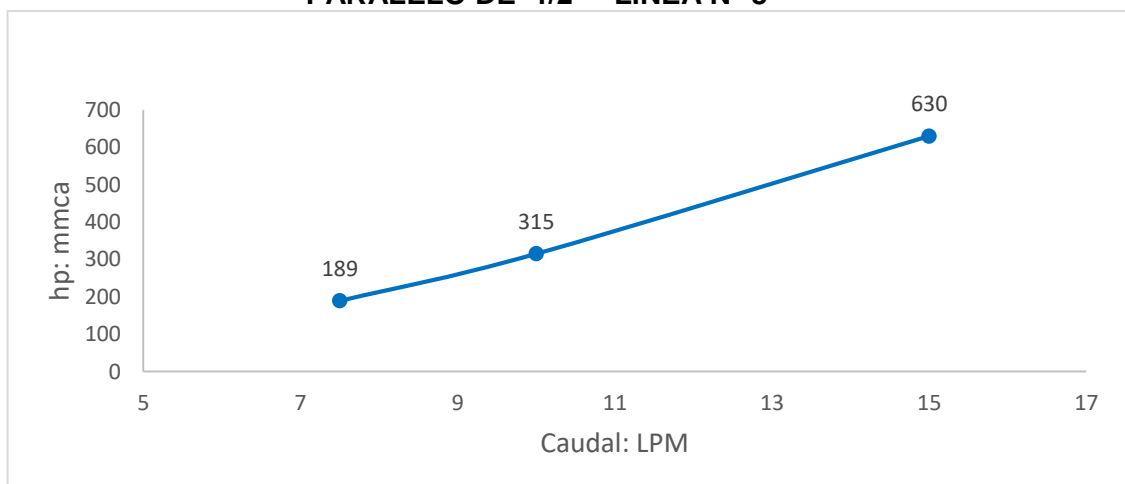
$$hp = 15 * (13,6 - 1) = 189 \text{ mmca}$$

TABLA N° 5.18
PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA ASOCIADA EN
PARALELO DE 1/2" - LÍNEA N° 8

ITEM	Q (LPM)	Δh (mmHg)	<i>hp</i> (mmca)
1	15	50	630
2	10	25	315
3	7,5	15	189

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO N° 5.19
PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA ASOCIADA EN
PARALELO DE 1/2" - LÍNEA N° 8



Fuente: Elaboración propia

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.

Hipótesis General

De acuerdo a los resultados se pudo realizar un análisis de las pérdidas de carga en accesorios y tubería en función del caudal, con el fin de compararlos y de esta manera generar conocimiento y aprendizaje, logrando obtener un estudio de los fenómenos que en ella conlleva

De esta manera se puede afirmar que el diseño y fabricación del Banco Hidráulico en Circuito Cerrado instalado en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas de la FIME – UNAC, permite realizar el estudio de las Pérdidas de carga en Redes de Distribución Hidráulica para estudiantes en ingeniería.

Hipótesis Específico 1

De acuerdo a los cálculos hidráulicos obtenidos en la etapa de diseño, se logró evaluar la caída de presión y el caudal de la red, los cuales fueron necesarios para el cálculo de espesor de las tuberías y realizar una proyección preliminar que sirvió como punto de partida para dimensionar la red.

De esta manera se puede afirmar que en base a los cálculos hidráulicos realizados se logró dimensionar los espesores de las tuberías, determinar qué componente se encontraran en el interior del banco y dimensionar la red.

Hipótesis Específico 2

De acuerdo a la presión y caudal de la red obtenida, se logró seleccionar una bomba de 0,75 Hp y los componentes internos, de tal forma que permitió darles medidas finales, afín de habilitar y roscar los tramos de tuberías y por ende su fabricación.

Por lo que podemos afirmar que en base a la selección de componentes y dimensionamiento de la red se pudo realizar la fabricación del banco hidráulico y por ende su ensamblaje en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas de la FIME – UNAC.

Hipótesis Específico 3

La puesta en funcionamiento del banco hidráulico fabricado, permitió realizar inspecciones al equipo y una toma de datos experimentales, con la finalidad de cuantificar la caída de presión en tramos de tubería de dimensiones conocidas, así como en accesorios seleccionados, logrando experimentar y estudiar los fenómenos que conllevan a las pérdidas de carga.

De tal forma se puede afirmar que con la fabricación del banco hidráulico en circuito cerrado se puede realizar el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica en las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas de la FIME – UNAC.

Hipótesis Específico 4

De acuerdo a los datos experimentales obtenidos del banco hidráulico en circuito cerrado se logró calcular y graficar las pérdidas de carga primarias y secundarias y como estas varían en función del caudal, así como un análisis comparativo entre tuberías de distinto diámetro, material.

Por lo que podemos afirmar que mediante los datos de prueba obtenidos experimentalmente se puede analizar las pérdidas de carga en las tuberías de la red de distribución hidráulica instalada en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas de la FIME – UNAC.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

6.2.1. En el ámbito internacional

- Quiroga (2010) en su tesis titulada ***“Construcción y Montaje del Banco de Evaluación de Pérdidas de Energía en un Sistema de Transporte de***

Fluidos para el Laboratorio de Transporte y Aprovechamiento de Fluidos Adscrito a la Escuela de Ingeniería Mecánica”, establece que se puede realizar el estudio de las pérdidas de energía en tuberías al alterar los parámetros de caudal, diámetro interior, rugosidad del material, tipo de accesorio y longitud de tubería, por lo que es recomendable el diseño y construcción de un banco hidráulico que contenga estas características.

La presente investigación armoniza con lo establecido por Quiroga, debido a lo encontrado en los resultados obtenidos, en donde se observó que las pérdidas de carga varían con respecto a cada uno de estos parámetros.

- Lara y Velásquez (2011) en su tesis titulada ***“Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para la Medición de Caudal y Caída de Presión en Tuberías Paralelas”***, establece que se puede visualizar el comportamiento de fluidos en las redes de tuberías con diferentes materiales y analizar las pérdidas en diferentes tipos de accesorios, a fin de visualizar el comportamiento de estas tuberías y accesorios cuando se emplean simultáneamente.

De igual manera la presente investigación coincide con lo expuesto por Lara y Velásquez, debido a lo encontrado en los resultados obtenidos al comparar estas tuberías de diferente material y accesorios, permitiendo visualizar en los gráficos cómo se comporta las pérdidas de carga al hacer variar el tipo de material.

- Yambombo (2012) en su tesis titulada ***“Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para Ensayos de Perdida de Carga en Tuberías y Accesorios”***, establece que las pérdidas por fricción de tubería (hp) depende del material, el estado (nueva, usada o muy usada), la longitud, el diámetro de la tubería y la velocidad de flujo de agua que circula en su interior y la geometría utilizada.

La presente investigación concuerda con lo establecido por Yambombo, debido a lo encontrado en los resultados obtenidos al comparar estas tuberías de distintas dimensiones y materiales, contrastando que las pérdidas de carga dependen de directamente de estos parámetros.

6.2.2. En el ámbito nacional

- Poma (2015) en su tesis titulada **“Diseño y Construcción de un Banco de Ensayo para el Estudio de Pérdidas de Carga por Fricción y Singularidad”**, establece que las pérdidas de carga se incrementan progresivamente al aumentar caudal, ya sea por fricción o singularidad, además concluyo que las pérdidas de carga son mayores en los accesorios tipo expansión comparado con los de tipo reducción.

La presente investigación concuerda que las pérdidas de carga se encuentran directamente proporcional caudal, pero no concuerdo con lo relacionado a las pérdidas de carga en expansión y reducción, en donde se encontró que hay mayores pérdidas en las reducciones que en las expansiones.

- Pasco (2016) en su tesis titulada **“Análisis de las Pérdidas de Energía por Fricción y Accesorios en Tuberías HDPE de uso común en Cajamarca, 2016”**, establece de acuerdo a su análisis que las mayores variaciones de perdida de energía se encuentran al realizar el ensayo en la tubería de 1/2" y las de menor perdida de energía se encuentra en las tuberías de 1 ½".

Por lo que la presente investigación se encuentra de acuerdo con lo hallado por Pasco, siendo esto corroborado por medio de los resultados encontrados al comparar tuberías de distinto diámetro, en donde se observó que la pérdida de carga era inversamente proporcional al diámetro de la tubería, es decir a menor diámetro se tendrá una mayor pérdida de carga y viceversa.

CONCLUSIONES

- La implementación del banco hidráulico en circuito cerrado producto de su diseño y fabricación en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas de la FIME – UNAC, permitió realizar estudios experimentales respecto a la pérdida de carga en redes de distribución hidráulica mediante ensayos, logrando confirmar que existe una relación entre las pérdidas de carga y la variación de caudal en tuberías y accesorio, al igual que al varias las dimensiones o diámetros en tuberías.
- Los cálculos hidráulicos para determinar el caudal, la caída de presión y velocidad de flujo, permitieron el dimensionamiento de las tuberías en su diámetro y espesor, así como la selección de la bomba hidráulica de 0,75 Hp y los accesorios en el interior de la red hidráulica.
- La selección de los accesorios permitió darles medidas finales a los tramos de tubería y con esto se realizó el trabajo de corte y roscado, por ende la fabricación del banco hidráulico y su ensamblaje en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas de la FIME – UNAC.
- Los datos de prueba obtenidos de la puesta en funcionamiento del banco hidráulico fabricado, permitió realizar un estudio de cómo se comporta las pérdidas de carga al variar los parámetros de caudal, material de la tubería, cambio de diámetros y accesorios.
- La recopilación de los resultados de pruebas experimentales del banco hidráulico en circuito cerrado, permitió realizar un análisis comparativo entre los tipos de accesorios y tuberías de forma analítica y gráfica, afín de fortalecer el estudio de las pérdidas de carga primarias y secundarias, datos encontrados mediante el Banco Hidráulico en Circuito Cerrado para los Estudios de las Perdidas de Carga en Redes de Distribución Hidráulica, diseñado, fabricado e instalado en las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas de la FIME – UNAC, como se aprecia en la gráfica N° 4.29.

RECOMENDACIONES

- Las instituciones educativas de nivel superior deben buscar incentivar la investigación experimental afín de fortalecer el conocimiento teórico a los estudiantes en las áreas de su profesión mediante implementaciones de módulos prácticos que permitan generar estudios de comportamiento o entender fenómenos físicos de un material, como en este caso es el fluido.
- Las instituciones deben orientar a los estudiantes a generar memorias de cálculo para determinar parámetros de diseño y selección de equipos, permitiendo así fundamentar su dimensionamiento.
- Los investigadores deben de realizar la selección total de equipos y accesorios afín de conocer sus dimensiones y de esta manera establecer las longitudes finales de las tuberías para ser cortadas, roscadas y ensambladas de tal forma que cumpla con la función para que fue creada.
- Los investigadores deberán tomar los datos de prueba con mucha precisión y cuidado a fin de obtener resultados precisos y coherentes, afín de poder realizar el comportamiento de los fenómenos que involucran las pérdidas de carga y hacer comparativos técnicos entre una línea de prueba con otra.
- Los investigadores deben generar resultados de los datos de prueba obtenidos en los ensayos experimentales para luego ser transformados en información de forma escrita y gráfica, con la finalidad de realizar estudios de investigación y fortalecer los conocimientos teóricos para la formación de ingenieros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bernal, C. (2010). Metodología de la Investigación. Colombia: Pearson.

Boxer, G. (1994) *Mecánica de Fluidos*, Estados Unidos de Norte América: Addison Wesley Iberoamericana.

Brown, T. & Wyatt, J. (2010). *Design Thinking for Social Innovation*. California, USA: Stanford Social Innovation.

Calderón, J & Pozo, C. (2011). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para pérdidas de carga en tuberías y accesorios con simulación*, (Tesis para optar el Grado de Ingeniero Mecánico). Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

Cengel, Y & Cimbala, J. (1995). *Mecánica de Fluidos: Fundamentos y Aplicaciones*. México: Editorial Mc Graw Hill.

Fundación PRODINTEC (S/F). *Guía Metodológica DFMA*. España. Centro de producción industrial de Asturias. Recuperado de http://www.prodintec.es/attachments/article/272/fichero_15_4333.pdf.

Fernández, B. (1998). *Introducción a la Mecánica de Fluidos*. Chile: Universidad Católica de Chile.

Fox, R & Mc Donald, A. (1995). *Introducción a la Mecánica de Fluidos*. México: Mc Graw Hill.

Gerhart, P. (1995). *Mecánica de Fluidos*, México: Addison Wesley Iberoamericana.

Hernández, R; Collado, C y Bautista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill Educación.

Mataix, C. (1982). *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*, México: Harla.

- Morán, G y Alvarado, D. (2010). *Métodos de Investigación*. México: Pearson.
- Mott, R. (1996). *Mecánica de Fluidos Aplicada*. México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- Parra, J & Velasco, L. (2014). *Diseño para Construcción de un Banco de Pruebas para determinar las Pérdidas de Carga en un Sistema de Tuberías*, (Tesis para optar el Grado de Ingeniero Mecánico). Cali, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente:
- Poma, R. (2015). *Diseño y Construcción de un Banco de ensayo para el estudio de Pérdidas de Carga por Fricción y Singularidad*, (Tesis para optar el Grado de Ingeniero Agrícola). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Roberson, J. (1991). *Mecánica de Fluidos*. México: Mc Gras Hill Interamericana.
- Shames, I. (2000). *Mecánica de Fluidos*. Colombia: Mc Graw Hill.
- Villeta, J. (2000). *Diseño de proyectos de ingeniería*. Republica de Santo Domingo: Búho.
- White, F. (1983). *Mecánica de Fluidos*. México: Mc Graw Hill.
- Yambombo, J. (2012). *Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para ensayos de pérdidas de Carga en Tuberías y Accesorios*, (Tesis para optar el Grado de Ingeniero Civil). Quito, Ecuador: Universidad Central de Ecuador.

ANEXOS

Anexo N° 1:

Matriz de Consistencia: Diseño y Fabricación de un Banco Hidráulico en Circuito Cerrado para el Estudio de las Perdidas de Carga en Redes de Distribución Hidráulica. Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas FIME – UNAC.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>GENERAL:</p> <p>¿Cómo diseñar y fabricar un banco hidráulico en circuito cerrado para el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas de la FIME – UNAC?</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <p>¿Cómo determinar los cálculos hidráulicos en la unidad de instrucción experimental, que permitan evaluar la caída de presión en las tuberías y accesorios, a fin de dimensionar la red de distribución hidráulica y el tanque principal de alimentación de la sustancia operante?</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Diseñar y fabricar un banco hidráulico en circuito cerrado para el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas de la FIME – UNAC.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <p>Determinar los cálculos hidráulicos en la unidad de instrucción experimental, que permitan evaluar la caída de presión en las tuberías y accesorios, a fin de dimensionar la red de distribución hidráulica y el tanque principal de alimentación de la sustancia operante.</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Si se diseña y fabrica un banco hidráulico en circuito cerrado, se podrá estudiar de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Maquinas Térmicas de la FIME – UNAC.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <p>Si se determinan los cálculos hidráulicos en la unidad de instrucción experimental, que permitan evaluar la caída de presión en las tuberías y accesorio y de esta manera dimensionar la red de distribución hidráulica y el tanque principal de alimentación de la sustancia operante.</p>	<p>Variable I</p> <p>Diseño y Fabricación de un Banco Hidráulico en Circuito Cerrado</p> <p>Variable II</p> <p>Pérdidas de Carga</p>	<p>Tipo de Investigación</p> <p>Tecnológica</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>Aplicada</p> <p>Diseño de la Investigación</p> <p>No experimental</p> <p>Población</p> <p>Módulos experimentales existentes en otras instituciones de educación superior y antecedentes de la problemática en el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica sometidas a presión.</p> <p>Muestra</p> <p>Banco hidráulico diseñado y fabricado</p>

<p>¿Qué accesorios y dimensiones deberá tener la red de distribución hidráulica, a fin de permitir la fabricación de un banco hidráulico en circuito cerrado para el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica?</p> <p>¿Cómo fabricar un banco hidráulico en circuito cerrado que permita el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica?</p> <p>¿Qué datos de pruebas experimentales serán necesarios determinar en un banco hidráulico en circuito cerrado, a fin de analizar las pérdidas de carga en las tuberías de la red de distribución hidráulica?</p>	<p>Seleccionar los accesorios y dimensionar la red de distribución hidráulica, a fin de permitir la fabricación del banco hidráulico en circuito cerrado para el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica.</p> <p>Fabricar un banco hidráulico en circuito cerrado que permita el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica.</p> <p>Recopilar los datos de prueba experimentalmente en un banco hidráulico en circuito cerrado, a fin de analizar las pérdidas de carga en las tuberías de la red de distribución hidráulica.</p>	<p>Si se seleccionan los accesorios y dimensionan la red de distribución hidráulica, se podrá fabricar un banco hidráulico en circuito cerrado para el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica.</p> <p>Si se fabrica un banco hidráulico en circuito cerrado se podrá realizar el estudio de las pérdidas de carga en las redes de distribución hidráulica.</p> <p>Si se registran los datos de prueba experimentalmente en el banco hidráulico en circuito cerrado, se podrá analizar las pérdidas de carga en las tuberías y accesorios de la red de distribución hidráulica.</p>		<p>Técnicas e instrumentos para recolectar información</p> <p>Documental</p> <p>Esta técnica consiste en recabar información formada por documentos de diferentes tipos: libros, tesis donde puedan existir antecedentes del problema objeto de estudio y otras investigaciones escritas.</p>
---	--	--	--	---

Anexo N° 2: Instrumentos validados

Lo que se pretende en el banco hidráulico es el estudio de las pérdidas de carga, para ello se requerirá recopilar los datos de prueba siendo estos: El caudal, el cual será medido por medición directa tipo volumétrico por medio de una probeta y cronometro, así como la diferencia de presión en columna de agua, mediante la defección que se mostrará por medio de tubos piezométricos.

Anexo N° 2.1

TABULACIÓN DE DATOS: PERDIDAS PRIMARIAS

	Material	Longitud (m)	Diámetro (Pulg)	N°	1	2	3	4	5	6
Línea 1										
Línea 2										
Línea 3										

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N° 2.2

TABULACIÓN DE DATOS: PERDIDAS SECUNDARIAS

LINEA	ENSAYO	Q (LPM)	ACCESORIO N° 1	ACCESORIO N° 2

Fuente: Elaboración Propia

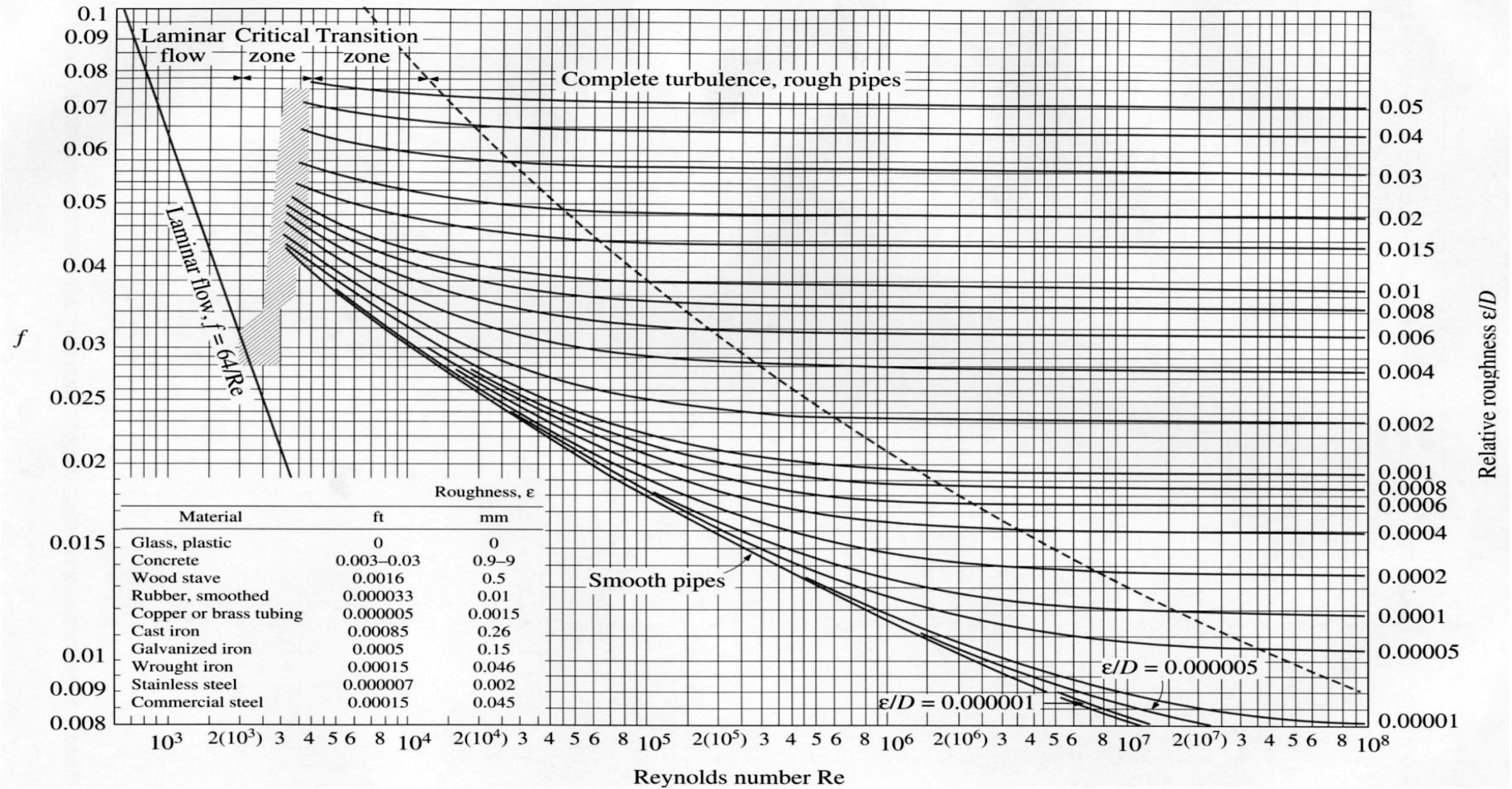
Anexo N° 3: Base de datos.

LINEA	ENSAYO	Q (LPM)	Codo de 90° recto (mmHg)	Codo de 90° largo (mmHg)	-
1	1	15	50	14	-
	2	12,5	37	11	-
	3	10	24	6	-
	4	7,5	14	4	-
LINEA	ITEM	Q (LPM)	válvula check de ½" (mmHg)	Tubería de ½" (mmHg)	válvula compuerta de ½" (mmHg)
2	1	15	24	26	45
	2	10	11	14	22
	3	7,5	7	8	13
LINEA	ITEM	Q (LPM)	Válvula de bola de ½" (mmHg)	-	-
3	1	15	22	-	-
	2	12,5	14	-	-
	3	10	9	-	-
	4	7,5	6	-	-
LINEA	ITEM	Q (LPM)	Tubería de ¾" (mmHg)	-	-
4	1	15	4	-	-
	2	10	3	-	-
	3	7,5	2,5	-	-
LINEA	ITEM	Q (LPM)	Ampliación de ½" a ¾" (mmHg)	Tubería de ¾" (mmHg)	reducción de ¾" a ½" (mmHg)
5	1	32,5	2	3	29
	2	25	1	2	20
	3	17,5	0,5	1	10
	4	12,5	-	0,5	-

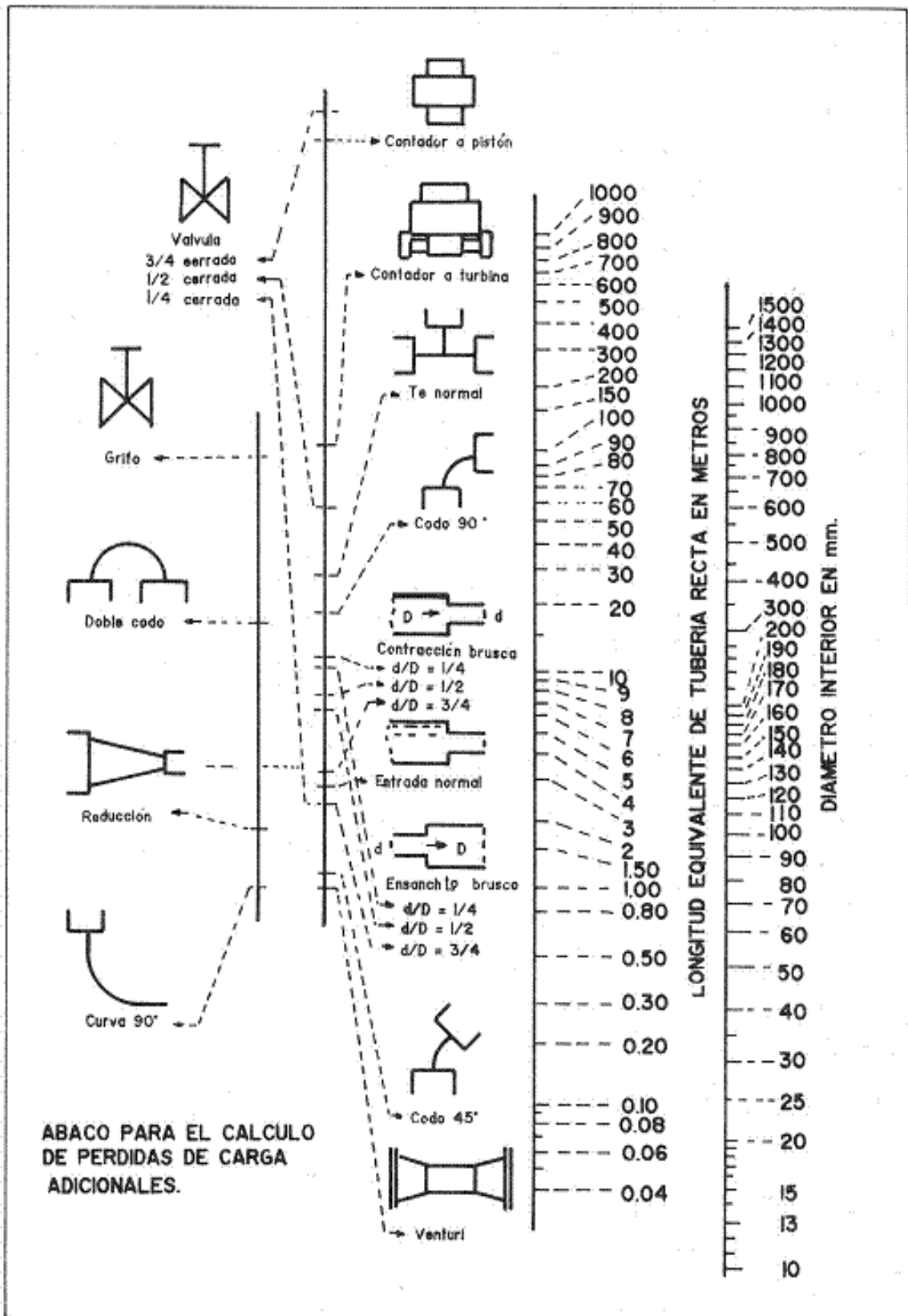
LINEA	ITEM	Q (LPM)	Tubería de cobre de 5/8" (mmHg)	-	-
6	1	15	12	-	-
	2	10	6,5	-	-
	3	7,5	4,5	-	-
	4	5	3,5	-	-
LINEA	ITEM	Q (LPM)	Tubería de bronce de 1/2" (mmHg)	-	-
7	1	15	24	-	-
	2	12,5	18	-	-
	3	10	12	-	-
	4	7,5	8	-	-
LINEA	ITEM	Q (LPM)	Tubería en paralelo de 1/2" (mmHg)	-	-
8	1	15	50	-	-
	2	12,5	38	-	-
	3	10	25	-	-
	4	7,5	15	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N° 4: Diagrama de Moody



Anexo N° 5: Monograma de pérdidas de secundarias



Anexo N° 6: Guía de laboratorio del Banco Hidráulico.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS TÉRMICAS

MANUAL DE LABORATORIO EN ENERGÍA

**EXPERIENCIA: PERDIDAS DE CARGA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN
HIDRÁULICA SOMETIDAS A PRESIÓN**

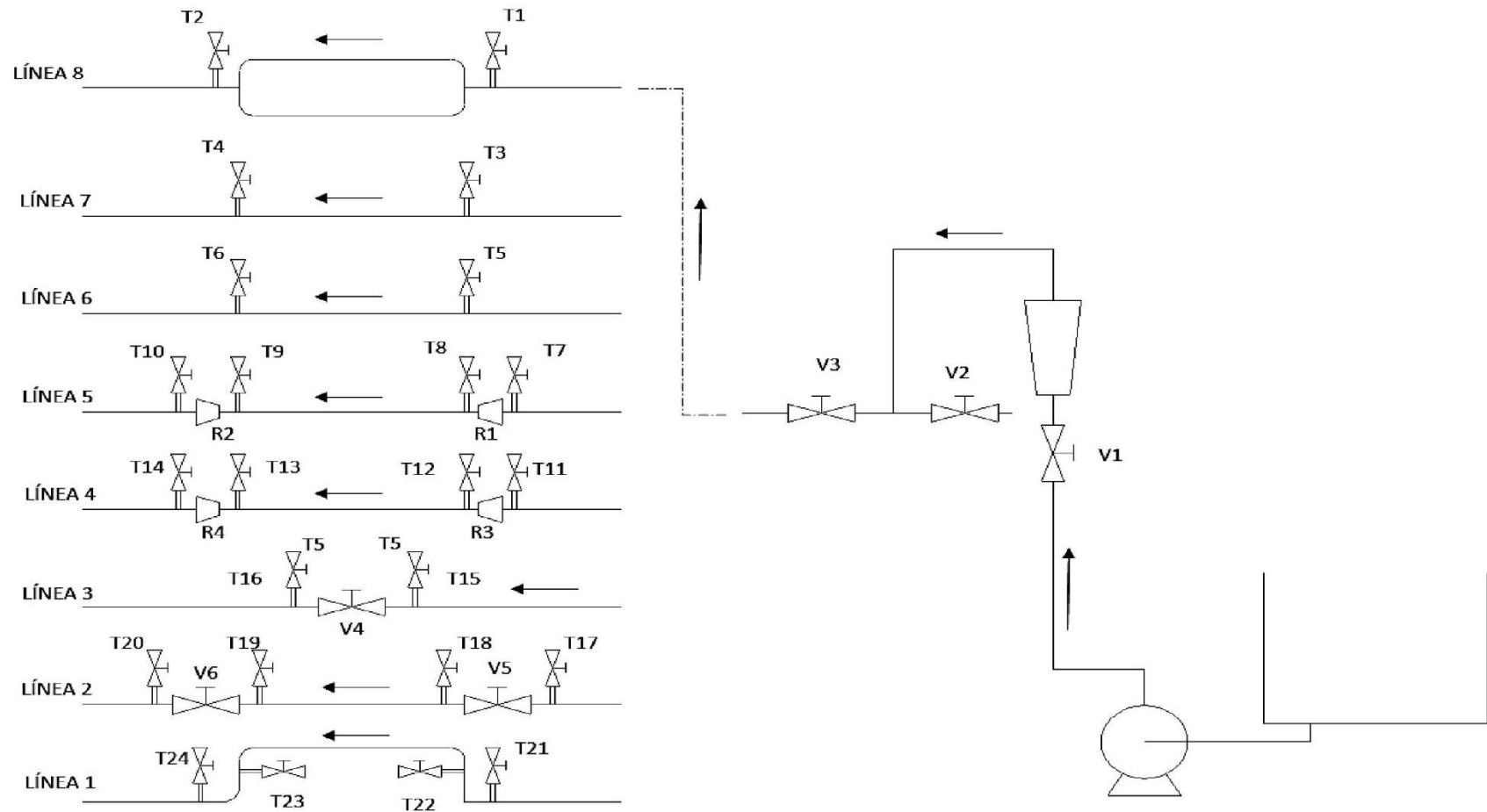
1. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental denominada “Banco Hidráulico en Circuito Cerrado para el Estudio de las Perdidas de Carga en Redes de Distribución Hidráulica” de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, es una unidad que permite realizar el estudio y análisis de las pérdidas de energía que sufre un fluido real al atravesar un sistema de tuberías, permitiendo determinar experimentalmente las pérdidas de carga en tuberías de acero galvanizado de 1”, ¾”, y ½” pulgadas, en tuberías de Bronce y cobre de ½”, así como en accesorios que se encuentran dentro de la red.

1.1 ESQUEMA DE LA UNIDAD



ESQUEMA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA



1.2 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental dispone de un circuito de agua cerrado y está equipado con una bomba de 0,75 HP que impulsa agua y elevando su presión desde un tanque reservorio hacia la red de tuberías, siendo la cantidad de caudal regulada por medio de una válvula de globo de 1" pulgada y determinada por un caudalímetro tipo rotámetro con entrada de 1" pulgada y medición de hasta 50 LPM, así mismo el modulo cuenta con 8 líneas de tubería identificadas de superior a inferior para la realización de experiencias las cuales contienen:

- ✓ La línea 1: se encuentra en la parte inferior, el cual tiene como fin, el estudio de las pérdidas de carga de acero galvanizado en un codo de 90° recto, un codo de 90° largo de 1/2" y su conjunto con una tubería de 1/2" diámetro.
- ✓ La línea 2: Tiene como fin el estudio de las pérdidas de carga, de una válvula de compuerta y una válvula check de 1/2" de material de bronce.
- ✓ La línea 3: Tiene como fin el estudio de las pérdidas de carga, de una válvula de bola de 1/2" pulgada de diámetro.
- ✓ La línea 4: Tiene como fin el estudio de las pérdidas de carga de acero galvanizado de una tubería recta de 3/4", una ampliación de 1/2" a 3/4" y una reducción de 3/4" a 1/2".
- ✓ La línea 5: Tiene como fin el estudio de las pérdidas de carga de acero galvanizado de una tubería recta de 1", una ampliación de 3/4" a 1" y una reducción de 1" a 3/4".
- ✓ La línea 6: Tiene como fin el estudio de las pérdidas de carga de una tubería recta de cobre de 5/8" de diámetro.
- ✓ La línea 7: Tiene como fin el estudio de las pérdidas de carga de una tubería recta de bronce de 5/8" de diámetro.

- ✓ La línea 8: Tiene como fin el estudio de las pérdidas de carga de contiene una tuberías en paralelo de acero galvanizado de $\frac{1}{2}$ " de diámetro.

1.3 DATOS ADICIONALES

El banco hidráulico para la investigación experimental del Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Máquinas Térmicas. FIME - UNAC, cuenta con:

- Manómetro diferencial con líquido manométrico mercurio.
- Tuberías de hierro galvanizado de 1", $\frac{3}{4}$ ", y $\frac{1}{2}$ " pulgadas y en tuberías de Bronce y cobre de $\frac{1}{2}$ "
- Tanque reservorio acrílico transparente
- Una bomba centrífuga de 0,75 HP
- Válvulas: Globo, esféricas y Compuerta y codos
- Caudalímetro tipo rotámetro de 0 – 50 LPM

2. PROCEDIMIENTO DE LA EXPERIENCIA

El procedimiento a seguir en el análisis experimental debe cumplir el siguiente procedimiento:

- Llenado del tanque reservorio
Antes de encender el equipo se deberá llenar el reservorio con agua, no mayor a los $\frac{3}{4}$ de su capacidad máxima, con la finalidad de abastecer a la bomba hidráulica y de esta manera aumentar la presión y velocidad al fluido.
- Arreglo de válvulas
Antes de dar inicio al ensayo, se deberá configurar el arreglo de válvulas según sea la necesidad.

La unidad experimental para ensayos de "pérdidas de carga en conducciones hidráulicas sometidas a presión" de la Facultad de

Ingeniería Mecánica y de Energía, cuenta con 8 líneas de prueba de distinto diámetro y accesorio o singularidades, por lo que es necesario configurar las válvulas de bola de la siguiente manera:

Línea 1:

Codo de acero galvanizado de 90° recto.

Válvulas abiertas: T₂₁, T₂₂.

Válvulas cerradas: T₂₃, T₂₄.

Codo de acero galvanizado de 90° largo.

Válvulas abiertas: T₂₃, T₂₄.

Válvulas cerradas: T₂₁, T₂₂.

Línea 2:

Válvula check de ½" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₁₇, T₁₈.

Válvulas cerradas: T₁₉, T₂₀.

Tubería de acero galvanizado de ½" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₁₈, T₁₉.

Válvulas cerradas: T₁₇, T₂₀.

Válvula de compuerta de ½" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₁₉, T₂₀.

Válvulas cerradas: T₁₇, T₁₈.

Línea 3:

válvula de bola de ½" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₁₅, T₁₆.

Línea 4:

Ampliación de 1/2" a 3/4", acero galvanizado.

Válvulas abiertas: T₁₁, T₁₂.

Válvulas cerradas: T₁₃, T₁₄.

Tubería de acero galvanizado de 3/4" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₁₂, T₁₃.

Válvulas cerradas: T₁₁, T₁₄.

reducción de 3/4" a 1/2" acero galvanizado.

Válvulas abiertas: T₁₃, T₁₄.

Válvulas cerradas: T₁₁, T₁₂.

Línea 5:

Ampliación de 3/4" a 1", acero galvanizado.

Válvulas abiertas: T₇, T₈.

Válvulas cerradas: T₉, T₁₀.

Tubería de acero galvanizado de 1" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₈, T₉.

Válvulas cerradas: T₇, T₁₀.

reducción de 1" a 3/4", acero galvanizado.

Válvulas abiertas: T₉, T₁₀.

Válvulas cerradas: T₇, T₈.

Línea 6:

Tubería de cobre de 5/8" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₅, T₆.

Línea 7:

Tubería de bronce de ½" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₃, T₄.

Línea 8:

✓ Tubería en paralelo de acero galvanizado de ½" de diámetro.

Válvulas abiertas: T₁, T₂.

El caudal es regulado por medio de la válvula de globo V₁, con ella se puede variar la cantidad de fluido que pasa a través de la tubería seleccionada, con el fin de variar las pérdidas primarias o las pérdidas secundarias en el caso de analizar las pérdidas en los accesorios.

- **Secuencia de funcionamiento:**

Una vez que el equipo esté listo para realizar el ensayo se deberá:

Para pérdidas primarias

- Apertura la válvula de globo V₁₅ hasta una posición seleccionada.
- Registrar los datos de prueba obtenidos de las diferencias de alturas de los tubos piezométricos y el caudal por medio del caudalímetro tipo rotámetro.
- Repetir la operación con una nueva apertura de la válvula de globo V₁.

Para pérdidas secundarias

- Apertura los accesorios de las líneas de prueba seleccionadas.
- Apertura la válvula de globo V₁ hasta una posición seleccionada.
- Registrar los datos de prueba obtenidos de la deflexión del manómetro diferencial en U de mercurio y el caudal por medio de una probeta y cronómetro.

- Repetir la operación con una nueva apertura de la válvula de globo V₁.

3. ANÁLISIS Y PROCESO METODOLÓGICO DE CÁLCULOS

El registro de datos de prueba se realizará por medio tablas de datos como se puede observar en las siguientes tablas:

Para pérdidas primarias (tubería recta) y secundarias (válvula de compuerta):

Linea	Material	Longitud (m)	Diámetro (Pulg)	N°	1	2	3	4	5	6
			1/2"	Q (m ³ /s)						
				Δ h (mm)						
			3/4"	Q (m ³ /s)						
				Δ h (mm)						

Así mismo para el análisis y procesamiento de la experiencia será necesario la determinación de:

Determinación del factor de fricción

Pérdidas mayores (h_p).- Llamadas también (Resistencia, Primaria o Fricción). En la práctica es conveniente expresar la pérdida de presión (ΔP) para todos los tipos de flujos internos (Laminar ó Turbulento), tuberías circulares ó no circulares, superficies lisas ó rugosas, tuberías horizontales o inclinadas.). La evaluación se hace utilizando la ecuación de DARCY – WEISBACH.

$$\Delta P = f \frac{L}{D_H} * \rho * \frac{V^2}{2}$$

Sin embargo, para el análisis de los sistemas de tuberías, la pérdida de presión comúnmente se expresa en términos de la altura de la columna de fluido equivalente (diferencia de altura de los tubos piezometricos), llamado pérdida de carga y se evalúa, por la ecuación siguiente:

$$h_p = f \frac{L}{D_H} * \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

- L: Es la longitud de la conducción,
- f: Es el coeficiente de fricción,
- V: Es la velocidad media del flujo
- D_H: Es el diámetro hidráulico de la conducción.

Determinación del Coeficiente de pérdida secundaria

Pérdidas menores (h_s).- Llamadas también (Locales, Secundarias o Singulares). Se debe a los accesorios o singularidades en la conducción hidráulica.

$$h_s = K \frac{V^2}{2g}$$

Dónde: “K” es el coeficiente de pérdida secundaria (depende del Tipo de accesorio y el número de Reynolds).

4. MATRIZ DE RESULTADOS

4.1 Tabulación de resultados

Los cálculos realizados serán registrados por medio de tablas de resultados, como se puede observar:

Para pérdidas primarias:

ITEM	LÍNEA	MATERIAL	DIÁMETRO	Q (LPM)	Δh (mmHg)	hp (mmca)
1						
2						
3						

Para pérdidas secundarias:

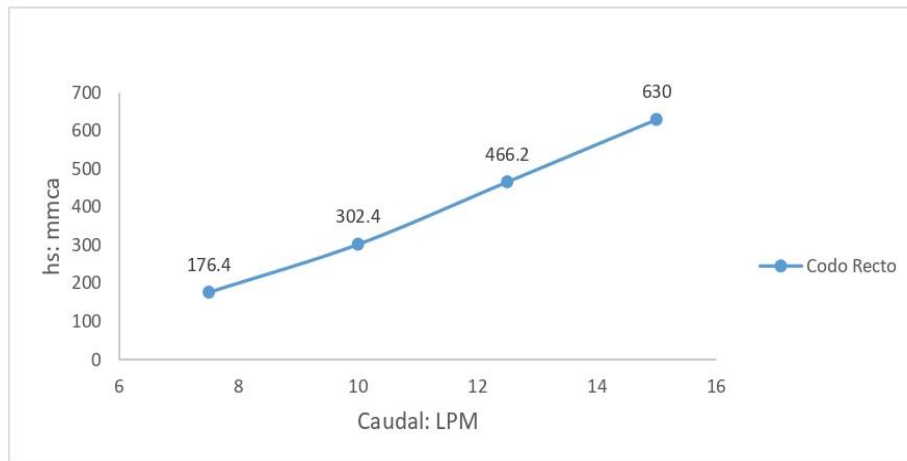
ITEM	LÍNEA	ACCESORIO	DIÁMETRO	Q (LPM)	Δh (mmHg)	hs (mmca)
1						
2						
3						

4.1 Graficas

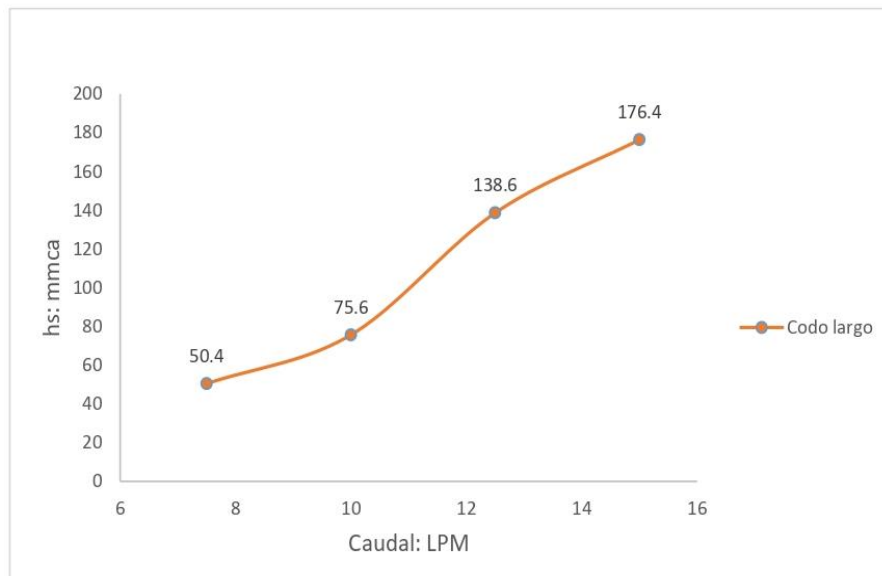
Las gráficas que se generarán en el presente informe serán:

Línea 1:

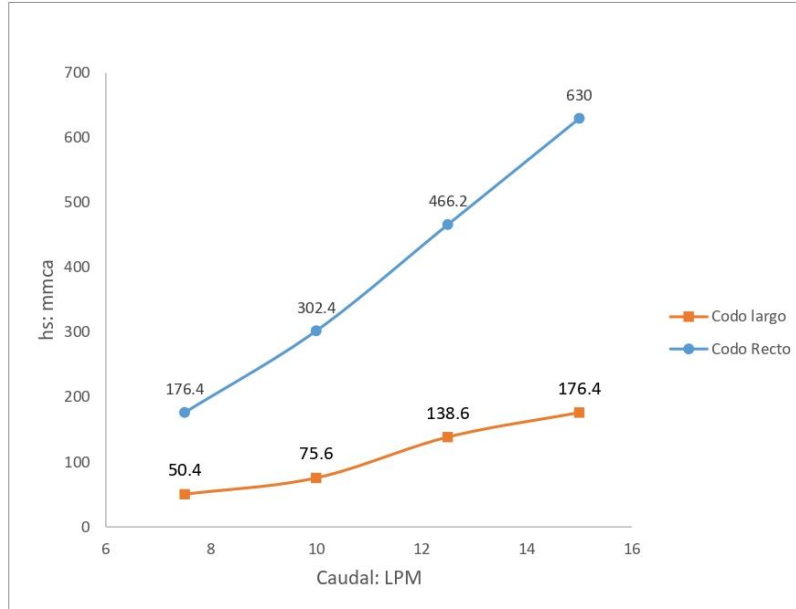
PERDIDA DE CARGA CODO 90° RECTO DE 1/2" - LÍNEA N° 1



PERDIDA DE CARGA CODO 90° LARGO DE 1/2" - LÍNEA N° 1

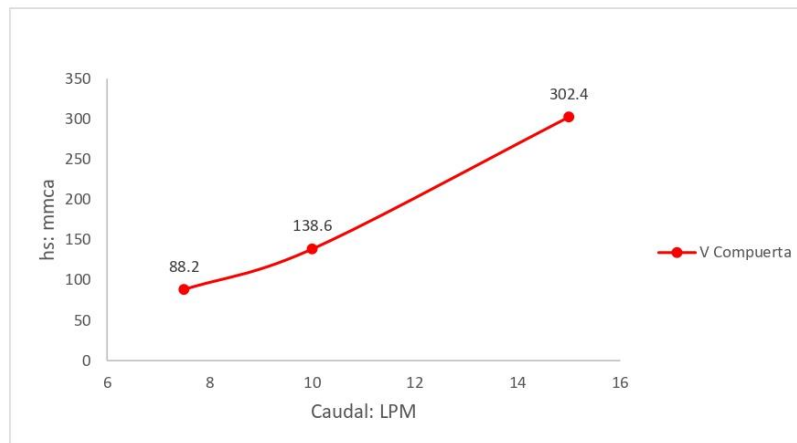


COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, CODO RECTO Vs CODO LARGO

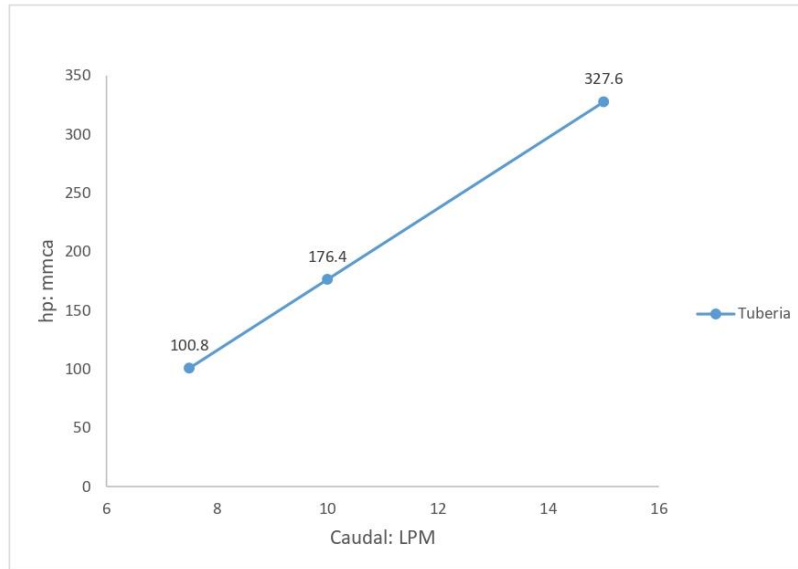


Línea 2:

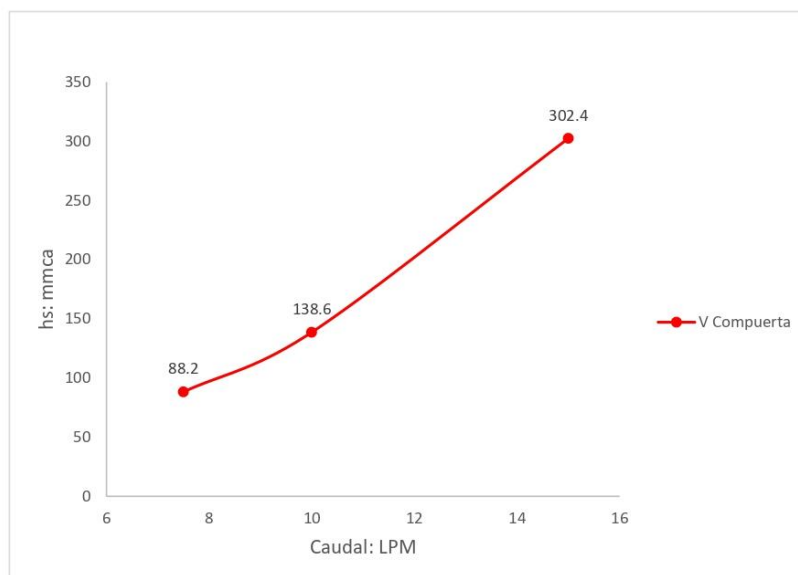
PERDIDA DE CARGA DE LA VÁLVULA CHECK DE 1/2" - LÍNEA N° 2



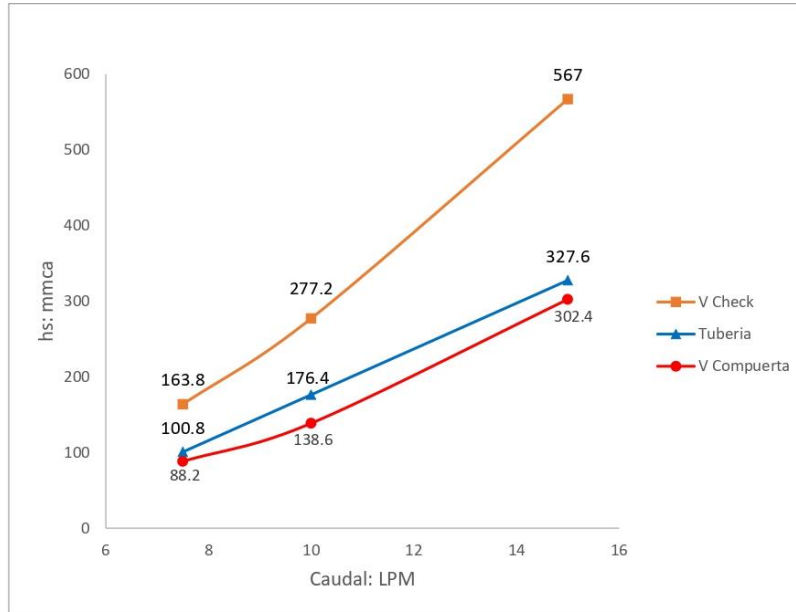
PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA DE ½" - LÍNEA N° 2



PERDIDA DE CARGA DE LA VÁLVULA DE COMPUERTA DE ½" - LÍNEA N° 2

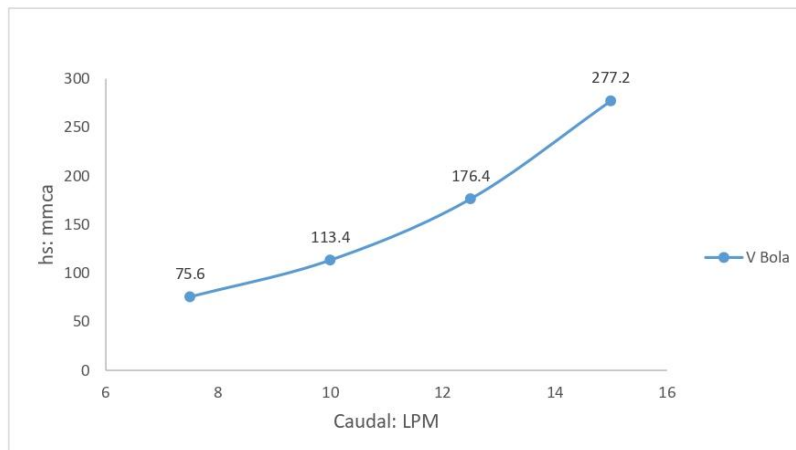


COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, CODO RECTO Vs CODO LARGO

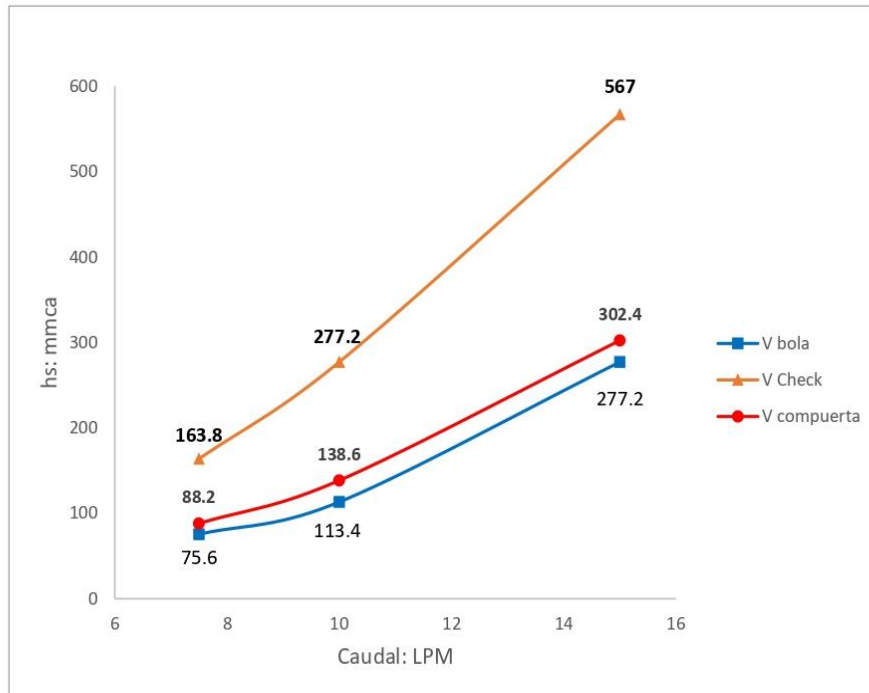


Línea 3:

PERDIDA DE CARGA DE LA VÁLVULA BOLA DE ½" - LÍNEA N° 3

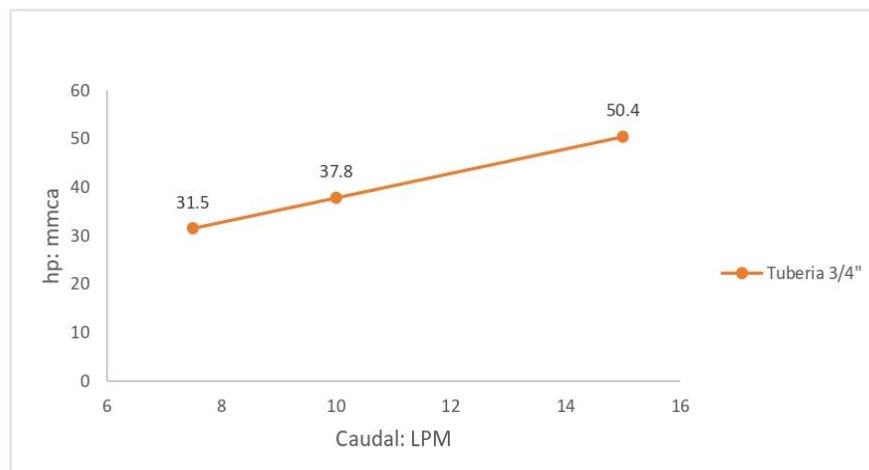


COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, VÁLVULA DE BOLA Vs VÁLVULA DE COMPUERTA Vs VÁLVULA CHECK – LÍNEA 2 y 3



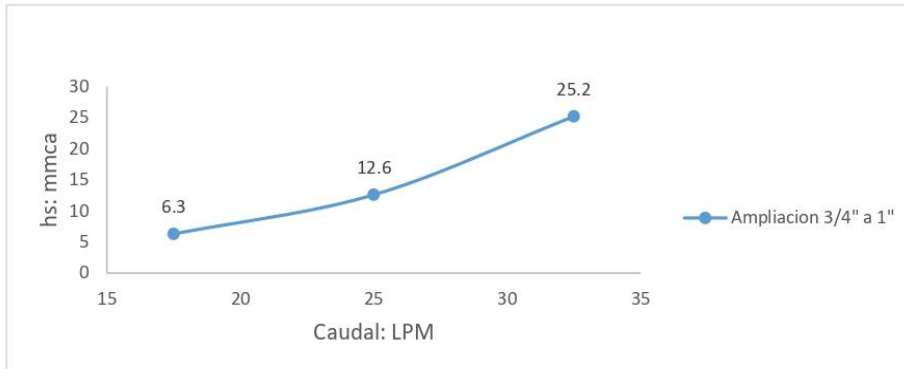
Línea 4:

PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA DE 3/4" -LÍNEA N° 4

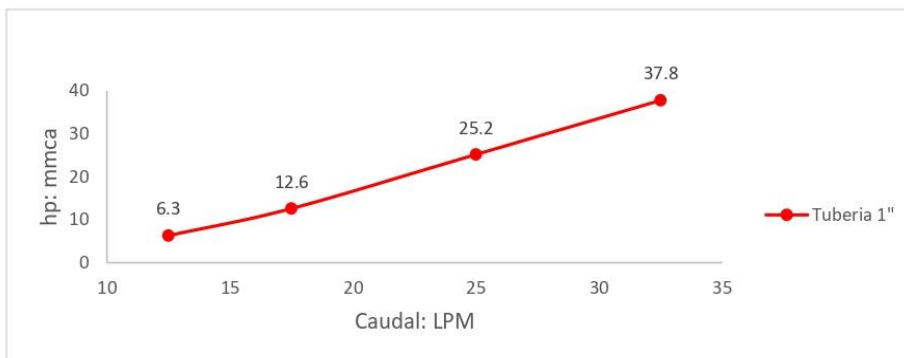


Línea 5:

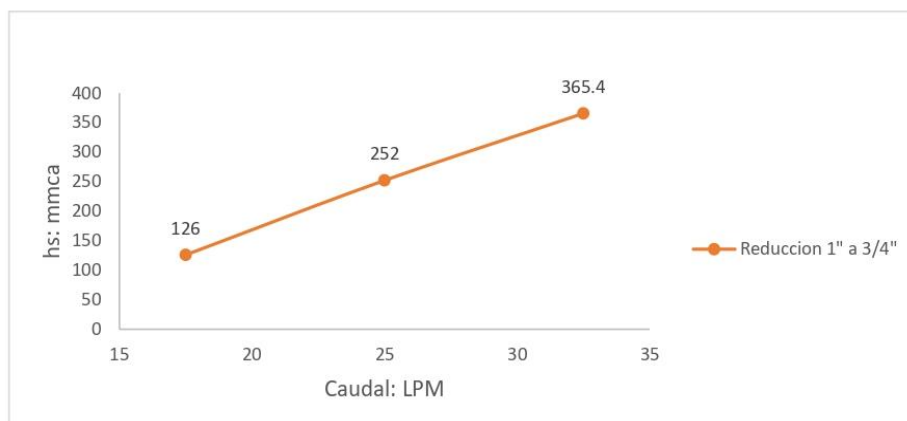
PERDIDA DE CARGA DE UNA AMPLIACIÓN DE 3/4" A 1" - LÍNEA N° 5



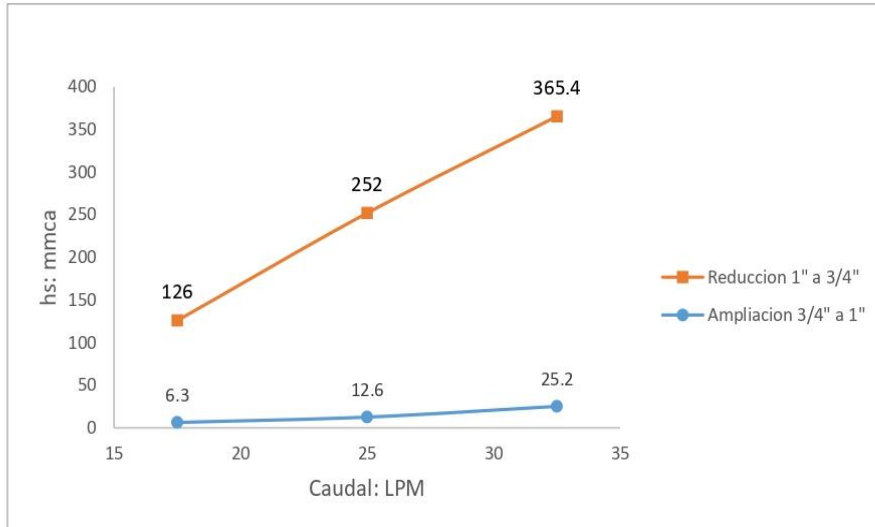
PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA GALVANIZADA DE 1" - LÍNEA N° 5



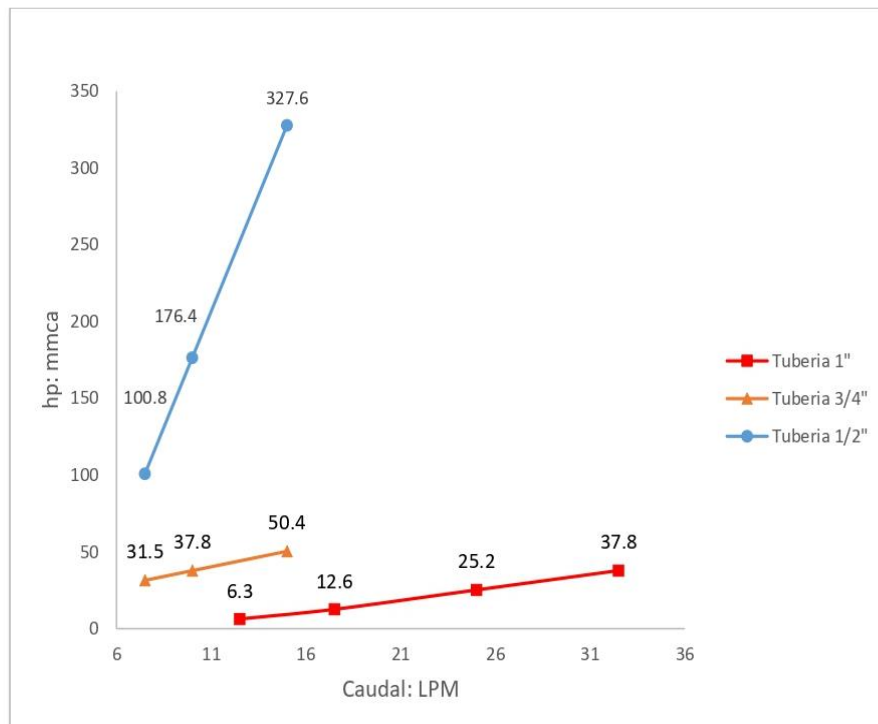
PERDIDA DE CARGA DE UNA REDUCCIÓN DE 1" A 3/4" - LÍNEA N° 5



**COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, REDUCCIÓN Vs AMPLIACIÓN -
LÍNEA N° 5**

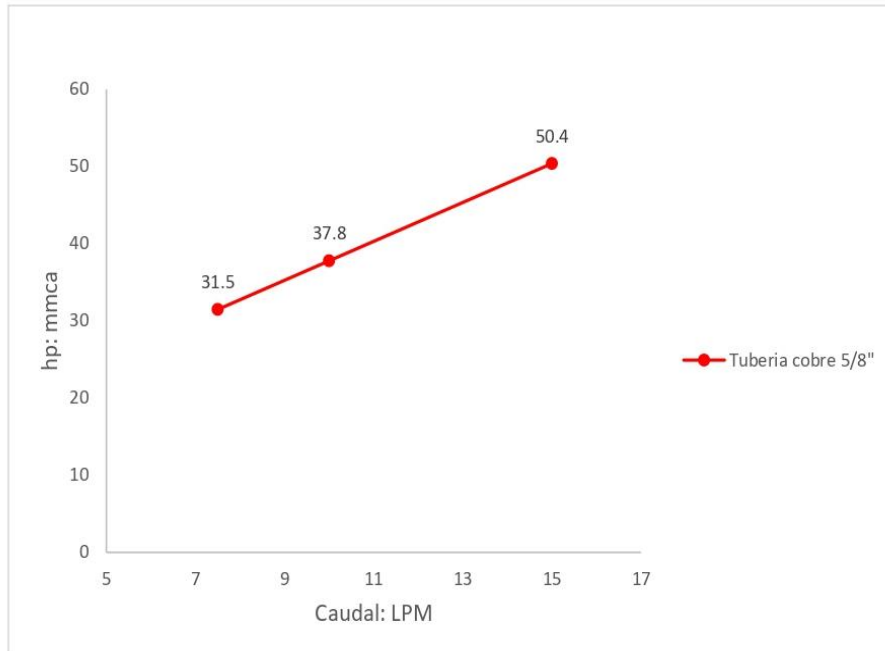


**COMPARACIÓN DE LA PERDIDA DE CARGA, TUBERÍA GALVANIZADA DE 1/2"
Vs 3/4" Vs 1" - LÍNEA N° 2, N° 4, N° 5**



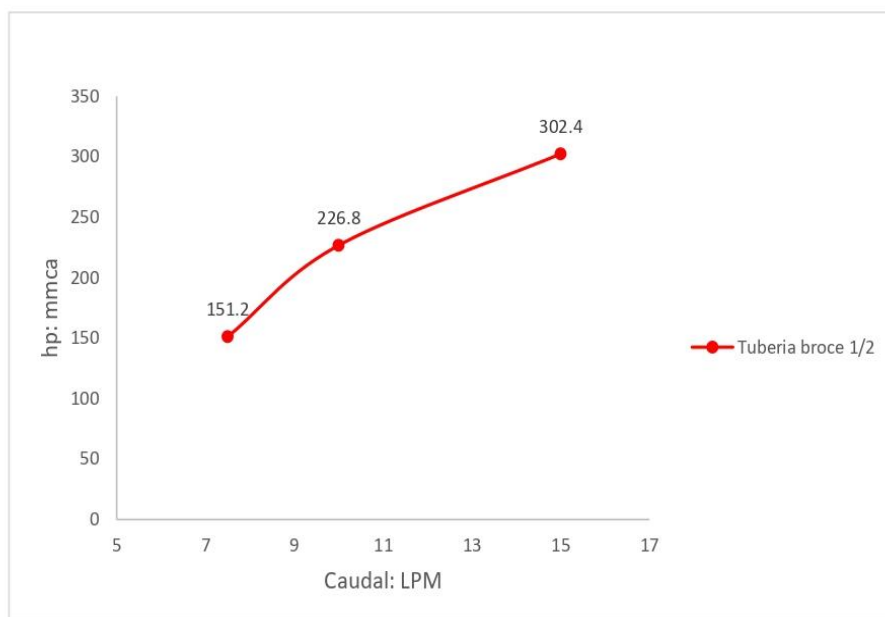
Línea 6:

PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE COBRE DE 5/8" - LÍNEA N° 6

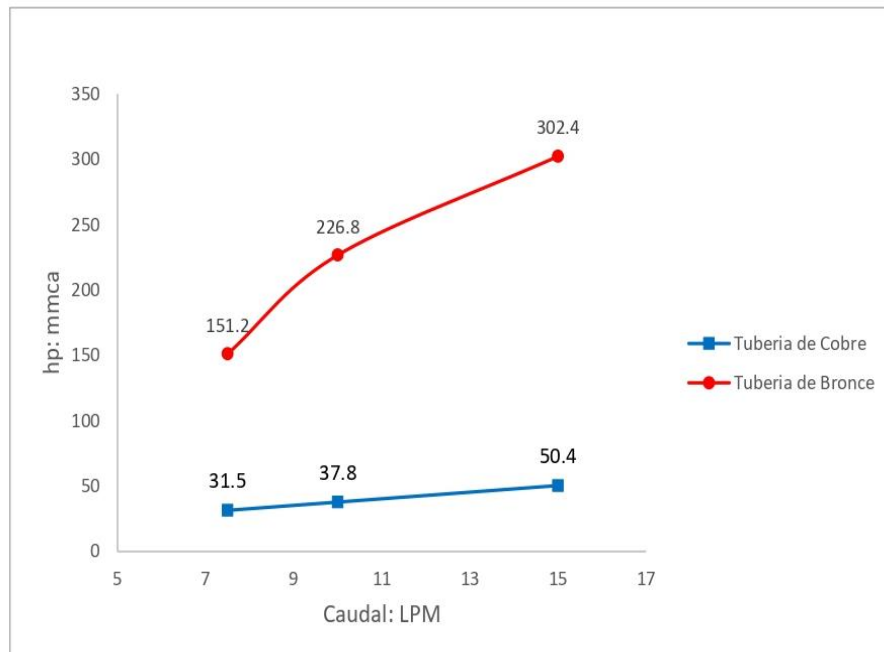


Línea 7:

PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE BRONCE DE 1/2" - LÍNEA N° 7

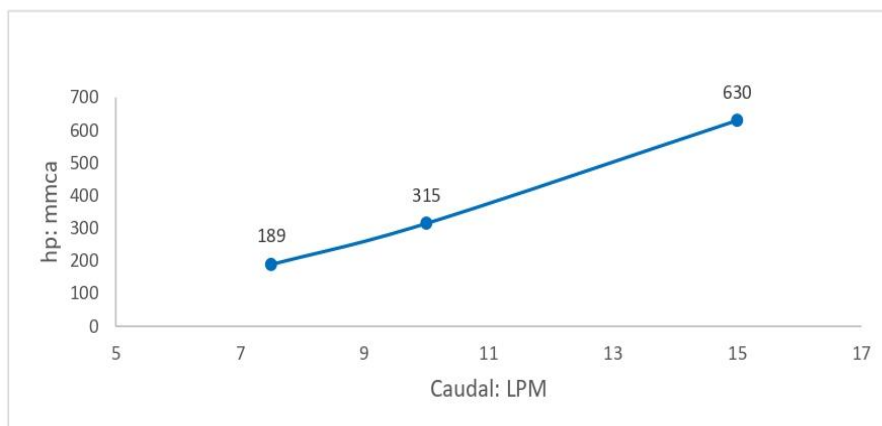


PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE BRONCE Vs COBRE - LÍNEA N° 6 y 7



Línea 8:

PERDIDA DE CARGA DE UNA TUBERÍA DE COBRE DE 5/8" - LÍNEA N° 6

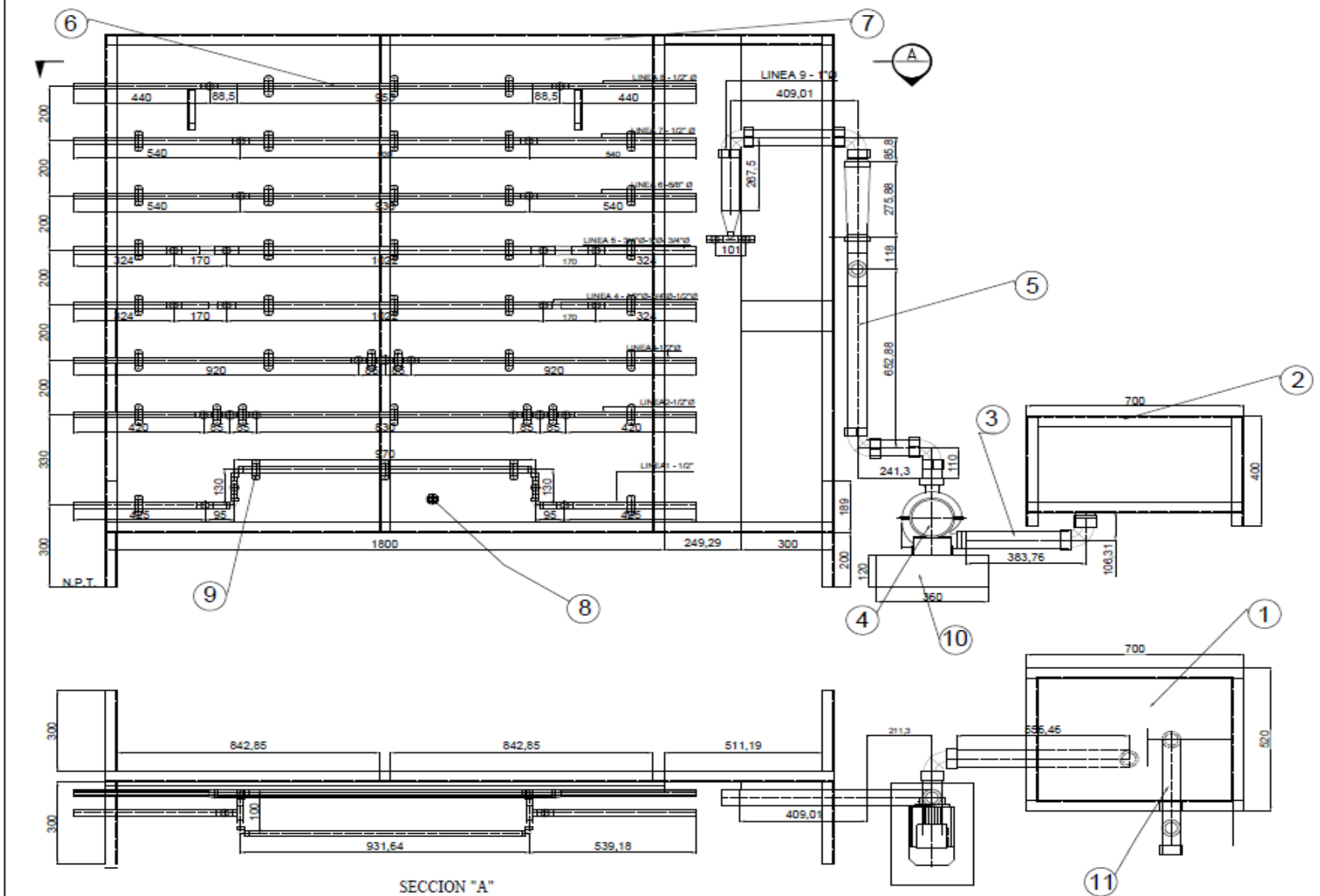


Anexo N° 7: Metrado y costo del Banco Hidráulico en circuito cerrado para el estudio de las pérdidas de carga en redes de distribución hidráulica.

ITEM	ESPECIFICACIONES	UND.	CANT.	P. UNIT S/.	P. PARCIAL S/.	SUB TOTAL S/.
1.0	MANO DE OBRA					715,00
	Técnico soldador (estructura)	H-H	5,0	30,00	150,00	
	Roscado de tuberías	Un d.	106,0	2,50	265,00	
	Ayudante	H-H	15,0	20,00	300,00	
2.0	MATERIALES					
2.1.	Válvulas					438,00
	Válvula Globo 1" – Bronce - CIM	Un d.	1,0	131,00	131,00	
	Válvula Bola 1/2"- acero cromado -Humboldt	Un d.	1,0	30,00	30,00	
	Válvula Compuerta Pesada 1/2"- CIM	Un d.	1,0	60,00	60,00	
	Válvula Bola 1/2"- PVC - Sanking	Un d.	26,0	7,00	182,00	
	Válvula Check 1/2"- CIM	Un d.	1,0	35,00	35,00	
2.2.	Bomba					500,00
	Bomba Humboldt Xcm 146 -de 0,75 HP	Un d.	1,0	500,00	500,00	
2.3	Tuberías y Manguera					539,00
	Tubo Galvanizado 1/2" x 6m	Un d	2,0	40,00	130,00	
	Tubo Galvanizado 3/4" x 6m	Un d.	0,5	50,00	40,00	
2.4.	Tubo Galvanizado 1" x 6m	Un d.	1,0	60,00	90,00	
	Tubo Cobre 1/2" x 3m	Un d.	1,0	80,00	80,00	
	Tubo bronce 1/2" x 3m	Un d.	1,0	85,00	85,00	
	Manguera 16 mm	Mts.	12,0	6,00	72,00	
	Niple Galvanizado 1/2" x 1 1/2"	Un d.	19,0	2,00	38,00	
	Niple Galvanizado 3/4" x 1 1/2"	Un d.	2,0	2,00	4,00	
2.5	Accesorios					228,70
	Tee bronce de 1/2" x 1/2" - Lmp	Und.	19,0	6,00	114,00	
	Tee bronce de 3/4" x 3/4" x 1/2" - Lmp	Un d.	2,0	8,50	17,00	
	Tee bronce de 1" x 1" x 1/2" - Lmp	Un d.	2,0	13,00	26,00	
	Codo Galvanizado de 1/2" x 90°	Und.	8,0	3,50	28,00	
	Codo Galvanizado de 1" x 90°	Un d.	6,0	4,50	27,00	
	Reducción Galvanizado de 1 "x3/4" SP	Und.	3,0	3,50	10,50	
	Reducción Galvanizado de 3/4"x1/2" SP	Und.	2,0	3,10	6,20	
	Estructura					649,10
	Angulo estructural A-36 de 1 1/2" x 3/16" x 6 m	Und.	5,0	65,00	325,00	
	Angulo estructural A-36 de 1" x 3/16" x 6 m	Und	0,5	50,00	25,00	
	Plancha de acrílico 1200 x 2400 x 6mm	Und	0,5	300,00	150,00	
	Plancha de melanina 2150 x 2440 x 18 mm	Und	1,0	130,00	130,00	
	Abrazaderas metálicas de 2 pies de 1/2"	Und	31,0	0,50	15,50	
	Abrazaderas metálicas de 2 pies de 3/4"	Und	2,0	0,60	1,20	
	Abrazaderas metálicas de 2 pies de 1"	Und	3,0	0,80	2,40	
	accesorios para medición de presión					1582,00
	Manómetro diferencial Flex –Tube 100 psi	Und	1,0	750,00	750,00	
	Rotámetro Dwyer de 5 a 50 LPM	Und	1,0	700,00	700,00	
	Adaptador de tubo a rosca recto neumático SMC – conexión rápida	Und	44,0	3,00	132,00	
	Pintura					115,00
	Pintura zincromato automotriz	Gln.	0,5	44,00	22,00	
	Pintura epóxica	Gln.	1,0	78,00	78,00	
	Thinner acrílico	Gln.	1,0	15,00	15,00	
	Otros					58,00
	Cinta teflón	Und.	20,0	1,00	20,00	
	Soldadura E 7018 de 1/8"	Kg.	2,0	15,00	30,00	
	Lija de hierro	Und.	4,0	2,00	8,00	
PRESUPUESTO TOTAL						4824,80

Anexo N° 8:

**PLANOS DEL BANCO HIDRÁULICO EN CIRCUITO CERRADO PARA EL
ESTUDIO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN
HIDRÁULICA**



ITEM	DESCRIPCION	OBS
11	Lineas de descarga de tanque de agua	
10	Base de Cimentación	
09	Abrazaderas metalicas	
08	Plancha de Melamine	
07	Base estructural de lineas de prueba	
06	Lineas de prueba	
05	Lineas de descarga	
04	Bomba centrifuga de 0.75 HP - Humbat	
03	Lineas de succion	
02	Estructura de tanque de agua	
01	Tanque de Agua	

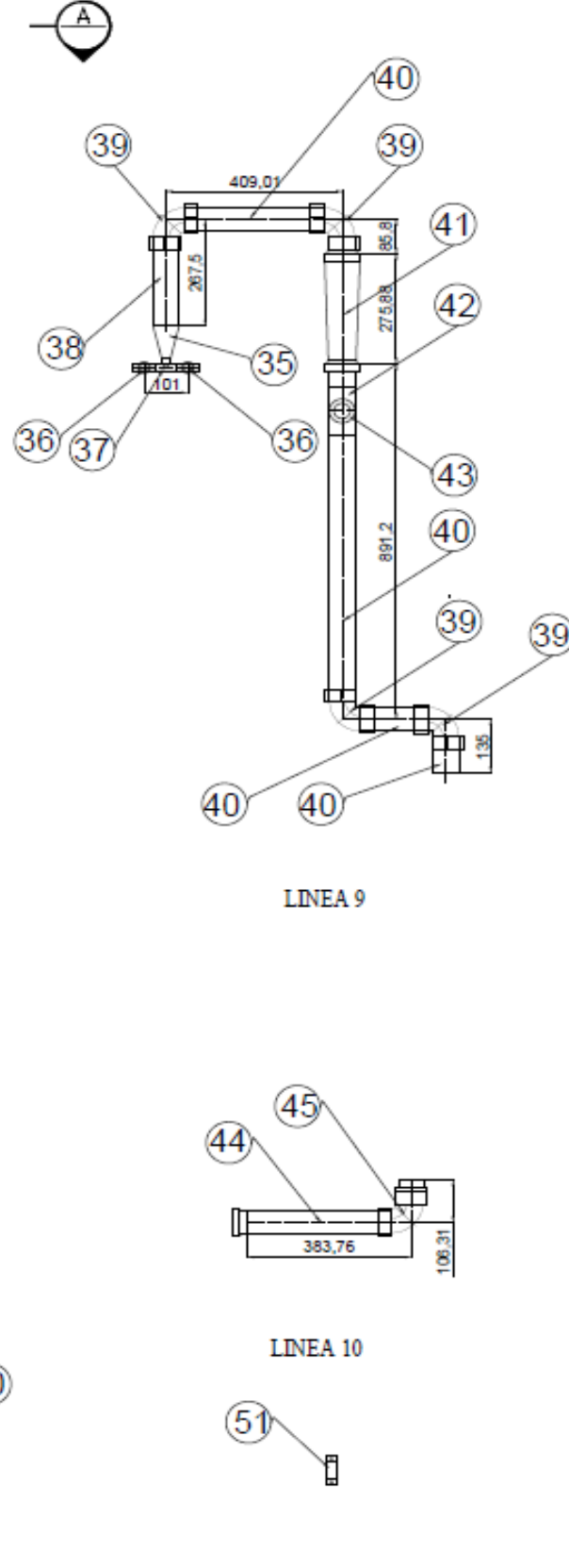
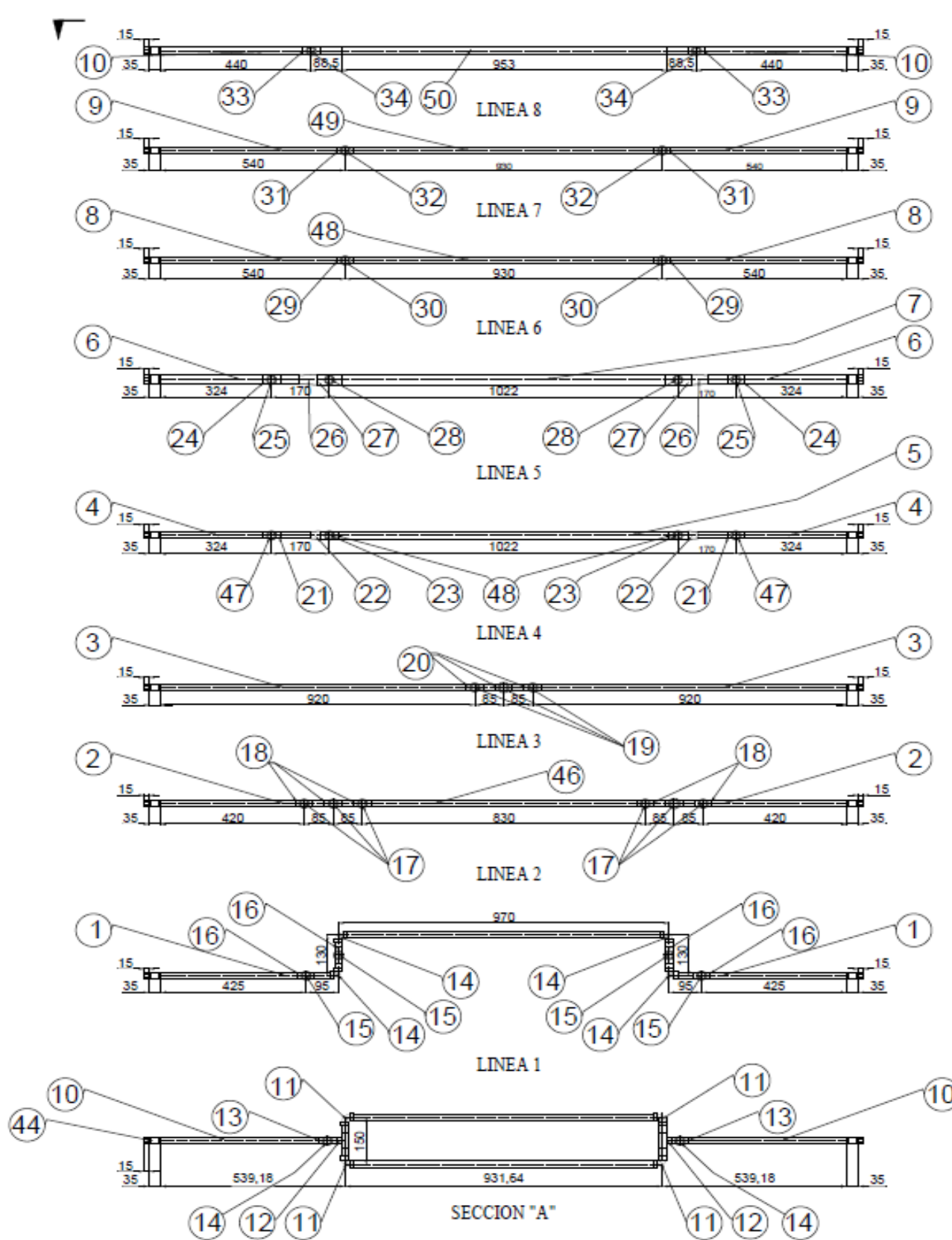
PROYECTO: DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN BANCO HIDRÁULICO EN CIRCUITO CERRADO PARA EL ESTUDIO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA.

DIBUJADO: BACH. LIRIO FRUCTUOSO HANDY ROLLY

PLANO: RED DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA	REVISION: PI
---------------------------------------	--------------

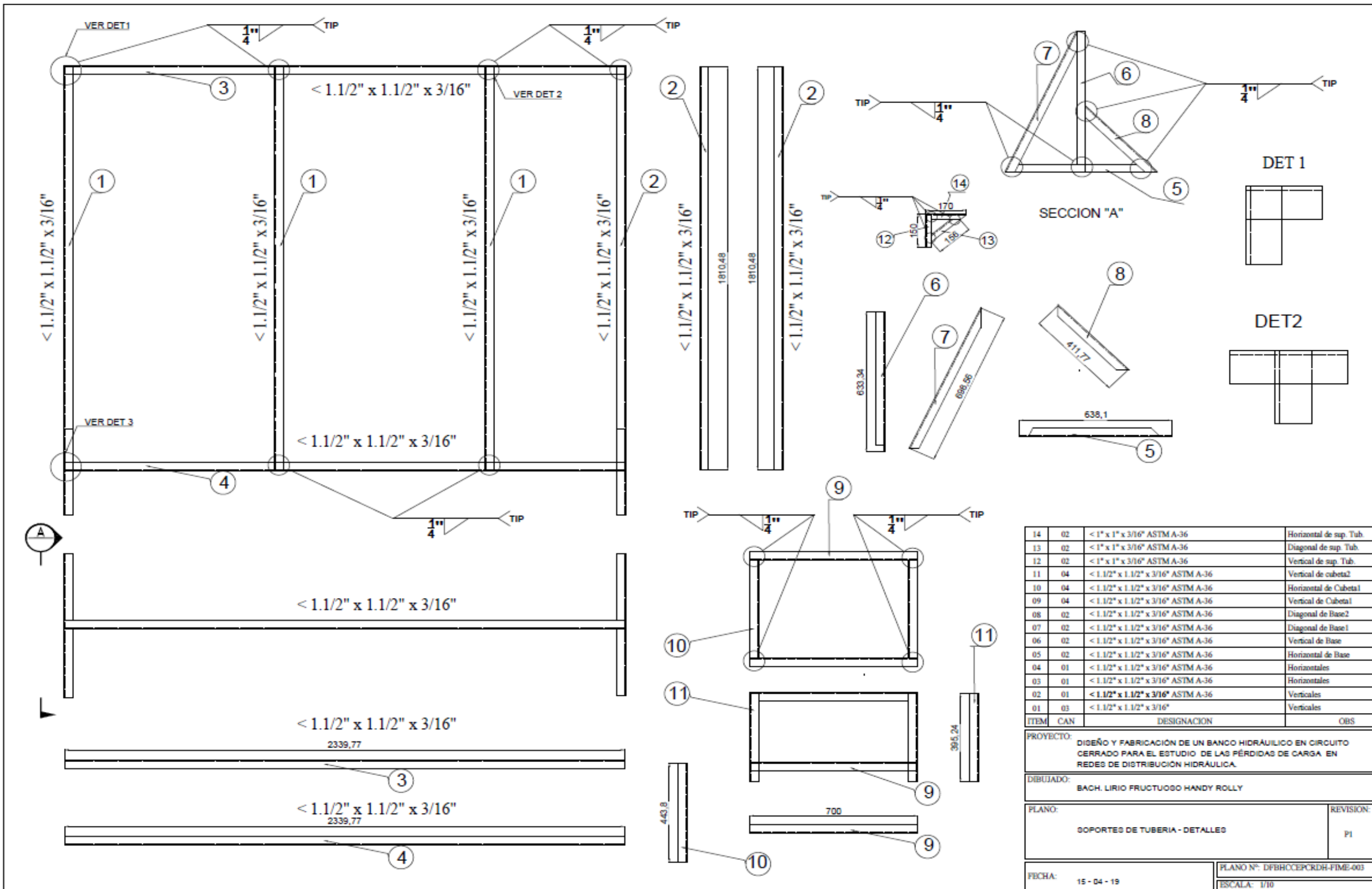
FECHA: 15 - 04 - 19

PLANO N°: DFBHCCEPCRDH-FIME-001
ESCALA: 1/10



ITEM	CAN	DESIGNACION	OBS
51	41	Abrazaderas de 50 mm de Acero Inoxidable	
50	01	Tubería de Ø 1/2" de Acero Galvanizado	Línea 8
49	01	Tubería de Ø 1/2" de Acero Galvanizado	Línea 7
48	01	Tubería de Ø 5/8" de Acero Galvanizado	Línea 6
47	01	Válvulas de bola PVC NPT de Ø 1/2"	Línea 4
46	01	Tubería de Ø 1/2" de Acero Galvanizado	Línea 2
45	01	Codo de Ø 1" de Acero Galvanizado	Línea 10
44	01	Tubería de Ø 1" de Acero Galvanizado	Línea 10
43	01	Válvula de globo de Ø 1"	Línea 9
42	01	Tee de Ø 1" de bronce	Línea 9
41	01	Medidor de Caudal	Línea 9
40	01	Tubería de Ø 1" de Acero Galvanizado	Línea 9
39	02	Codo de Ø 1" de Acero Galvanizado	Línea 9
38	01	Tubería de Ø 1" de Acero Galvanizado	Línea 9
37	01	Tee de Ø 1/2" de bronce	Línea 9
36	01	Válvulas de bola PVC NPT de Ø 1/2"	Línea 9
35	02	Reducción de Ø 1" a Ø 1/2" de Acero Galvanizado	Línea 9
34	02	Válvulas de bola PVC NPT de Ø 1/2"	Línea 8
33	02	Tee de Ø 1/2" de bronce	Línea 8
32	02	Válvulas de bola PVC NPT de Ø 1/2"	Línea 7
31	02	Tee de Ø 1/2" de bronce	Línea 7
30	02	Válvulas de bola PVC NPT de Ø 1/2"	Línea 6
29	02	Tee de Ø 5/8" de bronce	Línea 6
28	02	Válvulas de bola PVC NPT de Ø 1/2"	Línea 5
27	02	Tee de Ø 1" de bronce	Línea 5
26	02	Reducción de Ø 1" a Ø 3/4" de Acero Galvanizado	Línea 5
25	02	Válvulas de bola PVC NPT de Ø 1/2"	Línea 5
24	02	Tee de Ø 3/4" de bronce	Línea 5
23	02	Válvulas de bola PVC NPT de Ø 1/2"	Línea 4
22	02	Reducción de Ø 1/2" a Ø 3/4" de Acero Galvanizado	Línea 4
21	02	Tee de Ø 1/2" de bronce	Línea 4
20	02	Tee de Ø 1/2" de bronce	Línea 3
19	03	Válvulas de bola PVC NPT de Ø 1/2"	Línea 3
18	06	Tee de Ø 1/2" de bronce	Línea 3
17	06	Válvulas de bola PVC NPT de Ø 1/2"	Línea 2
16	04	Tee de Ø 1/2" de bronce	Línea 1
15	04	Válvulas de bola PVC NPT de Ø 1/2"	Línea 1
14	04	Codo de Ø 1/2" de Acero Galvanizado	Línea 1
13	01	Tee de Ø 1/2" de Bronce	Línea 8
12	02	Tee de Ø 1/2" de Bronce	Línea 8
11	04	Codo de Ø 1/2" de Acero Galvanizado	Línea 8
10	02	Tubería de Ø 1/2" de Acero Galvanizado	Línea 8
09	02	Tubería de Ø 1/2" de Bronce	Línea 7
08	02	Tubería de Ø 5/8" de Cobre	Línea 6
07	02	Tubería de Ø 3/4" de Acero Galvanizado	Línea 5
06	02	Tubería de Ø 1/2" de Acero Galvanizado	Línea 5
05	02	Tubería de Ø 3/4" de Acero Galvanizado	Línea 4
04	02	Tubería de Ø 1/2" de Acero Galvanizado	Línea 4
03	02	Tubería de Ø 1/2" de Acero Galvanizado	Línea 3
02	02	Tubería de Ø 1/2" de Acero Galvanizado	Línea 2
01	02	Tubería de Ø 1/2" de Acero Galvanizado	Línea 1

PROYECTO:	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN BANCO HIDRÁULICO EN CIRCUITO CERRADO PARA EL ESTUDIO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA.	
DIBUJADO:	BACH. LIRIO FRUCTUOSO HANDY ROLLY	
PLANO:	RED DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA - DETALLES	REVISION:
		PI
FECHA:	15 - 04 - 19	PLANO N°: DFBHOCEPCRDH-FIME-002
		ESCALA: 1/10



ITEM	CAN	DESIGNACION	OBS
14	02	$\langle 1'' \times 1'' \times 3/16'' >$ ASTM A-36	Horizontal de sup. Tub.
13	02	$\langle 1'' \times 1'' \times 3/16'' >$ ASTM A-36	Diagonal de sup. Tub.
12	02	$\langle 1'' \times 1'' \times 3/16'' >$ ASTM A-36	Vertical de sup. Tub.
11	04	$\langle 1.1/2'' \times 1.1/2'' \times 3/16'' >$ ASTM A-36	Vertical de cubeta2
10	04	$\langle 1.1/2'' \times 1.1/2'' \times 3/16'' >$ ASTM A-36	Horizontal de Cubeta1
09	04	$\langle 1.1/2'' \times 1.1/2'' \times 3/16'' >$ ASTM A-36	Vertical de Cubeta1
08	02	$\langle 1.1/2'' \times 1.1/2'' \times 3/16'' >$ ASTM A-36	Diagonal de Base2
07	02	$\langle 1.1/2'' \times 1.1/2'' \times 3/16'' >$ ASTM A-36	Diagonal de Base1
06	02	$\langle 1.1/2'' \times 1.1/2'' \times 3/16'' >$ ASTM A-36	Vertical de Base
05	02	$\langle 1.1/2'' \times 1.1/2'' \times 3/16'' >$ ASTM A-36	Horizontal de Base
04	01	$\langle 1.1/2'' \times 1.1/2'' \times 3/16'' >$ ASTM A-36	Horizontales
03	01	$\langle 1.1/2'' \times 1.1/2'' \times 3/16'' >$ ASTM A-36	Horizontales
02	01	$\langle 1.1/2'' \times 1.1/2'' \times 3/16'' >$ ASTM A-36	Verticales
01	03	$\langle 1.1/2'' \times 1.1/2'' \times 3/16'' >$	Verticales

PROYECTO: DISEÑO Y FABRICACION DE UN BANCO HIDRAULICO EN CIRCUITO CERRADO PARA EL ESTUDIO DE LAS PERDIDAS DE CARGA EN REDES DE DISTRIBUCION HIDRAULICA.
 DIBUJADO: BACH. LIRIO FRUCTUOSO HANDY ROLLY
 PLANO: SOPORTES DE TUBERIA - DETALLES
 REVISION: P1
 FECHA: 15 - 04 - 19
 PLANO N°: DFBHCCEPCRDH-FIME-003
 ESCALA: 1/10